



**T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BESLENME VE DİYETETİK ANA BİLİM DALI
BESLENME VE DİYETETİK TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ÇEŞİTLİ BİTKİ ÇAYLARINDAN ELDE EDİLEN KOMBUCHA
ÇAYLARININ BAZI KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ**

Şeyma KAYA

MUĞLA-2025

T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BESLENME VE DİYETETİK ANA BİLİM DALI
BESLENME VE DİYETETİK TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ÇEŞİTLİ BİTKİ ÇAYLARINDAN ELDE EDİLEN KOMBUCHA
ÇAYLARININ BAZI KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ**

Şeyma KAYA

Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Nilgün ÖNCÜL

MUĞLA-2025

TEZ ONAYI

Şeyma KAYA tarafından hazırlanan “Çeşitli Bitki Çaylarından Elde Edilen Kombucha Çaylarının Bazı Karakteristik Özellikleri” başlıklı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Beslenme ve Diyetetik Ana Bilim Dalı, Beslenme ve Diyetetik Tezli Yüksek Lisans Programında, Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı	Dr. Öğr. Üyesi Mehmet TOKATLI Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi	(İmza)
Tez Danışmanı	Dr. Öğr. Üyesi Nilgün ÖNCÜL Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	(İmza)
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Derya ALKAN Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	(İmza)

Tez savunma tarihi: 20.06.2025

Bu tez Beslenme ve Diyetetik Ana Bilim Dalı, Beslenme ve Diyetetik Tezli Yüksek Lisans Programında, Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirmektedir.

Prof. Dr. Müesser ÖZCAN
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan metinleri sahiplerinden yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi / MSKÜ Açık Erişim Sisteminde erişime açılabilir.

- ☐ Tezimle ilgili patent başvurusu yapılacağından veya patent alma süreci devam ettiğinden Enstitü Yönetim Kurulu kararı ile tezimin mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl erişime açılmasının ertelenmesini talep ediyorum.
- ☒ Tezimde yeni teknik, materyal ve metotlar kullanıldığından ve henüz makaleye dönüşmemiş olduğundan Enstitü Yönetim Kurul kararı ile mezuniyet tarihimden itibaren 6 ay tezimin erişime açılmasının ertelenmesini talep ediyorum.

20.06.2025

(İmza)

Şeyma KAYA

ETİK BEYAN

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Çeşitli Bitki Çaylarından Elde Edilen Kombucha Çaylarının Bazı Karakteristik Özellikleri” isimli çalışmada tezin planlanmasından yazımına kadar tüm süreçlerde etik ilkelere bağlı kaldığımı, tezime ilişkin bilgi ve belgeleri akademik ve bilimsel etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezimde kullandığım tüm görsel ve yazılı materyallerin kaynağını gösterdiğimi, yararlandığım eserlerin tümünün kaynaklar bölümünde yer aldığını, tezimin Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna göre yazıldığını beyan ederim.

20.06.2025

(İmza)

Şeyma KAYA

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın belirlenip, yürütülmesi ve yazılmasına kadar olan tüm süreçlerde bana akademik bilgileriyle destek olan aynı zamanda hayatımın birçok noktasında doğru kararlar almamı sağlayan, kendisini hep rol model aldığım ve almaya devam edeceğim danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Nilgün ÖNCÜL'e sonsuz teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi anlamda bana destek olan, her zaman yanımda olduklarını bildiğim ve bana hep şanslı olduğumu hissettiren babam Mehmet KAYA, annem Cevriye KAYA ve abim Mustafa KAYA'ya; varlığıyla beni motive eden yeğenim Ecrin KAYA'ya;

Yüksek lisans çalışmam boyunca bilgilerini benimle paylaşan, benden yardımlarını esirgemeyen Mehtap ÇİFTÇİ'ye,

Tüm yüksek lisans sürecimde kendime inanmadığım anlarda bile bana inanan kıymetli arkadaşlarım Beyza UÇMAKLI, Büşra Nur UÇAR, Eda ALTIN, Emine DEMİRKOL, Esra ŞAHİN, Rukiye PARILDAR, Rumeysa SONER, Sedef GEÇER, Sehercan BIÇAKÇI, Şeyma İrem SARSIK'a

Tüm kalbimle teşekkür ederim.

ÇEŞİTLİ BİTKİ ÇAYLARINDAN ELDE EDİLEN KOMBUCHA ÇAYLARININ BAZI KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ

ÖZET

Kombucha, son yıllarda tüketimi artan ve içerisindeki biyoaktif bileşenleri nedeniyle birçok sağlık yararı olan fermente bir çaydır. Bu çalışmada; adaçayı, biberiye, defne yaprağı, ısırgan, kantaron, karabaş, keçiboynuzu, kekik, melisa ve zeytin yaprağından kombucha üretimi gerçekleştirilmiştir. Kontrol olarak siyah çay kullanılmıştır. Kombuchaların oda sıcaklığında 30 günlük fermantasyon süresince fiziko-kimyasal, mikrobiyolojik ve antioksidan özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Fermantasyonun belirli günlerinde fiziko-kimyasal (pH, titrasyon asitliği, kuru madde, toplam kül, protein, karbonhidrat ve suda çözünür kuru madde), mikrobiyolojik (TMAB, toplam maya ve küf, asetik asit bakterisi, *Lactobacillus* ssp. ve *Lactococcus* ssp. sayısı) ve antioksidan özellikleri (toplam fenolik madde, FRAP ve TEAC) incelenmiştir. Örneklerin pH değeri 1.96-3.87, titrasyon asitliği %1.32-%5.07, toplam kuru madde %4.83-%11.74, toplam kül %0.015-%0.294, toplam protein 2.37-11.55 mg/mL, toplam karbonhidrat 1.99-158.09 mg/mL, suda çözünür kuru madde miktarı 6.00-8.00 briks olarak tespit edilmiştir. Örneklerin ortalama toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı; 5.10 log kob/mL, ortalama toplam maya-küf sayısı 5.14 log kob/mL, ortalama asetik asit bakterisi 6.40 log kob/mL, ortalama *Lactobacillus* ssp. sayısı 5.75 log kob/mL, ortalama *Lactococcus* ssp. 5.78 log kob/mL bulunmuştur. Örneklerin toplam fenolik madde içerikleri, FRAP ve TEAC değerleri 2.91-1217.65 mg/GAE 100 mL, 1.96-170.71 µmol/L ve 1.12-6.63 µmol TR/mL arasında hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bitki Çayı, Kombucha, SCOBY, Fermantasyon

CHARACTERISTIC PROPERTIES OF KOMBUCHA TEAS OBTAINED FROM VARIOUS HERBAL TEAS

ABSTRACT

Kombucha is a fermented tea whose consumption has increased in recent years and has many health benefits due to its bioactive components. In this study, kombucha teas were produced with sage, rosemary, bay leaf, nettle, St. John's wort, french lavender, carob, thyme, lemon balm and olive leaves. Black tea used as control. This study aimed to investigate the physico-chemical, microbiological and antioxidant properties of the kombucha's teas during fermentation at room temperature for 30 days. On certain days of storage, physico-chemical (pH, titratable acidity, dry matter, total ash, protein, carbohydrate, and water-soluble dry matter), microbiological (TMAB, total yeast and mold, acetic acid bacteria, *Lactobacillus* ssp., and *Lactococcus* ssp.) and antioxidant properties (total phenolic substance, FRAP, and TEAC) were investigated. The values of the samples ranged 1.96-3.87 for pH, 1.32-5.07% for titratable acidity, 4.83-11.74% for total dry matter, 0.015-0.294% for total ash, 2.37-11.55 mg/mL for total protein, 1.99-158.09 mg/mL for total carbohydrate, and 6.00-8.00 brix for water soluble dry matter. The mean values of microbiological analyses of the samples were 5.10 log CFU/mL for total mesophilic aerobic bacteria, 5.14 log CFU/mL for total yeast-mold count, 6.40 log CFU/mL for acetic acid bacteria, 5.75 log CFU/mL for *Lactobacillus* ssp. and 5.78 log CFU/mL for *Lactococcus* ssp. The values of the sample for total phenolic contents, FRAP, and TEAC were determined as 2.91-1217.65 mg/GAE 100 mL, 1.96-170.71 $\mu\text{mol/L}$, and 1.12-6.63 $\mu\text{mol TR/mL}$, respectively.

Keywords: Herbal Tea, Kombucha, SCOBY, Fermentation

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	ii
ETİK BEYAN	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER VE RESİMLER DİZİNİ.....	xiii
TABLolar DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Kombuchanın Tanımı	4
2.2. Kombuchanın Anlamı ve Tarihçesi	5
2.3. Kombuchanın Mikrobiyolojik Bileşenleri (SCOBY)	6
2.4. Kombuchanın Kimyasal Bileşenleri	9
2.5. Kombuchanın Üretim Yöntemi Ve Hazırlanması.....	9
2.6. Fermantasyon ve Fermantasyonu Etkileyen Faktörler.....	11
2.6.1. Substrat.....	13
2.6.2. Zaman Etkisi.....	14
2.6.3. Sıcaklık Etkisi.....	15
2.6.4. pH	15
2.7. Kombucha Üretiminde Kullanılan Bitkiler	16
2.7.1. Siyah Çay	16
2.7.2. Adaçayı.....	17
2.7.3. Biberiye	18
2.7.4. Defne	19
2.7.5. Isırgan.....	20
2.7.6. Kantaron	21
2.7.7. Karabaş.....	21
2.7.8. Keçiboynuzu.....	22
2.7.9. Kekik	23
2.7.10. Melisa	24
2.7.11. Zeytin Yapağı.....	25

2.8. Kombucha ve Sağlık Üzerine Etkileri.....	26
2.8.1. Antimikrobiyal Etkinlik	26
2.8.2. Antikanser Özellikleri	27
2.8.3. Antioksidan Aktivite	28
2.8.4. Probiyotik Etkiler	30
2.8.5. Detoksifikasyon.....	32
2.8.6. Hepatoprotektif Etkiler.....	33
2.8.7. Kardiyoprotektif Etki	34
2.8.8. Obeziteye Etkisi	35
2.8.9. Antidiyabetik Etkisi.....	36
2.8.10. Antiinflamatuvar Etkisi	37
2.8.11. Diğer Terapötik Etkiler	38
2.9. Kombuchanın Kontrendikasyonları ve Potansiyel Sağlık Riskleri.....	40
2.10. Kombuchanın Kritik Kontrol Noktaları ve HACCP	42
2.10.1. Biyolojik Tehlikeler	44
2.10.2. Kimyasal Tehlikeler	45
2.10.3. Fiziksel Tehlikeler.....	46
2.11. Kombucha Mevzuatı	46
3. YÖNTEM	49
3.1. Araştırma Modeli	49
3.2. Araştırma Evren ve Örneklemi/Araştırma Materyali.....	49
3.2.1. Gıda Örnekleri.....	49
3.2.2. Ticari Starter Kültür	50
3.3. Veri Toplama Araçları	50
3.4. Veri Toplama Süreci	52
3.5. Deneysel Kurgu.....	53
3.5.1. Kombucha Çaylarının Üretilmesi.....	53
3.5.2. Kombucha Çaylarının Fizikokimyasal Özellikleri.....	54
3.5.3. Kombucha Çaylarının Mikrobiyolojik Özellikleri	58
3.5.4. Kombucha Çaylarının Antioksidan Özelliklerinin Belirlenmesi	60
3.6. İstatistiksel Analiz.....	61
3.7. Etik Onay	61
3.8. Araştırmanın Sınırlılıkları	61
4. BULGULAR.....	62
4.1. Çeşitli Bitki Çaylarından Elde Edilen Kombucha Çaylarının Fizikokimyasal Değerleri.....	62
4.1.1. pH	62

4.1.2. Titrasyon Asitliği (%).....	63
4.1.3. Toplam Kuru Madde (%)	64
4.1.4. Toplam Kül (%).....	65
4.1.5. Toplam Protein Tayini (mg/mL)	66
4.1.6. Toplam Karbonhidrat Tayini (mg/mL)	67
4.1.7. Suda Çözünür Kuru Madde (Briks).....	68
4.2. Çeşitli Bitki Çaylarından Elde Edilen Kombucha Çaylarının Mikrobiyolojik Özellikleri.....	69
4.2.1. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sonuçları (log kob/mL)	69
4.2.2. Toplam Maya-Küf Sonuçları (log kob/mL)	70
4.2.3. Asetik Asit Bakteri Sonuçları (log kob/mL)	71
4.2.4. <i>Lactobacillus</i> ssp. Sonuçları (log kob/mL)	72
4.2.5. <i>Lactococcus</i> ssp. Sonuçları (log kob/mL)	73
4.3. Çeşitli Bitki Çaylarından Elde Edilen Kombucha Çaylarının Antioksidan Özellikleri.....	74
4.3.1. Toplam fenolik madde tayini (mg/GAE 100 ml)	74
4.3.2. FRAP yöntemi (µmol/L)	75
4.3.3. TEAC yöntemi (µmol TR/mL)	76
5 TARTIŞMA.....	78
5.1. Çeşitli Bitki Çaylarından Elde Edilen Kombucha Çaylarının Fizikokimyasal Değerleri.....	78
5.1.1. pH.....	78
5.1.2. Titrasyon Asitliği (%).....	79
5.1.3. Toplam Kuru Madde(%)	81
5.1.4. Toplam Kül (%).....	82
5.1.5. Toplam Protein Tayini (mg/mL)	83
5.1.6. Toplam Karbonhidrat Tayini (mg/mL)	83
5.1.7. Suda Çözünür Kuru Madde (Briks).....	85
5.2. Çeşitli Bitki Çaylarından Elde Edilen Kombucha Çaylarının Mikrobiyolojik Özellikleri.....	86
5.3. Çeşitli Bitki Çaylarından Elde Edilen Kombucha Çaylarının Antioksidan Özellikleri.....	90
5.3.1. Fenolik Madde Tayini (mg GAE/100 mL).....	90
5.3.2.FRAP Tayini (µmol/L).....	92
5.3.3. TEAC Tayini (µmol TR/mL)	94
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	96
6.1. Sonuçlar	96
6.2. Öneriler	97

KAYNAKLAR	98
EKLER	116
Ek 1: ETİK KURUL ONAYI	116
Ek 2: KURUM İZİN ONAYI	117
Ek 3: FORMLAR (VERİ / KAYIT FORMLARI / ANKET FORMLARI / vb.)	118
Ek 4: ÖZ GEÇMİŞ	124



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%: Yüzde

% v / v: Hacim/ Hacim Yüzdesi

% w/v: Hacimce Yüzde Ağırlık

µg: Mikrogram

µL: Mikrolitre

°C: Derece

α : Alfa

β: Beta

γ: Gama

AAB: Asetik Asit Bakterisi

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

ABTS: 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit

ANVISA: Brezilya Sağlık Düzenleme Kurumu

ATP: Adenozin Trifosfat

CCl₄: Karbon Tetraklorür

CDC: Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri

cm: Santimetre

CO₂: Karbondioksit

COVID-19: Koronavirüs Hastalığı

DNA: Deoksiriboz Nükleik Asit

DPPH: 2,2-Difenil-1-Pikrilhidrazil

DSL: D-Sakkarik Asit-1,4 Lakton

FDA: Gıda ve İlaç İdaresi

FeSO₄: Demir (II) Sülfat

FRAP: Ferrik İndirgeyici Antioksidan Gücü

g: Gram

GAE: Gallik Asit Eşdeğeri

GDM: Gestasyonel Diabetes Mellitus

GlcUA: Glukuronik Asit

H₂O₂: Hidrojen Peroksit

H₃O⁺: Hidronyum İyonu

HACCP: Tehlike Analizleri ve Kritik Kontrol Noktaları

HDL: Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein

kg: Kilogram

HIV: İnsan İmmün Yetmezlik Virüsü

KH₂PO₄: Mono Potasyum Fosfat

kob: Koloni Oluşturan Birim

L: Litre

LAB: Laktik Asit Bakterisi

LDL: Düşük Yoğunluklu Lipoprotein

log: logaritmik birim

M: Molar

mEq / L: Miliekivalen

mg: Miligram

MIC: Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu

ml: Mililitre

MS: Milattan Sonra

(NH₄)₂SO₄: Amonyum sülfat

PGC-1 α : Ppar Gama Koaktivatörü 1 Alfa

ROS: Reaktif Oksijen Türleri

SCOBY: Bakteri ve Mayanın Simbiyotik Kolonisi

TAE: Tanik Asit Eşdeğeri

TBHP: Üçüncül Bütil Hidroperoksit

TE: Trolox Eşdeğer

TEAC: Trolox Eşdeğer Antioksidan Kapasitesi

TR: Troloks

TTB: Hazine Vergisi Bakanlığı

UDPGlc: Üridin Difosfat-Glikozun

UV: Ultraviyole

ŞEKİLLER VE RESİMLER DİZİNİ

Resim 3.1. Kombucha üretiminde kullanılan bitkiler	50
Şekil 3.1. Kombucha çaylarının üretim akış şeması	54
Şekil 3.2. Kombucha üretimine ait görseller	54
Resim 3.2. pH tayini.....	55
Resim 3.3. Titrasyon Asitliği Tayini.....	56
Resim 3.3. Kül tayini esnasında örneklerin yakılması	57
Resim 3.4. Örneklerin su banyosunda bekletilmesi.....	58
Resim 3.5. Mikrobiyolojik analizde kullanılan besiyerleri	58
Şekil 4.1. Kombucha çaylarının pH değerleri	63
Şekil 4.2. Kombucha çaylarının titrasyon asitliği değerleri (%)	64
Şekil 4.3. Kombucha çaylarının kuru madde değerleri (%).....	65
Şekil 4.4. Kombucha çaylarının kül değerleri (%)	66
Şekil 4.5. Kombucha çaylarının toplam protein içerikleri (mg/mL).....	67
Şekil 4.6. Kombucha çaylarının toplam karbonhidrat içerikleri (mg/mL)	68
Şekil 4.7. Kombucha çaylarının suda çözünür kuru madde içerikleri (Briks)	68
Şekil 4.8. Kombucha çaylarının toplam mezofilik aerobik bakteri değerleri (log kob/mL).....	70
Şekil 4.9. Kombucha çaylarının toplam maya küf değerleri (log kob/mL)	71
Şekil 4.10. Kombucha çaylarının asetik asit bakteri değerleri (log kob/mL).....	72
Şekil 4.11. Kombucha çaylarının <i>Lactobacillus</i> ssp. sonuçları (log kob/mL)	73
Şekil 4.12. Kombucha çaylarının <i>Lactococcus</i> ssp. sonuçları (log kob/mL).....	74
Şekil 4.13. Kombucha çaylarının toplam fenolik madde içerikleri (mg/GAE 100 ml)	75
Şekil 4.14. Kombucha çaylarının FRAP içerikleri (µmol/L)	76
Şekil 4.15. Kombucha çaylarının TEAC içerikleri (µmol TR/mL)	77

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Kombucha'da bulunan mikroorganizmalar	7
Tablo 2.2. Evde tüketiciler için kombucha çayı hazırlığı için önerilen süreç.....	10
Tablo 2.3. Kombuchanın tehlike analizleri ve alınacak tedbirler	42
Tablo 3.1. Analizlerde kullanılan kimyasal maddeler	51
Tablo 3.2. Analizlerde kullanılan besiyerleri	52
Tablo 3.3. Analizlerde kullanılan cihazlar.....	52



1. GİRİŞ

Beslenme, sadece metabolizmanın normal gereksinimleri olan enerji ve besin ögelerini karşılamakla kalmaz aynı zamanda sağlık üzerinde spesifik fizyolojik etkilere sahiptir. Besinler ve diyet, sağlığı doğrudan etkilemesi nedeniyle bireylerin besin tercihlerine ve beslenme alışkanlıklarına yön vermektedir (Boluda ve Capill, 2017). Bu ilgi, besin ve sağlık arasındaki ilişkiyi inceleyen araştırmaların artışına neden olmuş ve fonksiyonel besin kavramı ortaya çıkmıştır. Fonksiyonel besinler; temel besin ögesi gereksinimlerini karşılamaya ek olarak, hastalıklardan korunmada ve sağlığın geliştirilmesinde rol alan, biyoaktif unsurlar içeren besin veya besin bileşeni olarak tanımlanmaktadır. Fonksiyonel gıda, besinin doğal formunda bulunan aktif bir bileşen olabileceği gibi, teknolojik işlemlerle biyoaktif unsurlarla zenginleştirilmiş ve böylece sağlık üzerinde olumlu etkileri olan bir besin de olabilir (Özgen Özkaya, 2021). Son yıllarda doğal, sağlıklı ve fonksiyonel gıdalara olan ilgi artmaktadır. Bu nedenle fermente gıdaları da içeren yeni fonksiyonel gıdaların geliştirilmesine olan ilgi de artmaktadır. Fermente ürünler, içerdikleri mikroorganizmalar sayesinde doğrudan (probiyotik etki) ve fermantasyon sürecinde üretilen metabolitler sayesinde dolaylı (biyojenik etki) olarak konakçı sağlığına olumlu etkileri nedeniyle fonksiyonel gıda çerçevesinde değerlendirilmektedir (Çakıroğlu, Oral ve Filiz, 2024).

Kombucha, maya ve bakterilerin simbiyotik ilişkisiyle oluşmaktadır. Kombucha kültürü, şeker ve çay yapraklarının fermantasyonu ile üretilen bu içecek, gazlı ve asidik özelliktedir. Önceleri sadece Çin, Rusya ve Almanya’da tüketilirken günümüzde tüm dünyada yaygın olarak içilmektedir (İleri-Büyükoğlu, Taşçı ve Şahindokuyucu, 2010). Bununla birlikte, son yıllarda, kombuchanın duyuşal çekiciliğini ve biyoaktivitesini artırmak için hazırlanmasında çeşitli otlar ve çaylar da denenmeye başlanmıştır (Yuan vd., 2025). SCOBY terimi ise kombuchada oluşan yeni kültürü ana kültüründen ayırmak için kullanılan bir terimdir. SCOBY, bakteri ve maya arasındaki simbiyotik birlikteliği ifade etmektedir (Soares, 2021). SCOBY’de asetik asit bakterileri oksijene ihtiyaç duyduğu için yüzeyde; mayalar ise anaerobik fermantasyonu gerçekleştirmek için oksijenin etkisinden uzaklaşarak filmin alt kısmında bulunmaktadır (Coelho vd., 2020). Kombuchanın içerisinde amino asitler, polifenoller, şekerler, organik asitler, etanol, suda

çözünür vitaminler ve fermentasyon sırasında üretilen çeşitli mikro besinler bulunmaktadır (Jayabalan vd., 2008).

Kombucha fermentasyonu, mayaların şekeri etanole fermente ettiği ve AAB tarafından ortamın pH'sını düşüren asetik asitin üretildiği iki aşamadan oluşmaktadır (Kumar ve Joshi, 2016). Sıcaklık, pH, oksijen miktarı, çözünen CO₂, fermentördeki hız, ortamın yapısı ve bileşimi gibi birçok faktörden kombuchanın fermentasyonunu etkilemektedir. Bu faktörlerdeki herhangi bir değişiklik, ürünün fermentasyon oranını, spektrumunu, performansını, organoleptik özelliklerini, beslenme kalitesini ve diğer fizikokimyasal özelliklerini etkilemektedir. Farklı bitki çeşitleri, şeker konsantrasyonları, fermentasyon süresi ve çay mantarının bileşimi çayın biyolojik aktivitelerini de etkilemektedir (Soto vd., 2018).

Kombucha içeceğindeki mikrobiyolojik aktivite ürünleri, insan vücudundaki biyokimyasal reaksiyonlarda hayati bir rol oynamaktadır. Kombuchanın kronik hastalıkları önleyebileceği ve antimikrobiyal, antioksidan, antikarsinojenik etkiler oluşturduğu bildirilmiştir (Ivanišová vd., 2019). Kombucha'nın metabolik bozukluklar, ateroskleroz, artrit, diyabet, yorgunluk, stres, yaşlılık ve hatta kanserin tedavisinde kullanıldığı bildirilmiştir. Bu etkilerinden dolayı kombucha'ya olan ilgi her geçen gün artmaktadır (İleri-Büyükoğlu, Taşçı ve Şahindokuyucu, 2010).

Kombucha çayı tüketimine gelindiğinde, sağlıklı bireyler tarafından günde yaklaşık 4 oz tüketilirse kombucha çayı zararlı olarak kabul edilmemektedir. Kombucha çayının potansiyel riskleri olarak; asidik içeriği nedeniyle düşük pH değerlerine sahip olması, kombuchanın fermentasyona bırakıldığı ya da saklandığı kaplardan ağır metallerin sızması, aşırı asidik kombucha çayı tüketimi, bireylerin bağışıklığını düşüren sağlık sorunu olması karşımıza çıkmaktadır (Kapp ve Sumner, 2019). Bu nedenle, süreci kontrol etmek ve içecek tüketicileri için gıda güvenliğini sağlamak için, kombucha üretimi ve paketlemesi için yönergeler içeren bir belge yayınlanmıştır. Bu yönergelere göre, kombuchanın pH'sı fermentasyon süreci boyunca izlenmeli ve mikrobiyolojik kontaminasyonu ve asidozu önlemek için sırasıyla 4.2'den yüksek ve 2.5'ten düşük olmamalıdır. Tüketici şu konularda uyarılmalıdır: günlük tüketim limiti günde 120 ml'yi geçmemelidir ve düşük olsa bile olası alkol konsantrasyonları varlığı ile ilgili olarak bağışıklığı zayıflamış bireylere dikkat edilmelidir (Coelho vd., 2020).

Brezilya, kombucha için özel mevzuata sahip dünyadaki tek ülkedir. Yakın zamanda, Tarım, Hayvancılık ve Tedarik Bakanlığı tarafından kurulan 17 Eylül 2019 tarih ve 41 sayılı Normatif Talimat ile ulusal topraklarda kombuchanın özellikleri ve kalite standartları tanımlanmıştır. Bu mevzuat tanım, sınıflandırma, etiketleme, analitik parametreler, bileşim (zorunlu ve isteğe bağlı bileşenler) ile kombuchanın üretimi ve ticarileştirilmesi ile ilgili yasakları içermektedir. Alkolsüz kombucha çayında bile (%0.5' ten az alkol), alkol konsantrasyonu %0.05 sınırını aştığında etikette belirtilmelidir. Tebliğde kombuchanın pH'sının 2.5-4.2 ve uçucu asit içeriği 30-130 mEq/L arasında olması gerektiği yazılmıştır. Üretimde meyve posası, sebze özü, baharat ve bal izin verilen katkı maddeleri olarak yer almaktadır (Brasil, 2019).

Bu araştırmada; farklı bitki çaylarından kombucha çayı üretilerek, geleneksel kombucha çayına alternatif olarak farklı karakteristik özellikte kombucha çayı geliştirmek ve kombucha çayının sağlık etkilerini artırmak amaçlanmıştır. Bu şekilde fonksiyonel gıda sektörüne farklı tat, koku ve görünüme sahip kombucha çayının bir alternatif olacağı düşünülmüştür. Bu çalışmada; i) çeşitli bitki çayları kullanılarak kombucha üretilmesi, ii) kombucha çayının fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi, iii) kombucha çaylarının fizikokimyasal özellikleri, iv) mikrobiyolojik özellikleri ve v) antioksidan özelliklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kombuchanın Tanımı

Fonksiyonel gıdalar; vücudun temel besin öğelerine olan ihtiyacı karşılamamanın ötesinde insan fizyolojisi ve metabolik fonksiyonları üzerinde ilave faydalar sağlayan, böylelikle hastalıklardan korunmada ve daha sağlıklı bir yaşama ulaşmada etkinlik gösteren gıdalar veya gıda bileşenleridir. Fonksiyonel besinler hiçbir işlem görmemiş doğal bir besin maddesi olabileceği gibi fonksiyonel bir besin ögesi ile zenginleştirilmiş veya genetik mühendislik yöntemleri ile değişikliğe uğratılmış bir besin de olabilir (Dayısoylu, Gezginç ve Cingöz, 2013).

Son yıllarda doğal, sağlıklı ve fonksiyonel gıdalara olan tüketici talebi önemli düzeyde artış göstermektedir. Bu doğrultuda modern gıda pazarı için fermente gıdaların da dahil olduğu yeni fonksiyonel gıdaların geliştirilmesi, son yılların ana eğilimidir. Fermente ürünler, içerdikleri mikroorganizmalar sayesinde doğrudan (probiyotik etki) ve fermantasyon sürecinde üretilen metabolitler sayesinde dolaylı (biyojenik etki) olarak konakçı sağlığına olumlu etkileri nedeniyle fonksiyonel gıda çerçevesinde değerlendirilmektedir (Çakıroğlu, Oral ve Filiz, 2024).

Kombucha çayı genellikle siyah ya da yeşil çayın sakkarozla fermentasyonu ile üretilmektedir. Üretimde çaya alternatif olarak buğday çimi suyu, kiraz suyu, melisa, kekik, nane, adaçayı, ıhlamur, soya peyniraltı suyu, civanperçemi, guava yaprakları, tarçın, kakule, gojiberi gibi bitkiler de kullanılabilmektedir (Ulusoy, 2019). Bununla birlikte, son yıllarda, kombuchanın duyuşal çekiciliğini ve biyoaktivitesini artırmak için hazırlanmasında çeşitli otlar ve çaylar da denenmeye başlanmıştır (Yuan vd., 2025).

Özellikle; uzun ömürlü iksir, mucizevi mantar, kırmızı çay bakterileri, çay sünger, şifalı mantar, deniz hazinesi, Japon mantarı, Nil nehri yosunu, gut denizanası, Mançurya sünger, Hint şarap mantarı ve kahramanın mantarı gibi isimlerle bilinen kombucha terim olarak fermantasyon başlatıcı olarak kullanılan süpernatant biyofilmi ifade etmektedir (Soares, 2021).

Bakteri ve Mayanın Simbiyotik Kolonisi (SCOBY) olarak çevrilen terim ise 1990'lı yıllarda *Len Porzio* tarafından kombuchada oluşan yeni kültürü ana kültüründen ayırmak için kullanılan bir terimdir. SCOBY, bakteri ve maya arasındaki simbiyotik bir birlikteliktir (Soares, 2021). Mikrobiyal açıdan zengin kombucha olan SCOBY, sonraki fermantasyonlarda başlangıç kültürü olarak yeniden kullanılmakta ve genellikle dünya çapındaki üreticiler arasında paylaşılmaktadır (Li vd., 2025).

Bu geleneksel fermente asidik çay içeceği, benzersiz aroması ve sayısız sağlık faydası nedeniyle yaygın olarak beğenilmektedir. Kombucha, antioksidan özellikleri ve sindirim sistemi işlevini iyileştirme gibi diğer faydalarıyla bilinen faydalı bir sağlık içeceği olarak yaygın olarak övülmektedir (Yuan vd., 2025).

2.2. Kombuchanın Anlamı ve Tarihçesi

Bir Japon ismi olan Kombu geniş yapraklı bir deniz yosunu (*Laminaria japonica*) olup, Cha Japonca'da çay anlamına gelmektedir. Başka bir kaynağa göre Rusya'dan orjin aldığına inanılmakta ve Kargasok çayı olarak dünya çapında bilinmektedir. Bu köpüren elma şarabı tadındaki canlandırıcı içecek, bakteri ve mayaların simbiyotik ilişkisi sonucu şekerli çayın fermentasyonu ile elde edilmiştir (İleri-Büyükoğlu, Taşçı ve Şahindokuyucu 2010).

Kombuchanın, yaygın ve iyi bilinen isimlerden bazıları şunlardır: Kombucha Mantarı, Gut Denizanası Mançurya Çayı, Rus Denizanası, Ölümsüzlük Tedavisi, Fungus Japonicus, Fungojapon Kombucha, Combucha, Kambotscha, Koucha kinoko, Çay Küf, Hint Çay Mantarı, Mançu Mantarı, Kombucha Mantarı, Hongo, Japon Çay Mantarı, Sirke Anası, Mançurya Mantarı, Bağış Mantarı, İlahi Che, Mucize Mantar, Çay Mantarı, Mo-Gu, Rus Çay Sirkesi, Çay Şarabı, Volga Kaynağı, Teakwass, Çay Birası ve Kargasok Çayı. Hindistan, Karnataka'da, özellikle Malnad ve kıyı bölgelerinde Kombucha "Bio-tea" olarak bilinmektedir. Kombuchanın Çin veya Orta Doğu kökenli olduğu ve ticaret yollarıyla yayıldığı bilinmektedir. Kombu adlı bir hekimin, İmparator Inkyo'nun sindirim bozukluklarını tedavi etmek için MS 414 civarında Kore'den Japonya'ya kombuchayı getirdiği söylenmektedir. Kombucha çayı daha sonra 19. yüzyılın sonlarında Japonya'da yeniden ortaya çıkmış olup "Çay Mantarı" veya "Çay Kvası" olarak adlandırılmıştır. Ticaret yollarının genişletilmesiyle "Çay Kvası" Hindistan ve Rusya'ya yayılmıştır. Kombucha çayı 1800'lerde Rusya'da tanınmış ve birçok kırsal toplulukta etkili bir halk

ilacı olarak kabul edilmiştir. Bu nedenle, Rusya muhtemelen modern kombuchanın merkezidir. Rusya'da kombucha kültürüne çay mantarı, içeceğine ise Grib (mantar), "çay kvası" veya kısaca "kvas" denmektedir. Kombucha ise Japonca adının uluslararası olarak kullanılan şeklidir. Böylece bu fermente içecek Çin, Japonya ve Kore'de kullanılmış, popüler olmuş ve son olarak Rusya, diğer Avrupa ülkeleri ve Asya'da tanınmıştır. Kombucha'nın Rusya ve Ukrayna'dan kaydedilen ilk tarihi, 19. yüzyılın sonlarıdır. Birinci Dünya Savaşı sırasında Rus ve Alman savaş esirlerinin yardımıyla kombucha yeni ülkelere daha hızlı ulaşmıştır. 1920'lerde kombucha, bir ev ve halk ilacı olarak Almanya'da popüler hale gelmiştir. Sonrasında Fransa ve Fransız yönetimindeki Kuzey Afrika'ya doğru ilerlemiştir (Chandrakala, Lobo ve Dias 2019). Kombucha tüketimi ve satışları, Avrupa'da, kaçınılmaz bir çay ve şeker kıtlığının meydana geldiği II. Dünya Savaşı'na kadar popüler bir uygulama haline gelmiştir. Kombucha hakkında daha az bilgi sahibi olmanın tarihsel sebebi, alkol ve çay mantarıyla ilişkilendirilen etnik dini inanç ve tabular olarak ifade edilmektedir (Dutta ve Paul, 2019).

2.3. Kombuchanın Mikrobiyolojik Bileşenleri (SCOBY)

SCOBY, bakteri ve mayanın simbiyotik kültürüne verilen isimdir. SCOBY kombucha fermantasyonu sırasında yüzeyde oluşan ve tekrar kombucha üretiminde kullanılan katı fazlı selülozik bir zardır. Bu katı fazın oluşumu, *Komagataeibacter* cinsine ait en az bir selüloz üreten asetik asit bakterisinin (AAB) varlığına bağlıdır (Harrison ve Curtin, 2021). SCOBY'de çoğunlukla bulunan bakteri ve maya cinsleri *Gluconobacter*, *Acetobacter*, *Zygosaccharomyces*, *Saccharomyces* ve *Schizosaccharomyces*'tir. Kombucha çayında simbiyotik bir ilişki içinde bulunan bu mikroorganizmalar, hava-sıvı arayüzünde bir biyofilm oluşturarak hücre dışı selüloz fibrilleri üretmeye yardımcı olmaktadır (Laavanya, Shirkole ve Balasubramanian 2021). Mikroorganizmalar bu selüloz matrisinde barınır ve kombuchanın fermantasyonundan sorumludur. Bu bakteri ve mayaların çoğalması, içeceğin hazırlandığı kabın şeklini alan daha kalın yeni zarları oluşturarak bakteri ile mayalar arasındaki simbiyotik etkiyi artırmaktadır. SCOBY'de, asetik asit bakterileri oksijene ihtiyaç duyduğu için yüzeyde; mayalar ise anaerobik fermantasyonu gerçekleştirmek için oksijenin etkisinden uzaklaşarak filmin alt kısmında bulunmaktadır (Coelho vd., 2020).

SCOBY'nin mikrobiyolojik bileşimi, fermantasyon boyunca değişebilmektedir. Bu mikrobiyolojik bileşim; köken, iklim, coğrafi konum ve fermantasyon koşulları gibi

faktörlere bağlıdır. Tablo 2.1 'de Kombucha'da bulunan mikroorganizmalar gösterilmiştir (Coelho vd., 2020; Leal vd., 2018).

Tablo 2.1. Kombucha'da bulunan mikroorganizmalar

Bakteriler	Mayalar	Referans
<i>A. cetobacter xylinoides</i>	<i>Brettanomyces</i> spp.	Leal vd., 2018;
<i>A. aceti</i>	<i>Candida</i> sp.	Coelho vd., 2020
<i>A. acetic</i>	<i>Kluyveromyces</i> spp.	
<i>A. intermedius</i>	<i>Mycoderma</i>	
<i>A. nitrogenifigens</i>	<i>Pichia</i> spp.	
<i>A. pasteurianus</i>	<i>Pichiamembranefaciens</i>	
<i>A. xylinum</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	
<i>Allobaculum</i> sp.	<i>Sacchromyces</i> spp.	
<i>Bacterium gluconicum</i>	<i>Schizosaccharomyces</i> spp.	
<i>Bifidobacterium</i> sp.	<i>S.ludwigii</i>	
<i>Gluconacetobacter kombucha</i>	<i>Schizosaccharomyces pombe</i>	
<i>Enterococcus</i> sp.	<i>Torula</i> spp.	
<i>Gluconobacter oxydans</i>	<i>Torulaspora delbrueckii</i>	
<i>Komagataeibacter xylinus</i>	<i>Torulopsis</i> spp.	
<i>Lactobacillus</i> sp.	<i>Z.rouxii</i>	
<i>Lactococcus</i> sp.	<i>Zygosaccharomyces bailii</i>	
<i>Leuconostoc</i> sp.	<i>Zygossaccharomyces</i> spp.	
<i>Pasteurianus</i>		
<i>Propionibacterium</i> sp.		
<i>Ruminococcaceae</i>		
<i>Thermus</i> sp.		

Asetik asit bakterileri (AAB), kombucha fermantasyonlarının en karakteristik mikroorganizmalarıdır. AAB'nin 17 cinsi olmasına rağmen, kombuchada bulunanlar *Acetobacter*, *Gluconobacter*, *Gluconacetobacter* ve *Komagataeibacter* cinslerine aittir (Laureys, Britton ve De Clippeleer2020). Karbondioksit içindeki asetat anyonunu oksitleme yetenekleriyle birbirlerinden ayırt edilmektedir. *Acetobacter* cinsinin suşları etanolden asetik asit üretmektedir. Bu işlem, alkol dehidrojenaz ve aldehit dehidrogenaz tarafından gerçekleştirilmektedir. *Gluconabacter* cinsi süksinat dehidrogenaz ve alfa-ketoglutarat dehidrogenaz gibi oksidasyon süreci için gerekli enzimlere sahip değildir. Bu nedenle ortamda glukonat gibi ürünlerin birikmesine neden olup Krebs döngüsü yoluyla asetati oksitleyemez. Çayın asetik asit bakterileri, bir karbon kaynağı olarak sükrozu kullanarak, fermantasyonun ikincil bir metaboliti olarak, özellikle *A. xylinum* bakterisi tarafından bir selüloz ağ üretmektedir (Leal vd., 2018).

En iyi selüloz üreticisi olan *Acetobacter xylinum*, asetik asit bakterisi olarak bilinmektedir. *A. xylinum* 'un sentezlediği selülozun depo materyali olarak kullanıldığı

da ileri sürülmektedir. Selüloz tabakanın, vizkozitesi ve hidrofilik özellikleri nedeniyle bakterileri stres koşullarına (su miktarında azalma, pH değişimleri, patojenik mikroorganizmalar vb.) karşı koruduğu da bilinmektedir. Ayrıca bakteriyel selülozun, bakterileri UV ışınına karşı koruduğu da belirtilmektedir. UV ışınına 1 saat maruz kalan, bakteriyel selüloz ile örtülü olan asetik asit bakterilerinin % 23'ünün canlı kalmaya devam ettiği belirtilmiştir. Bakteriyel selülozun sentezi, spesifik olarak katalitik ve regülatör protein kompleksleri ve enzimler ile regüle edilen çok basamaklı bir işlemdir. Sentez işlemi glukozun selüloz öncülü olan üridin difosfoglukoz (UDPGlc) sentezini takiben β -1,4 glukan zincirine polimerizasyonunu içermektedir. *A. xylinum* strainlerinin selüloz üretiminde pH etkisinin analizinde strainler için en iyi pH aralığının türe bağlı olarak 4.0-7.0 olduğu belirtilmiştir (Çoban ve Bıyık, 2008).

Kombuchada bulunan AAB, aside toleranslıyken, diğer bakteriler çok daha az toleranslıdır ve yüksek asit koşullarında hayatta kalamazlar. Kombucha çayı topluluğunun bu asidik koşulları yaratma ve tolere etme yeteneği, sistemi rakip mikroorganizmaların istilasına karşı koruma açısından genel bir fayda sağlamaktadır. Bu özelliği sayesinde, kombuchanın patojenleri *in vitro* inhibe edebildiği bulunmuştur ve bu etkinin bir kısmı asidik karakterine atfedilmiştir (May vd., 2019).

Maya türleri, coğrafi ve iklim koşulları gibi çevresel faktörler ve hatta başlatıcı kültürler arasındaki kontaminasyon nedeniyle kombucha ürünleri arasında, özellikle farklı bölgelerden gelenler arasında değişiklik göstermektedir. Genel olarak, maya popülasyonu kombuchada bulunan bakterilerden daha fazladır (Wang vd., 2022). *Pichia* türleri tanımlanan mayalar çay mantarından izole edilmiştir. Maya hücreleri sakarozu fruktoz ve glikoza dönüştürüp etanol üretmektedir. Asetik asit bakterileri glikozu glukonik aside ve fruktozu asetik aside dönüştürmektedir. Asetik asit mayayı etanol üretmeye uyarır ve etanol de asetik asit bakterilerinin büyümesine ve asetik asit üretmesine yardımcı olmaktadır. Hem etanolün hem de asetik asidin patojenik bakterilere karşı antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu ve böylece çay mantarının kontaminasyonuna karşı koruma sağladığı bildirilmiştir (Dufresne ve Farnworth, 2000; Laureys, Britton ve De Clippeleer 2020).

2.4. Kombuchanın Kimyasal Bileşenleri

Kombucha çayında, etanol, aldehitler, ketonlar, asitler, esterler, amino asitler, polifenoller ve kateşinler gibi birçok kimyasal bileşen bulunmaktadır (Zhao vd., 2018). Kombucha, bir dizi organik asit, şeker, vitamin, amino asit, biyojenik amin, purin, pigment, lipit, protein, bazı hidrolitik enzimler, etanol, kafein, karbondioksit, polifenol, anyon, mineral, D-sakkarik asit-1, 4-lakton (DSL) ve bakteriyel metabolitlerden oluşmaktadır. Kombucha üretimi için kullanılan çay yapraklarının kimyasal bileşimi kombucha içindeki bileşiklerin konsantrasyonunu etkilemektedir. Belirli kimyasal bileşiklerin varlığı ve miktarları; SCOBY, mikroorganizmalara, fermantasyon parametrelerine (zaman ve sıcaklık), sakkaroz konsantrasyonuna, kullanılan çay türüne ve miktarına bağlı olarak değişmekte ve son ürünün özelliklerini etkilemektedir (Bishop, Pitts ve Budner, 2022; Soto vd., 2018;). Kombucha asit konsantrasyonları fermantasyon süresiyle birlikte artmakta ve fermente çayın pH'sının 2'ye kadar düşmesine neden olmaktadır (Chakravorty vd., 2019).

2.5. Kombuchanın Üretim Yöntemi Ve Hazırlanması

Siyah çay, kombucha fermantasyonu için en yaygın substrattır ve sakkaroz da fermantasyon sırasında kullanılan en popüler karbon kaynağıdır. Kombucha fermantasyonu için yaklaşık 50 ila 150 g/L (%5 ila %15 w/v) sakkaroz kaynamış suda çözündürülüp, ardından çay yaprakları veya çay poşetleri şekerli sıcak suya eklenmektedir. Yaklaşık 5-10 dakika demlenmeye bırakıldıktan sonra çay yaprakları çıkarılmaktadır. Şekerli çay oda sıcaklığına soğutulmaktadır. Patojenik mikroorganizmalardan kaynaklanan kontaminasyonu önlemek için, üretim süreci genellikle pH'ı düşürmek için önceden fermente edilmiş az miktarda kombucha sıvısı eklenerek hijyenik koşullar altında gerçekleştirilmektedir. Soğutulmuş şekerli çay daha sonra steril geniş ağızlı bir kaba aktarılıp SCOBY kültürü, çözeltinin yüzeyine yerleştirilmektedir. Fermantasyonu böceklerin ve diğer istenmeyen çapraz kontaminasyonun etkilemesini önlemek için kap steril bir bez veya kağıt havluyla örtülmektedir. Fermantasyon genellikle oda sıcaklığında (20°C ila 30°C) 7 ila 10 gün sürmekte ve 18 °C ila 26°C arasındaki fermantasyon sıcaklıklarının optimum olduğu bildirilmiştir. Fermantasyon sırasında, suyun yüzeyinde yüzen yeni oluşmuş çay mantarı çıkarılıp bir sonraki fermantasyon için az miktarda çay sıvısı ile birlikte tutulmaktadır. Bu çay mantarı 2 cm kalınlığa kadar büyüebilmekte ve oksijene daha iyi erişim sağlamak için konulduğu kabın yüzeyini kaplamaktadır. Fermantasyondan sonra, kombucha süzülüp paketleme gibi daha ileri işlemler için 4°C'de

kapalı bir kapta saklanmaktadır (Wang vd., 2022). Literatürde farklı kaynaklarda farklı şekillerde kombucha üretimi mevcuttur.

Çözülmüş mineraller, tuz ve alkali içeren sert su, SCOBY'nin büyümesini engellemektedir. Sterilize edilmiş deiyonize su kullanımı daha güvenli bir seçenektir. Otomatik bir fermentör kullanılmazsa ve geniş ağızlı bir kapta fermentasyon yapılırsa, fermentasyon sırasında kabın ağzı bir kâğıt havlu ile kapalı tutulmalıdır. Havlu kuru ve steril olmalıdır. Kapak, böcek ve havadaki patojen mikroorganizmaları önlemek için uygun ve yeterli olmalı ve gaz geçişine izin vermelidir. Kombucha fermentasyonu, karakteristik asitleri ve metabolitleri üretmek için fermentasyon sırasında oluşan kısmi aerobik koşulları ve yeterli karbondioksit (CO₂) salınımını gerektirmektedir (Dutta ve Paul, 2019). Tablo 2.2'de farklı bir kaynağa göre kombucha hazırlama yöntemi gösterilmiştir (Murphy, Walia ve Farber, 2018).

Tablo 2.2. Evde tüketiciler için kombucha çayı hazırlığı için önerilen süreç

Adım	Tüketiciler için Öneriler	pH log**
1	100°C'de 1 litre suyu kaynatın (suyun yaklaşık bir dakika kaynamasına izin verin) ve 50 g şeker ekleyin. - Gerekçe: patojen azaltma yoluyla tüketicilerin sağlığını korumak için tasarlanmıştır.	Gerekli değil
2	Seçilen 5 g çay substratını (yani yeşil veya oolong çay bazı *yerine siyah çay substratı) yaklaşık 10 dakika demleyin. - Gerekçe: Siyah çay bazı yerine yeşil çay substratı kullanıldığında, bir kombucha partisinde laktik asit konsantrasyonu daha yüksektir.	Gerekli değil
3	Çay yapraklarını karışımdan çıkarın.	Gerekli değil
4	Kalan sıvının oda sıcaklığına soğumasını bekleyin (yaklaşık 20–25 °C).	
5	Soğutulmuş sıvı karışımı yaklaşık 100 ml mikrobiyal mat ile aşılayın ve kültürü karışıma eklemekten önce geri dönüştürülmüş veya satın alınan SCOBY'yi görsel olarak inceleyin*. - Gerekçe: herhangi bir renk değişikliği (yani yeşil, beyaz, siyah veya gri) veya anormal koku (yani çürük koku) küflerin varlığına bağlanabilir ve olası sağlık sorunlarından kaçınmak için SCOBY atılmalıdır.	
6	Kombucha karışımını örtmek için cam saklama kabının üzerine temiz bir bez koyun. - Gerekçe: biyolojik çapraz bulaşmayı önler.	

Tablo 2.2. (Devam) Evde tüketiciler için kombucha çayı hazırlığı için önerilen süreç

Adım	Tüketiciler için Öneriler	pH log**
7	Gıdaya uygun cam kapta karışımın yaklaşık 7 ila 10 gün fermente olmasına izin verin ve fermentasyon boyunca sıcaklık aralığının 18°C ile 26°C arasında olmasını sağlayın. 7. günde bir dijital pH metre veya pH şeritleri kullanarak pH'ı ölçün. - Gerekçe: cam saklama kapları kimyasal kontaminasyon riskini azaltabilir. Fermentasyon sırasında pH, yaklaşık 5'ten az veya buna eşitten yaklaşık 2.5'lik bir nihai pH'a düşer. Fermentasyonun 7. gününde pH 4.2'ye veya daha azına ulaşmadıysa, fermentasyonu 10. günde durdurarak istenen pH'a ulaşana kadar fermentasyona devam edin. İstenilen pH'a bu gün hala ulaşılmamışsa, partinin aşırı fermentasyonunu önlemek için işlemi baştan yeniden başlatın. Daha uzun bir süre fermente etmek, çay suyunda asetik asit konsantrasyonunun artmasına neden olabilir. Bu adım boyunca pH'ın ölçülmesi, mikroorganizmaların inhibisyonunu sağlamak için kritiktir. Saklama için gıdaya uygun cam kaplar kullanın.	
8	Çay mantarının üst tabakasını çıkarın ve kalan sıvı çay suyunu tüketim için 4°C'de soğutun. - Gerekçe: Bu depolama sıcaklığı, mezofilik gıda kaynaklı patojenlerin büyümesini engelleyebilir ve psikrotrofların büyümesini yavaşlatabilir.	
9	Günde sadece yaklaşık 125 ml (veya fincan) tüketin. - Gerekçe: bilimsel literatürde önceden belirlenmiş bir öneri. 4° C'de soğutun.	Gerekli değil
Tüm adımlar	Uygun kullanım prosedürleri Mutfak eşyaları ve ekipmanı temizleyin - Gerekçe: biyolojik çapraz kontaminasyondan kaçının. Her adımda görsel inceleme - Gerekçe: kimyasal ve fiziksel çapraz bulaşmayı önler.	Gerekli değil

* Not: * = Risk altındaki tüketiciler (yani, küfe alerjisi olan kişiler, asidoza duyarlı olanlar ve hamile kadınlar gibi alkole duyarlı olanlar). Yukarıda açıklanan tüm önlemlerin hem sağlıklı hem de risk altındaki tüketicilere yönelik olduğuna dikkat etmek önemlidir. Bununla birlikte, risk altındaki tüketicileri hedefleyen açıklamalar, bu bireylerin önceki vaka raporlarında tanımlanan sağlık risklerinden kaçınmasını sağlamak için özellikle önemlidir. ** 4, 5, 6, 7 ve 8. adımlar boyunca pH'ı kaydedilmelidir. Bu öneriler doğrultusunda demlenmişse ve tüm önlemler alınmışsa, kombucha çayı içmek güvenli olmaktadır. Bununla birlikte, risk altındaki tüketiciler, evlerinde kombucha çayı yapmayı ve tüketmeyi düşünmeden önce bir sağlık uzmanına danışmalıdır.

2.6. Fermentasyon ve Fermentasyonu Etkileyen Faktörler

Kombucha çayı fermentasyonu tipik olarak çok çeşitli içerikler ve tariflerle ev düzeyinde gerçekleştirildiğinden, kombuchada mikroorganizmaların çeşitliliği çok geniştir (Laureys, Britton ve De Clippeleer2020). Kombucha fermentasyonu, mayaların şekeri etanole fermente ettiği ve AAB tarafından ortamın pH'sını düşüren asetik asitin üretildiği iki aşamadan oluşmaktadır (Kumar ve Joshi, 2016). Kombucha fermentasyonları tipik olarak yaklaşık 7-14 gün olup, literatürde 60 güne kadar sürdüğüne dair raporlar bulunmaktadır. Fermentasyon süresinin son kombucha içeceğinin biyoaktif, duyuusal ve mikrobiyal özellikleri üzerinde önemli etkilere sahiptir. Yapılan bir çalışmada kombucha içeceğinin antioksidan aktivitesinin, fermentasyonun ilk yedi günü boyunca arttığı bildirilmiştir (Nyhan vd., 2022).

Genel olarak, kombucha tatlandırılmış siyah veya yeşil çaya daha önce fermente edilmiş sıvı (% 10-20 v / v) veya bir SCOBY eklenip fermente edilmesiyle hazırlanmaktadır (Nyhan vd., 2022)

Bazı çalışmalarda, farklı kombucha starter kültürlerinin kullanımının, aynı substrat kullanılmasına rağmen farklı antioksidan aktivite yollarının gelişmesine neden olabileceği bildirmiştir. Fermantasyon ilerledikçe, kombucha çayının tadı hoş meyvemsi, ekşi, hafif ve köpüklü bir tattan hafif sirke benzeri bir tada dönüşmektedir (Watawana vd., 2015b).

Kombucha çayı %0.5 ile %1 alkol içerir. %0.5 alkol içeren bir içecek "alkolsüz" veya "az alkollü" olarak kabul edilmektedir (Chandrakala, Lobo ve Dias vd., 2019). Yüksek karbonatlaşma derecesi nedeniyle köpüklü şaraplar veya alkolsüz içecekler için düşük alkollü bir ikame ve daha sağlıklı bir alternatif olmaktadır. Kombuchanın piyasada alkolsüz, düşük alkollü ve hatta alkollü çeşitleri bulunmaktadır (Coelho vd., 2020).

Yapılan bir çalışmada; zaman, asetik asit ve pH arasında güçlü bir pozitif korelasyon görülürken, asetik asit ile alkol ve şeker içeriği arasında negatif bir korelasyon gözlenmiştir. Gözlenen korelasyonlar, fermantasyon süreci sırasında kombucha çayında meydana gelen değişiklikleri doğrulamaktadır. Fermantasyon süresi ile birlikte asitlik artarken pH, alkol ve şeker miktarı azalmaktadır. Bu azalmanın sebebi, organik asitlerin üretimi ve bu üretim için substratların kullanılmasıdır. Fermantasyon süresi ile asitlik ve pH'daki artışın yanı sıra alkol ve şeker içeriğindeki azalma, organik asitlerin üretimi ve bunların üretimi için substratların kullanımı ile ilişkilidir (Jakubczyk vd., 2020).

Kombucha üretiminde kullanılan hammadde, starter kültür ve fermantasyon koşullarına bağlı olarak fonksiyonel özelliğinde farklılıklar oluşmaktadır (Özdemir ve Çon, 2017). Fermantasyon; sıcaklık, pH, oksijen miktarı, çözünen CO₂, fermentördeki hız, ortamın yapısı ve bileşimi gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Bu faktörlerdeki herhangi bir değişiklik, ürünün fermantasyon oranını, spektrumunu, performansını, organoleptik özelliklerini, beslenme kalitesini ve diğer fizikokimyasal özelliklerini etkilemektedir. Farklı bitki çeşitleri, şeker konsantrasyonları, fermantasyon süresi ve çay mantarının bileşimi çayın biyolojik aktivitelerini de etkilemektedir (Soto vd., 2018).

2.6.1. Substrat

Şeker ve çay geleneksel olarak kombucha üretiminin temel iki bileşenidir. Bununla birlikte, kombuchanın fermantasyon sürecine yeni bileşenlerin dahil edilmesinin biyolojik aktivitesini artırdığı gösterilmiştir. Bu substratlar, çeşitli sağlık yararlarına katkıda bulunan doğal antibiyotikler, organik asitler, fenolik bileşikler ve vitaminler dahil olmak üzere biyoaktif bileşikler açısından zengindir. Çalışmalar, fermantasyon substratlarının, ortaya çıkan bileşiklerin belirli özelliklerini ve mikrobiyal topluluğun dinamiklerini önemli ölçüde etkileyebileceğini göstermiştir (Li vd., 2025).

Yeşil çay, kombucha fermantasyonu üzerinde siyah çaya göre daha uyarıcı bir etkiye sahip olup kısa sürede fermantasyonu gerçekleştirmektedir. Yeşil çay da kullanılabilmesine rağmen, siyah çay ve beyaz şeker kombuchanın hazırlanmasında en iyi substratlardır (Kumar ve Joshi, 2016). Ancak; diğer çay türleri de substrat olarak giderek daha sık kullanılmaktadır. Bu durum kombunun, içeriğini ve sağlık yararlarını önemli ölçüde etkilemektedir (Jakubczyk vd., 2020).

Kekik, nane ve Kudüs enginar yumrusu gibi diğer substratların kombucha fermantasyonunda kullanımı ile ilgili bir çalışma yapılmış ve Kudüs enginar yumruları açısından, elde edilen kombucha yapısındaki inulooligosakkaritlerin varlığı nedeniyle diyetetik ürün olduğu kabul edilmiştir (Mousavi vd., 2020).

Yapılan bir çalışmada tat ve besin özellikleri nedeniyle kurutulmuş zeytin yaprağı, pancar şekeri ve bal kullanılarak kombucha çayı üretilmiştir. Zeytin yaprağı ve bal, fenolik bileşikler gibi antioksidan fitokimyasalların kaynağıdır. Üretilen, fermente kombucha içeceklerinin antioksidan aktivitesi fermantasyondan sonra daha yüksek bulunmuştur. Kombucha örneklerinin toplam fenolik içeriği ile antioksidan kapasitesi ve bunların biyo-erişilebilirlik yüzdesi, karbon kaynağı, zeytin yaprağı ve balın kimyasal bileşimi ve fenolik bileşiklerin birbirleriyle ilişkisinden etkilenmiştir. Ayrıca; fermantasyon süresinin uzaması, pancar şekeri ve bal takviyesi içeceklerin fenolik değerlerinde artışa neden olmuştur. Fermantasyonun 12. gününde maksimum fenolik içerik tespit edilmiştir (Değirmencioğlu vd., 2020).

Kombuchanın fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için fermantasyonda, fermente edilmiş hindistan cevizi suyu, bitkisel infüzyonlar, meyve suyu, süt, soya, muz

kabuğu, tarçın ve kırmızı goji meyvesi substrat olarak kullanılmıştır tespit edilmiştir (Bressani vd., 2024).

Tarçın, kakule, Shiraz kekiği kullanılarak yapılan bir çalışmada tarçın ilavesiyle tatlandırılmış yeşil çayın fermantasyonu, organik asit miktarlarının artmasına ve nihai ürünlerin yüksek antioksidan ve antimikrobiyal aktivitesine neden olmuştur (Shahbazi vd., 2018).

Siyah çaydan 10 günlük fermantasyondan sonra %15 elma suyu ilavesiyle yapılan kombucha, tek başına çaydan yapılan kombuchadan daha yüksek bir polifenol içeriğine sahip bulunmuştur (Emiljanowicz ve Malinowska-Pańczyk, 2020).

Farklı bir çalışmada ise siyah çay, pirinç ve arpadan kombucha üretilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; siyah çaydan üretilen kombuchanın antioksidan seviyesinin, biyolojik ve kimyasal aktivitesinin; pirinç ve arpadan üretilen kombuchaya göre daha fazla olduğu bulunmuştur (Ahmed, Hikal ve Abou-Taleb 2020).

Yapılan tüm bu çalışmaların sonucu kombucha üretirken farklı maddelerin substrat olabileceğini göstermektedir. Substrat olarak kullanılan gıda değişikçe üretilen kombuchanın da özellikleri değişmektedir. Substratın yanı sıra kombucha üretilirken kullanılan infüzyonlar da kombuchanın özelliklerini değiştirip kombuchanın olumlu etkilerini artırmaktadır.

2.6.2. Zaman Etkisi

Kombucha çayı fermantasyonu normalde 7 ila 60 gün arasında değişmektedir ve fermantasyon sırasında biyolojik aktivite artmakta; ancak en iyi sonuçlar ortalama 15 günde elde edilmektedir. Elde edilen antioksidan aktivitelerin çoğu inkübasyon süresiyle artmış olsa da organik asitlerin doğrudan tüketim için zararlı düzeylere ulaşabilecek birikimi nedeniyle uzun süreli fermantasyon önerilmemektedir. Ayrıca; üretilen CO₂ birikmeye başlaması besinlerin transferini engellemektedir. Fermantasyon süresinin seçilmesi de beklenen duyuşal niteliklere bağlıdır. Fermantasyonun 6 ila 10 gününde meyve benzeri ferahlatıcı bir içecek elde edilmektedir. Daha uzun süre ise üründe sirke tadına neden olmaktadır. Food and Drug Administration Model Food Code for

Kombucha Brewing'e göre, insan tüketimi için üretilirse 10 günden fazla fermentasyon önerilmemektedir (Soto vd., 2018).

Fermentasyon süresindeki farklılaşma nedeniyle çeşitli tatlar ve aromalar oluşmaktadır. Örneğin, uzun fermentasyona sahip (60 gün) kombuchada hafif bir sirke tadı vardır (Mousavi vd., 2020). Ayrıca; 7. fermentasyon gününün ürününün optimal duyuşsal özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir. 7 günden daha uzun fermentasyon sırasında asitliğin artması, kombuchayı çok ekşi ve tatsız hale getirmektedir (Kumar ve Joshi, 2016).

2.6.3. Sıcaklık Etkisi

Fermentasyon boyunca sıcaklığın optimum koşullarda tutulması, mikroorganizmaların çoğalması, antioksidan aktivitesinin korunması ve enzim aktivitesi açısından önemlidir. Genel olarak kombucha fermentasyonunun sıcaklık değerleri 22°C ile 30°C arasında değişmektedir (Soto vd., 2018).

Yapılan bir çalışmada, 21 günlük kombucha fermentasyonu sırasında asetik asit bakterilerine ve organik asit üretimine 20°C ve 30°C sıcaklıkların etkileri değerlendirilmiştir. 30°C'de daha fazla mikrobiyal çeşitlilik tespit edilmiş ve organik asitler üreten farklı *Gluconacetobacter* türleri bulunmuştur. Ayrıca, asetik asit bakterilerinin konsantrasyonunun her iki sıcaklıkta da fermente edilmiş sıvıda bir hafta sonra arttığını ve seviyelerinin sürecin sonuna kadar sabit kaldığını gözlemlemiştir (De Filippis vd., 2018).

Yapılan bir diğer çalışmada optimizasyon tasarımlarını kullanarak sıcaklık değişimlerine dayalı olarak fermentasyon sürecini gerçekleştirmişlerdir. Fermentasyon sürecinde sıcaklık en kritik faktör olarak kabul edilmiş ve 37°C ile 42°C sıcaklık aralıklarında en yüksek antioksidan kapasite bulunmuştur. Çalışmada elde edilen numunelerde artan sıcaklıkla birlikte C vitamini ve üretilen asitlerin yanı sıra metabolitler de artmıştır (Mousavi vd., 2020).

2.6.4. pH

pH, fermentasyonu etkileyen en önemli çevresel parametrelerden biridir ve oksijen varlığında antosiyanin parçalanması gibi fitokimyasallardaki yapısal

değişikliklerle yakından ilişkilidir. (Hur vd., 2014). Antioksidan aktivitelerin artmasına rağmen, zararlı seviyelere ulaşabilecek organik asitlerin birikmesi nedeniyle uzun süreli fermentasyon önerilmemektedir. Elde edilen ürünün duyuusal özellikleri de önemlidir. Asitlik zamanla arttığı için ürün çok ekşi ve tatsız hale gelebilmektedir (kabul edilebilir pH>3 değeri) (Chu ve Chen, 2006).

2.7. Kombucha Üretiminde Kullanılan Bitkiler

2.7.1. Siyah Çay

Camellia sinensis olarak bilinen çay bitkisi, yaprak ve filizlerinin soldurma, kavrırma, oksidasyon ve kurutma işleminden geçirildikten sonra sıcak suyla elde edilen çay olarak tüketilmektedir. Temel aşamalarında bazı değişiklikler yapılarak farklı özelliklerde çay ürünleri de üretilebilmektedir (Çalıkoglu ve Bayrak, 2006). Her yıl yaklaşık üç milyar kilogram çay üretilmekte ve tüketilmektedir (Yang ve Landau, 2000). Dünya çapında üretilen çayın, yaklaşık %76'sını siyah çay oluşturmaktadır (Trevisanato ve Young-In Kim, 2000). Dünya çapında dağıtılan çay bitkilerinin, büyük miktardaki tarihsel veri/belge ve modern araştırma bulgularına dayanarak güneybatı Çin'e özgü olduğu gösterilmiştir. *Camellia sinensis* için muhtemelen sadece tek bir yer/menşe alanı vardır. Bu yerin Çin, Hindistan ve Kuzey Burma'nın *Yun Nan* ve *Si Chuan* eyaletlerinin bitişik alanı olduğuna inanılmaktadır (Pan vd., 2022).

Çay yapraklarının bileşimi klimatolojik, kültürel ve genetik faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Katiyar ve Mukhtar, 1997). Çayın kimyasal bileşenleri, inorganik maddeleri (%3.5-7.0) ve organik maddeleri (%93-96.5) içermektedir. Çayda fosfor, potasyum, kükürt, magnezyum, manganez, flor, alüminyum, kalsiyum, sodyum, demir, bakır, çinko, selenyum, demir, iyot, molibden ve germanyum gibi 27 çeşit mineral element bulunmaktadır. Çaydaki organik bileşikler arasında proteinler (%20-30) lipitler (%4-5), 20 çeşit serbest amino asit (%1.5-4), karbonhidratlar (%25-30) alkaloidler, kafein (%2-4), polisakkaritler (%0.1-0.5), çay polifenoller (%10-25), organik asitler, pigmentler (%2-10 siyah çayda), klorofil (%0.6-1.2), karoten (%7-20 mg), selüloz (%10-20), aroma bileşikler, vitaminler (B, C, E), saponin ve steroller vb. bulunmaktadır (Pan vd., 2022). Çay içerisindeki polifenoller ile ön plana çıkmaktadır. Çay yaprağındaki polifenollerin yaklaşık $\frac{3}{4}$ 'ünü flavanoller, flavanollerin de % 60-70'ini (-)-epi gallokateşin-3-gallat oluşturur (Katiyar ve Mukhtar, 1997). Theaflavin, theaflavin-3-gallat, theaflavin-3'-gallat ve theaflavin-3,3'-digallat içeren theaflavinler, siyah çayın

karakteristik rengi ve tadı için önemlidir ve demlenmiş siyah çaydaki katıların %2-6'sını oluşturur. Demlenmiş siyah çaydaki katıların %20'sinden fazlasını oluşturan siyah çay polifenollerinin ana fraksiyonları thearubigenler olarak bilinmektedir. Çay polifenollerinin en yaygın olarak bilinen özellikleri, reaktif oksijen türlerini temizleme yeteneklerinden kaynaklanan antioksidan aktiviteleridir (Yang ve Landau, 2000). Yine çay içerdiği flavanoller nedeniyle güçlü antioksidan aktiviteye sahip olup birçok hastalığın oluşum ve gelişimini önlemektedir (Tosun ve Karadeniz, 2005).

Çay içmenin tarihi, kültürü ve insanlar için güvenli olmasının yanı sıra, antioksidan, anti-inflamatuar, immün düzenleyici, antikanser, kardiyovasküler koruyucu, anti-diyabetik, anti-obezite ve hepato-koruyucu etkiler ve hatta uzun ömür dahil olmak üzere insan sağlığı üzerinde çeşitli yararlı etkileri vardır. Son zamanlarda, koronavirüs hastalığı 2019 (COVID-19) nedeniyle, tahmin edilebileceği gibi, çay daha fazla ün kazanmıştır, çünkü çaylar antioksidan, anti-stres, anti-inflamatuar, anti-virüs ve anti-immün aracılı yaralanma aktiviteleri yoluyla anti-COVID-19 işlevlerine sahip olmasının yanı sıra çaydan elde edilen ve COVID-19'un profilaksisi ve tedavisinde potansiyel aday olan polifenollere sahip bulunmuştur (Pan vd., 2022). Çay tüketimi ile akciğer, özefagus, on iki parmak barsağı, pankreas, karaciğer, meme ve kolon kanseri oluşumuna neden olan kimyasal karsinojenlere karşı koruma sağlamaktadır (Katiyar ve Mukhtar, 1997).

2.7.2. Adaçayı

Adaçayı (*Salvia officinalis* L.), *Lamiaceae* familyasının en büyük cinsi olan *Salvia* cinsinin bir türüne aittir. Adaçayı türlerinin bir kısmı Akdeniz bölgesine özgü aromatik bitkiler olup, tıbbi özelliklerinden dolayı eski çağlardan beri halk hekimliğinde bitkisel çay olarak tüketilmektedir (Yaman, 2020). Başlangıçta Orta Doğu ve Akdeniz bölgelerine özgü olan bu bitki artık dünyanın birçok yerinde yerleşik hale gelmiştir (Düşgün, 2024). Kanada, ABD, Türkiye, Hindistan, Japonya, Endonezya (Java), Tanzanya, Güney Afrika, Antiller, Brezilya, Avustralya, Yeni Zelanda ve İran gibi çeşitli ülkelerde yetiştirilmektedir (Ghowasi, Yousofvand ve Moradivd., 2020).

Tarihsel olarak adaçayı, kurtarmak veya tedavi etmek anlamına gelen eski Latince "salvarem" kelimesinden türeyen "Kurtarıcı Bitki" olarak bilinmektedir. Terlemeyi azaltmak, boğaz ağrısı için gargara yapmak, adet döngüsünün düzenliliğini artırmak ve menopozdaki sıcak basmalarını azaltmak, gastroenterit ve diğer enfeksiyonlarla

savařmak, genel olarak lipid durumunu ve karacięer fonksiyonunu iyileřtirmek, iřtahı ve sindirimi iyileřtirmek ve zihinsel kapasiteyi geliřtirmek için kullanılmıřtır (Jakovljević vd., 2019).

Salvia officinalis'in çiçeklerinde, yapraklarında ve gövdesinde bulunan başlıca fitokimyasallar tanımlanmıştır. Çok çeşitli bileşenler arasında alkaloidler, karbonhidrat, yaę asitleri, glikozidik türevler, fenolik bileşikler, poli asetilenler, steroidler, terpenler/terpenoidler ve mumlar bulunmaktadır (Ghorbani ve Esmaeilizadeh, 2017). Bol miktarda bulunan fenolik bileşenler; fenolik asitler (kafeik, vanilik, ferulik ve rosmarinik asitler) ve flavonoidler (luteolin, apigenin ve kuersetin) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Jakovljević vd., 2019).

Mevcut literatür kanıtlarına dayanarak, bu bitki antikanser, antiinflamatuvar, antinosiseptif, antioksidan, antimikrobiyal, hipoglisemik, hipolipidemik etkiler göstermektedir. *S. officinalis*'in antinosiseptif, hipolipidemik ve hafızayı glendirci bir tıbbi bitki olarak etkinliği klinik çalışmalarla doğrulanmıştır (Ghorbani ve Esmaeilizadeh, 2017). *Salvia* türleri birçok hastalık ve semptomları için doğal, güvenli ve etkili bir tedaviyi temsil etmektedir. Son yıllarda, özellikle adaçayının diyabet, Alzheimer ve kanser gibi daha ciddi ve karmaşık hastalıkların yanı sıra birçok küçük sağlık sorununu önlemek, kontrol altına almak ve tedavi etmek için yeni doğal ilaçların geliştirilmesinde çok etkili olduğu bulunmuştur (Hamidpour vd., 2014).

2.7.3. Biberiye

Rosmarinus officinalis Lamiaceae, Lamiaceae ailesine ait olan ve yaygın olarak biberiye olarak bilinen tıbbi bir bitkidir (Andrade vd., 2018). Biberiye, Güney Avrupa ve Asya'ya özgüdür ancak aynı zamanda Akdeniz havzası ve Hindistanda da yetiştirilmektedir. Antik Yunan ve Roma'da biberiyenin hafızayı güçlendirdiğine inanılmaktadır. Biberiye, Rönesans döneminde eczacıların repertuarının önemli bir parçası olmuştur. Hipokrat, Galen ve Dioscorides, biberiyeyi karaciğer sorunları için reçete etmişlerdir. Günümüzde bitkinin pazar talebi, ticari olarak satılan çeşitli ürünlerde kullanıldığı için artmaktadır (Begum vd., 2013).

Biberiye esansiyel yağının temel bileşenleri kafur (%5–21), 1,8-sineol (%15–55), α -pinen (%9–26), borneol (%1.5–5), kamfen (%2.5–12), β -pinen (%2–9) ve limonendir

(%1.5–5). *Rosmarinus officinalis*'te esas olarak bulunan fitokimyasallar; rosmarinik asit, kafur, kafeik asit, ursolik asit, betulinik asit, karnosik asit ve karnosol'dür. *R. officinalis* esas olarak fenolik bileşiklerden, diterpenler, triterpenlerden ve uçucu yağlardan oluşmaktadır (Andrade vd., 2018).

Bu bitkinin, özellikle antioksidan, antiinflamatuvar, antidiyabetik, antibakteriyel ve bilişsel geliştirici farmakolojik etkiler gösteren çeşitli doğal biyoaktif bileşiklere sahip olduğu bulunmuştur. Ek olarak, biberiye özleri çeşitli *in vitro* ve *in vivo* çalışmalarda ümit verici antikarsinojenik etkiler göstermiştir. Özellikle biyoaktif bileşenlerinin izolasyonu ve tanımlanması ile farmakolojik aktivitelerinin deneysel olarak doğrulanması bağlamında biberiye'nin tıbbi özelliklerine olan ilginin arttığı gözlemlenmiştir (Lešnik, Furlan ve Bren2021).

Biberiye ve bazı bileşenlerinin farklı ilginç biyoaktiviteler gösterebileceğini destekleyen artan bilimsel kanıtlar bulunmaktadır. Tamamen bilimsel bir bakış açısından, bu, tüketicinin nörolojik bozukluklar, metabolik sendrom ve obezite veya hatta kanser gibi çeşitli sağlık sorunları yaşama riskini etkili bir şekilde azaltmasına yardımcı olabilecek yeni fonksiyonel gıdaların tasarımı için harika bir başlangıç noktasıdır (Bilto ve Alabdallat, 2015).

2.7.4. Defne

Diğer adıyla *Laurus nobilis*, *Lauraceae*, *Lauraceae* familyasının bir üyesidir. *Laurus nobilis*.L., Akdenize ait aromatik bir çalı veya ağaçtır. Bitki Akdeniz haricinde Asya, Amerika ve Avrupa'da yaygın olarak yetiştirilmektedir. Ülkemizde özellikle Ege, Akdeniz ve Karadeniz'in kıyı kesimlerinde yayılış göstermektedir. Dünyada yaygın olarak “defne” ismiyle bilinmektedir. Antik çağlardan beri geleneksel tıpta yaygın olarak kullanılan bir bitkidir (Kendir vd., 2024).

Kimyasal olarak, çok sayıda temel element, bazı vitaminler ve uçucu yağlar (sineol, linalool ve öjenol), fenolik bileşikler, özellikle fenolik asitler (ferulik, protokatekuik ve kafeik asitler vb.) ve flavonoidler (kateşin, kaempferol, apigenin, kuersetin ve türevleri gibi) ve alkaloidler (noraporfinler ve aporfinler) gibi birçok ikincil metabolit içermektedir (Khodja, 2023). Flavonoidler, tanenler, öjenol, sitrik asit, karbonhidrat, steroidler, alkaloidler, triterpenoidler ve uçucu yağlar içermekte iyi bir A vitamini ve birçok mineral kaynağı olarak bilinmektedir. Defne tohumları diyet lifleri

açısından zengindir. Yapraklardaki uçucu yağlar %0.8 ila %3 arasında değişmektedir ve kuru defne meyvelerinde %0.6 ila %10 arasındadır (Batoool vd., 2020). Defne yapraklarında belirtilen kimyasal bileşenlerin varlığı nedeniyle antioksidan, antibakteriyel, antifungal, antiviral, antimutajen, antikonvülsan, analjezik, antiinflamatuvar ve immünostimülatör aktiviteler gibi çeşitli biyolojik ve farmakolojik özellikler bildirilmiştir (Khodja, 2023). Tüm bunların sonucu olarak bu bitki eski çağlardan beri bir gıda maddesi ve geleneksel bir ilaç olarak, özellikle uyumaya yardımcı olmak, göğüs ağrılarını ve inflamasyonu azaltmak için kullanılmıştır. Ek olarak, ateş düşürücü özelliği de bildirilmektedir (Anzano vd., 2022).

2.7.5. Isırgan

Halk arasında "ısırgan otu" olarak bilinen bitki, insanlar tarafından en eski zamanlardan beri kullanılan şifalı bitkilerden biridir. Bu bitkinin botanik bilimindeki Latince ismi ise *Urtica dioica* 'dır. Isırgan otu (*Urtica dioica* sp.), *Urticaceae* familyasından tek veya çok yıllık olabilen otsu bir bitkidir. Dünya genelinde daha çok Kuzey Amerika, Kuzey Afrika, Avrupa ve Batı Asya gibi ılıman iklimlerde ve tropikal arazilerde yetişirken ülkemizde Karadeniz bölgesi başta olmak üzere Anadolu'nun farklı bölgelerinde de yetişmektedir (Öztürk ve Özdemir, 2024).

Isırgan; fitosteroller, saponinler, flavonoidler, tanenler, steroller, yağ asitleri (palmitik ve stearik), karotenoidler, klorofiller, proteinler, amino asitler ve vitaminler dahil olmak üzere tıbbi öneme sahip farklı organik bileşik sınıfları içermektedir (Çolak, Çömlekcioglu ve Aygan2020). Isırgan otu, iyi bir antioksidan zenginliğe sahiptir. Bu antioksidanların en önemlileri olarak α - tokoferol (E vitamini), askorbat (C vitamini), flavonoidler (kemferol, kuersetin, rutin), karotenoidler (β -karoten, ksantofil, retinoik asit, retinol), K vitamini, kateşinler ve tanenler ile fenolik bileşiklerden kafeik asit, kumarik asit ve ferulik asit gösterilebilir (Şener vd., 2010). Bitkinin fitokimyasal içeriği yetiştiği yere göre değişiklik göstermektedir. Bu doğrultuda yapılan çalışmalarda ılıman bölgelerde yetişen ısırgan otunun fenolik içeriğinin dolayısıyla antioksidan aktivitesinin daha fazla olduğu görülmektedir (Öztürk ve Özdemir, 2024).

Isırgan otunun yapısında bulunan kimyasal maddeler, ısırgan otunun antiseptik, bakterisid, kan dolaşımı ajanı, diüretik, hemostatik ve kas hareketi düzenleyici olarak kullanılmasını sağlamaktadır (Çolak, Çömlekcioglu ve Aygan2020). Yaprakların yanı

sıra kökler ve tohumlar ve tohum yağları, hücre zarlarını oksijen radikallerinin neden olduğu hasara ve dolayısıyla kardiyovasküler hastalıklara ve kansere karşı koruyarak antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri için kullanılır. *Urtica dioica'nın* gıda olarak kullanımı, sindirim ve böbrek hastalıkları veya böbrek nakli sonrası yaralanmaları olan hastalara ve ayrıca diyabet veya bir tür mevsimsel alerjisi olanlara fayda sağlayabilir (Jan, Zarafsha ve Singhvd., 2017).

2.7.6. Kantaron

Kantaron, *Hypericum perforatum* olarak da bilinmektedir. Ülkemizde 84 türü vardır. *Hypericum perforatum* L. ülkemizde Marmara, Karadeniz, Ege, Orta ve Doğu Anadolu, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yayılış göstermektedir (Aksu ve Altınterim,2015).

Kantaron otu; kanser, diyabet, depresyon, kronik romatizma, mide ülseri, mide-barsak hastalıkları, diüretik yatıştırıcı ve karaciğer-safra rahatsızlıkları, bronşit, diyare, dizanteri, yanı sıra boğaz enfeksiyonları, soğuk algınlıkları, antiseptik, yara iyileştirici olarak özellikle yanık yaralarının tedavisinde kullanılmaktadır (Aksu ve Altınterim, 2015). Özellikle zengin fenolik içeriğiyle sarı kantaronun açık yaralar, yanıklar, morarmalar, şişmeler gibi dermatolojik hastalıkların tedavisinde kullanıldığı bildirilmiştir (Burunkaya, Selli ve Kelebek., 2021).

2.7.7. Karabaş

Lavandula stoechas (karabaş otu), *Lamiaceae* (ballıbabagiller) familyasından olup bir lavanta türüdür. Halk arasında yabancı lavanta, keşiş otu gibi isimlerle adlandırılmaktadır. Kullanımı çok eski yıllara dayanmaktadır. Ülkemizde ilk kez Osmanlı devleti döneminde kolera salgını ile mücadelede kullanılmıştır (Paşavd., 2019). *L. Stoechas* üç kıtaya (Afrika, Avrupa ve Asya) yayılmıştır. Fas, Cezayir, Tunus, İspanya, Yunanistan, Fransa, İtalya ve Türkiye dahil olmak üzere Akdeniz havzasında yetişmektedir (Ez Zoubi, Bousta ve Farah., 2020).

Türkiye'de yetiştirilen *L. stoechas'ın* uçucu yağı; kafur, fençon, borneol, terpinol, sineol, linalol, linalil asetat, bornil asetat ve kadinen içermektedir. %30 kafur ve %18 fençon içerdiğinden uçucu yağın yarısı ketondur ve bu özelliğiyle Avrupa'da bulunan türlerden farklıdır. Fitokimyasal çalışmalarda bitkinin toprak üstü kısımlarının luteolin,

akasetin, viteksin ve longipin gibi bileşenler içerdiği belirlenmiştir. *L. stoechas* yapraklarındaki flavonoidlerin başlıca bileşenleri basit flavon glikozitleridir (flavon di-O-glikozitler ve flavon 7-O-monoglikozitler). *L. stoechas* özütlerinin oleanolik, ursolik ve vergatik asitler, β -sitosterol, α -amirin, α -amirin asetat, lupeol, eritrodiol, luteolin, akasetin, viteksin, iki longipinen türevi (longipin-2-en-7p,9a-diol-1-on ve longipin-2-en-7p,9a-diol-1-on-9-monoasetat), 7-metoksi kumarin içerdiği tespit edilmiştir (Şahinler vd.,2022).

L. stoechas uçucu yağlarının ve özütlerinin biyolojik aktiviteleri, esas olarak bitkinin fenolikler, flavonoidler ve monoterpenoidler gibi çeşitli kimyasal ailelere ait biyoaktif moleküller bakımından zengin olmasından kaynaklanmaktadır. Bu bileşikler, antispazmodik, anti-inflamatuar, antioksidan, antimikrobiyal, antifungal, insektisit ve larvisit aktiviteleri de dahil olmak üzere farmakolojik özelliklere sahiptir. Yapılan birkaç çalışmada *L. stoechas*'ın diyabet tedavisi ve hiperglisemi seviyesini düşürmek için kullanıldığı bildirilmiştir. *L. Stoechas* uçucu yağının antidiyabetik aktivitesi hiperglisemiye ve oksidatif strese karşı koruyucu bir etki ortaya koymuştur (Ez Zoubi, Bousta ve Farahvd., 2020).

2.7.8. Keçiboynuzu

Keçiboynuzu (*Ceratonia siliqua*), Akdeniz ikliminin görüldüğü yerlerde, bu iklime bağlı olarak yayılış gösteren baklagiller (*Fabaceae*) familyasından bir bitkidir. Bununla birlikte günümüzde beşeri faaliyetlerle birlikte çok değişik yerlerde de bu bitkiye rastlanmaktadır. Şili'den Kıbrıs'a, Meksika'dan Avustralya'ya kadar Akdeniz iklimine benzer şartlar ihtiva eden yerlerde, maki formasyonunu andıran türlerle birlikte görülmektedir. Keçiboynuzu ekonomik açıdan da ayrıca öneme sahip olup, bebek mamasından şuruba, pekmezden unlu mamullere kadar kullanım alanı mevcuttur (Taşlıgil, 2011).

Keçiboynuzu şeker içeriği yüksek olan bir meyvedir. Keçiboynuzu meyvesi %62-67 toplam şeker, %4-6 protein ve %23-27 diyet lifi içermektedir. Keçiboynuzu meyvesi; mineraller, D-pinol, fenolik bileşenler ve diyet lifi gibi önemli bileşenlerce zengin bir besin kaynağıdır. Toplam kuru maddesi yaklaşık %91-92 iken, kuru maddenin %62-67'si şeker, %4-6'sı protein, %0.2-0.4'ü ham yağ, %2-3'ü kül, %4.6- 6.2'si ham selüloz ve diğer maddelerden oluşmaktadır. Keçiboynuzu kalsiyum (251-361 mg/100 g), fosfor (85-681 mg/100 g), potasyum 843-1215 mg/100 g), magnezyum (63-326 mg/100g) gibi

minerallerce de zengin bulunmuştur (Şener ve Taze, 2022). Minerallerce zengin olmanın yanı sıra keçiboynuzunda 24 çeşit fenolik bileşen bulunmaktadır. Fenolik maddelerden bazıları mirisetin ramnosit (%9.8), kuersetin ramnosit (%10.23), metil gallat (% 1.03), sinamik asit (%1.5), mirisetin glikozit (%1.58) ve gallik asittir (%41.7). Toplam fenolik madde miktarının (3944.7 mg/kg kuru maddede) büyük bir çoğunluğunu gallik asit oluşturmaktadır. Keçiboynuzu meyvesinin biyoaktif bileşen olan D-pinitolün önemli kaynaklarından biri olduğu bilinmektedir. D-pinitol miktarı ise kuru maddede %10.2–11 bulunmuştur (Pazır ve Alper, 2016).

Keçiboynuzunun içerdiği diyet lifi sayesinde, kolon sağlığı ve kolondaki hücrelerin gelişimi üzerinde olumlu etkilere sahip olduğu bilinmektedir. Keçiboynuzu meyvesinin ve yaprağının ekstraktlarının antioksidatif özelliği sayesinde, böbrek hücrelerinde de koruyucu etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Keçiboynuzu meyvesinde bulunan bir biyoaktif bileşen olan D-pinitol, insan metabolizmasında insülin gibi davranarak kan plazmasındaki glikozu düşürme ve dengeleme özelliğine sahiptir (Pazır ve Alper, 2016). Kısacası keçiboynuzu meyvesinin ve ürünlerinin (toz, un ve şurup) yüksek diyet lifi içeriği ve biyoaktif bileşikleri ve gastrointestinal hastalıklar, diyabet, hiperlipidemi, inflamasyon ve oksidatif stres üzerindeki faydalı etkileri vardır (Brassesco vd., 2021).

2.7.9. Kekik

Thymus vulgaris olarak da bilinen kekik *Lamiaceae* familyasına aittir. Türkiye’de *Thymus*, *Origanum*, *Satureja*, *Tymbra* ve *Coridothymus* isimli beş cins bulunmaktadır (Bozdemir, 2019). *Thymus vulgaris*, Orta ve Güney Avrupa, Afrika ve Asya’ya özgü çok yıllık bir bitkidir (Nikolić vd., 2014).

Thymus vulgaris’te; timol (%46.2), γ terpinen (%14.1), P-simen (%9.9), linalool (%4), mirsen (%93.5), α -Pinen (%3) ve α -tüjen (%2.8) bileşikleri tanımlanmıştır (Shabnum ve Wagay, 2011). Bileşiğin büyük bir kısmını oksijenli monoterpenler oluşturmaktadır. Başka bir çalışmada timolün (%30) yanı sıra, karvakrolün (%20) yabancı kekik yağlarının ikinci ana bileşeni olduğu bildirilmiştir (Nikolić vd., 2014).

Tüm bu bileşenleri nedeniyle *Thymus vulgaris*; hipotansif, hipertansif, antitümör, yara iyileştirici, antigenotoksik, antimutajenik, antioksidan, serbest radikal süpürücü, ağrı

kesici ve antiinflamatuvar, antihepatotoksik, antiparaziter, insektisit etkiler göstermektedir (Başer, 2022). *Thymus vulgaris*'in iyileştirici potansiyeli; flavonoidler, timol, karvakrol, öjenol ve fenollerin varlığından kaynaklanmaktadır. Kekik esansiyel yağının ana bileşeni olan timol, *Salmonella* ve *Staphylococcus* bakterilerine karşı etkilidir. Kekik aynı zamanda demir, kalsiyum, manganez, K vitamini kaynağıdır ve yapılan çalışmalarda analjezik, antipiretik özellikler göstermiştir (Dauqan ve Abdullah, 2017).

Kekik, enfeksiyonlarda bağışıklık sistemi için önem taşımaktadır. Bronşit, boğmaca ve plörezi gibi göğüs enfeksiyonlarında kullanılmaktadır. Kekik ve kekik yağı, fumigant, antiseptik, dezenfektan ve ağız gargarası olarak kullanılmıştır. Boğaz ağrılarını gidermek için kullanılabilir. Kekik, astım, saman nezlesi için diğer bitkilerle birlikte de reçete edilmiştir (Dauqan ve Abdullah, 2017).

2.7.10. Melisa

Melissa officinalis; limon otu, arı otu, bal otu olarak da bilinir, çok yıllık bir bitkidir. *Lamiaceae* ailesinin bir üyesidir ve limon otu (*Melissa officinalis*); Avrupa, Orta Asya ve İran'a özgü 5 tür çok yıllık bitkiyi içeren bir cinse aittir. *Melissa officinalis* esas olarak Güney Avrupa'da ortaya çıkmış olsa da artık Kuzey Amerika'dan Yeni Zelanda'ya kadar dünyanın her yerine yayılmıştır (Miraj, Kopaei ve Kiani2017).

M. officinalis üzerinde yapılan fitokimyasal araştırmalar, terpenler (monoterpenler, seskiterpenler ve triterpenler) ve fenolik bileşikler (fenolik asitler, flavonoidler ve tanenler) dahil olmak üzere çeşitli fitokimyasalların varlığını ortaya çıkarmıştır. *M. officinalis*'in ana aktif bileşenleri; uçucu bileşikler (örn. geranial, neral, sitronellal ve geraniol), triterpenler (örn. ursolik asit ve oleanolik asit) ve fenoliklerdir (örn. cis -ve trans -RA izomerleri, kafeik asit türevleri, luteolin, naringin ve hesperidin). Uçucu yağın ana bileşenlerinin sitral (geranial ve neral), sitronellal, geraniol, beta-pinen, alfa-pinen, beta-karyofilen olduğu ve yağın %96'sını oluşturduğu bildirilmiştir (Moradkhani vd., 2010). *M. officinalis* 'ten izole edilen flavonoidler; flavonlar, flavanonlar, flavonoller ve flavanoller olmak üzere dört alt gruba ayrılmaktadır. *M. officinalis* 'in tıbbi aktivitelerinin esas olarak uçucu yağına ve fenolik bileşiklerine atfedildiği düşünülmektedir (Shakeri, Sahebkar ve Javadi 2016).

Literatürde melisanın birçok sağlık etkisi karşımıza çıkmaktadır. Melisa esansiyel yağları; kanser tedavisi veya önleme potansiyeli olan bir anti-tümöral ajan olarak kullanılmaktadır. En son bulgular, bu yağın bir dizi insan kanser hücre hattına karşı etkili olduğunu göstermiştir. Yapılan çalışmalarda *M. officinalis* özütünün hafif ila orta şiddette Alzheimer hastalığının yönetiminde etkili olduğu bulunmuştur. Melisanın stresin etkilerini azaltma potansiyelinden ötürü; migren, hazımsızlık, nevraljik sorunlar, uykusuzluk ve spazmlar için kullanılabileceği öne sürülmüştür. *M. officinalis* özütünün uygulanmasının; toplam kolesterolü ve toplam lipit karaciğer dokusunu azalttığı, ayrıca dokudaki glutasyon seviyelerini artırdığı bildirilmiştir. Sonuç olarak, *M. officinalis* özütünün hipolipidemik bir etki gösterdiği ve hiperlipidemik sıçanların karaciğeri üzerinde koruyucu bir etki gösterdiği öne sürülmüştür. Ayrıca, bu yağın 1, 1-difenil-2-pikril-hidrazil (DPPH)'nin indirgenmesiyle kanıtlandığı gibi antioksidan aktiviteye sahip olduğu görülmüştür (Moradkhani vd., 2010).

2.7.11. Zeytin Yaprağı

Zeytin (*Olea europaea*), Akdeniz havzasının en eski, en yaygın ve en önemli ürünlerinden biridir. Birçok farklı zeytin genotipi yetiştirilmekte ve yüksek derecede morfolojik ve biyolojik çeşitliliği bulunmaktadır. Akdeniz havzasından zeytin yetiştiriciliği şu anda Avustralya, Güney ve Kuzey Amerika (Arjantin, Şili, Amerika Birleşik Devletleri) ve Güney Afrika'nın bazı bölgelerine yayılmaktadır. Akdeniz havzası, geleneksel zeytin yetiştiriciliği alanıdır ve dünyadaki zeytin bahçelerinin %95'ine sahiptir (Rugini vd., 2005).

Zeytin yaprakları, zeytin bitkisinin doğal yan ürünleridir ve özellikle polifenoller olmak üzere zengin bir biyoaktif bileşik kaynağıdır. Zeytin yaprağı ekstraktlarının fenolik ve flavonoid kompozisyonuna bakıldığında; gallik asit, klorojenik asit, kafeik asit, allagik asit, epikateşin, rutin, kuersitrin, kuersetin, kaempferol içermektedir (Guo vd., 2018). Zeytin yapraklarında başlıca beş grup fenolik bileşik bulunmaktadır: oleuropeosidler (oleuropein ve verbaskozid), flavonlar (luteolin-7-glukozid, apigenin-7-glukozid, diosmetin-7-glukozid, luteolin ve diosmetin), flavonoller (rutin), flavan-3-oller (kateşin) ve ikame edilmiş fenoller (tirozol, hidroksitirozol, vanilin, vanilik asit ve kafeik asit). Ek olarak, sekoiridoid bileşikleri, oleuropein ve ligstrozidin dialdehit deasetoksi formları, oleocanthol ve oleacein bulunabilmektedir. Zeytin yapraklarında; rutin, luteolin 7-O-glukozit, luteolin 7-O-rutinozid, luteolin 4-O-glukozit, apigenin 7-O-glukozit ve

apigenin 7-O-rutinozid gibi fenolik bileşiklerin de bulunabileceği literatürde bildirilmiştir. Zeytin yapraklarında en bol bulunan bileşik oleuropeindir, bunu hidroksitirosol, luteolin, apigenin flavon-7-glukozitleri ve verbaskozit takip etmektedir. Zeytin yaprağı özütlerindeki toplam fenol ortalamaları 73.05 ila 144.19 mg GAE/g arasında değişirken, yaprakların toplam flavonoid içerikleri 56.75 ila 125.64 mgCE/g arasında değişmektedir (Özcan ve Matthäus, 2017).

Zeytin yapraklarındaki polifenoller ve flavonoidler; antikarsinojenik, antiinflamatuvar, antihipertansif ve antimikrobiyal özellikler göstermiştir (Guo vd., 2018). Birkaç rapor; zeytin yaprağı özütünün hayvanlarda kan basıncını düşürme ve koroner arterlerdeki kan akışını artırma, aritmileri hafifletme ve bağırsak kas spazmlarını önleme kapasitesine sahip olduğunu göstermiştir. Zeytin (*Olea europaea*) ağaçlarındaki secoiridoid ailesinin ana bileşeni olan acı bileşik oleuropeinin, antiinflamatuvar özelliklere sahip güçlü bir antioksidan olduğu gösterilmiştir. Oleuropein, virüslere, retrovirüslere, bakterilere, mayalara, mantarlara, küflere ve diğer parazitlere karşı antimikrobiyal aktiviteye sahiptir (Benavente- Garcia vd., 2000).

2.8. Kombucha ve Sağlık Üzerine Etkileri

Kombucha'nın faydalı etkileri, probiyotik mikroorganizmalar (asetik ve laktik bakteriler), antibiyotikler, amino asitler, polifenoller, şekerler, organik asitler, etanol, suda çözünür vitaminler ve fermantasyon sırasında üretilen çeşitli mikro besinlerin varlığına atfedilmektedir. ABD Gıda ve İlaç Dairesi, çeşitli ticari maya üreticilerinin (kombucha mantarı veya çay mantarı) kayıt altına alınmış değerlendirmiş ve patojenik organizmalar veya diğer hijyenik bozulmalara rastlamamıştır (Jayabalan vd., 2008). Kombucha içeceğindeki mikrobiyolojik aktivite ürünleri, insan vücudundaki biyokimyasal reaksiyonlarda hayati bir rol oynamaktadır. Kombuchanın kronik hastalıkları önleyebileceği ve antimikrobiyal, antioksidan, antikarsinojenik etkiler oluşturduğu bildirilmiştir (Ivanišová vd., 2019).

2.8.1. Antimikrobiyal Etkinlik

Kombucha çayının çok çeşitli mikroorganizmalara karşı dikkate değer bir antimikrobiyal aktivite gösterdiği bilinmektedir. Bu konuda birçok bilimsel çalışma yapılmıştır ve kombucha, hem Gram pozitif hem de Gram negatif birçok patojenik mikroorganizmaya karşı inhibe edici aktivite göstermiştir. Kombuchanın bu

antimikrobiyal aktivitesi, başta asetik asit olmak üzere organik asitler ve kateşinin yanı sıra fermantasyon sırasında üretilen birçok proteinin varlığı nedeniyle, bu içeceğin düşük pH değerine atfedilmektedir. Asetik asit ve kateşinlerin özellikle birçok Gram pozitif ve Gram negatif mikroorganizmayı inhibe ettiği bilinmektedir (Watawana vd., 2015a). Asetik ve diğer organik asitler, sitoplazmik asidifikasyon ve disasosiyasyon asit anyonunun toksik seviyelerde birikmesi yoluyla antimikrobiyal aktiviteyi etkilemektedir (Ivanišová vd., 2019). Kombucha antimikrobiyal aktivitesi nedeniyle patojenleri inhibe etmek için yaygın şekilde kullanılmaktadır (Mousavi vd., 2020). Yeşil çaydan hazırlanan kombucha çayının antimikrobiyal aktivitesi, geleneksel olarak siyah çaydan hazırlanan kombucha çayından daha yüksektir (Watawana vd., 2015a).

Kombucha'nın antifungal aktivitesi üzerine yapılan bir çalışmanın sonucu, *Aspergillus flavus*, *Candida albicans* ve *Microsporum gypseum* gibi patojenik mikroorganizmalara karşı kullanılabilmektedir. Yeşil ve siyah çaydan hazırlanan kombucha, klinik *Candida* türleri dâhil olmak üzere patojenik mikroorganizmalara karşı antibakteriyel ve antifungal aktivite göstermiştir. Kombuchada bulunan etil asetatın *in vitro* analizi, *Malassezia* türlerine karşı antifungal aktivite göstermiştir ve *Malassezia* enfeksiyonlarını önlemek veya tedavi etmek için kullanılmaktadır (Chandrakala, Lobo ve Dias vd., 2019).

2.8.2. Antikanser Özellikleri

Fitokimyasallar, etkili antikanser ajanlar olarak tanımlanmıştır. Bu nedenle, bu biyoaktif bileşikler bakımından zengin yiyecekleri tüketme eğilimi vardır. Rusya'daki Merkezi Onkolojik Araştırma Birimi ve Moskova'daki Rusya Bilimler Akademisi, bu fermente içecek üzerinde popülasyon çalışmaları yürütmüş ve günlük kombucha tüketiminin kansere karşı son derece yüksek bir dirençle bir korelasyona sahip olduğunu bulmuşlardır. Bu içeceğin antikanser özelliği için birçok olası mekanizma bulunmaktadır. Örneğin, bu fermente içeceğin bir antikanser ajan olarak hareket etme kabiliyetinin, çay polifenollerinin ve fermantasyon işlemi sırasında üretilen ikincil metabolitlerin varlığından kaynaklandığı bildirilmiştir. Birçok çalışma, bu fermente içekte bulunan çay polifenollerinin gen mutasyonlarını inhibe etme, kanser hücrelerinin proliferasyonunu inhibe etme ve kanser hücresi apoptozunu indüklemeye ve metastazı sonlandırma kabiliyetinin antikanser özellikleri için olası mekanizmalar olarak vurgulandığını göstermiştir. Farklı karbon kaynaklarının üründeki toplam fenolik içeriği

etkilediği gösterilmiştir. Fermantasyon sırasında bir karbon kaynağı olarak beyaz veya kahverengi şekerin uygulanması, çay mantarının yoğun büyümesine neden olmuş ve nihai ürünlerde yüksek polifenol içeriği ile sonuçlanmıştır (Emiljanowicz ve Malinowska-Pańczyk, 2020).

Ek olarak, kanser hastalarının bağ dokularında L-laktik asit yoktur; bu aynı zamanda fermantasyon sürecinin yan ürün olarak laktik asit ürettiği kombuchanın tüketimi ile de düzeltilebilmektedir. Polifenoller, glukonik asit, glukuronik asit, laktik asit ve C vitamini gibi kombucha çayında bulunduğu tespit edilen bileşiklerin çoğunun mide kanseri oluşumunu azaltma kabiliyetine sahip olduğu bilinmektedir. Ayrıca; kombuchanın, kanserle dolaylı olarak ilişkili olduğu düşünülen bir enzim olan glukuronidazın aktivitesini inhibe ettiği bilinen D-sakarik asit-1,4-lakton (DSL) içerdiği de bulunmuştur. Kombucha çayında bulunan polifenollerin antitümör özelliklere sahip olduğu, kanseri bloke eden bir ajan olarak işlev gördüğü bildirilmiştir (Watawana vd., 2015a). DSL, kombuchanın hepatoprotektif ve hipokolesterolemik etkilerinin arkasındaki bileşik olarak kabul edilmektedir (Emiljanowicz ve Malinowska-Pańczyk, 2020).

2.8.3. Antioksidan Aktivite

Kombucha, fermantasyon sırasında artan antioksidan aktiviteler sergilemiştir. Aktivitenin derecesi kültüre göre değişmektedir ve bu da metabolitlerinin formlarını belirlemektedir. Çoğu kombuchanın antioksidan özellikleri zamana bağlı profiller gösterse de, doğrudan tüketim için zararlı seviyelere ulaşabilen organik asitlerin birikmesi nedeniyle uzun süreli fermantasyon önerilmemiştir (Chu ve Chen, 2006).

Yeşil çay, siyah çay ve çay artığından yapılan kombuchanın yüksek antioksidan aktivitelerine sahip olduğu gösterilmiştir. Yine yapılan çalışmalarda kombuchanın antikansorejen etki gösterdiği ve oksidatif stresi azalttığı bulunmuştur. Bu etkileri ise antioksidan özelliğine atfedilmiştir. Kombuchanın iyileştirici etkisi lipid peroksidasyonunu ve DNA hasarını azaltıcı etkisine ve hücrel antioksidanları artırmasına bağlanmıştır (İleri-büyükoğlu, Taşçı ve Şahindokuyucu 2010).

Mevcut çalışmalar, Kombuchanın antioksidan aktivitesinin esas olarak elektron verme, metal şelatlama kabiliyeti ve daha az ölçüde hidrojen verme kabiliyetinden kaynaklandığını göstermektedir (Lobo, Dias ve Shenoy, 2017). Kombucha fermantasyonu sırasında, çay yapraklarından radikal temizleyici özelliklere sahip birçok

bileşik salınmaktadır. Polifenoller ve kateşinler flavanol grubuna ait çayda bulunan ana bileşik grubudur. Örnek vermek gerekirse theaflavin ve thearubiginler, siyah çayda bulunan polifenolik türevlerdir. Polifenollerin, serbest radikalleri ve reaktif oksijen türlerini (ROS) temizleyebildikleri için yüksek düzeyde geniş antioksidan özelliklere sahip oldukları düşünülmektedir (Srihari ve Satyanarayana, 2012).

Polifenoller, taze çay yapraklarının toplam kuru ağırlığının yaklaşık %30'udur ve epigallokateşin, epigallokateşin-3-gallat, epikateşin-3-gallat ve epikateşin, çay yapraklarında bulunan en önemli polifenol türleridir. Yeşil çay, siyah çay ve çay atığı materyali kullanılarak hazırlandığında kombucha çayının yüksek bir radikal temizleme aktivitesine sahip olduğu gösterilmiştir. Fermantasyon gerçekleştiğinde toplam fenolik içerik artmaktadır (Watawana vd., 2015a). Polifenolik bileşiklerin içeriğindeki artış, çayın fermantasyonu sırasında meydana gelen çok sayıda reaksiyonla ilişkilendirilmektedir. Örneğin polifenolik bileşiklerin bazı enzimler tarafından oksidasyonu, kateşinlerin, flavonoidlerin ve antioksidan özellikler dâhil olmak üzere sağlıklı özelliklere sahip diğer bileşiklerin oluşumuna yol açmaktadır (Jakubczyk vd., 2020).

Kombucha, nitrit oksit radikallerini çaydan 1.4 kat daha verimli bir şekilde temizlemekte ve ayrıca daha yüksek bir metal şelatlama yeteneği sergilemektedir. Çay bileşenlerinin mikrobiyal enzimler tarafından fermantasyon sırasında metabolik dönüşümü, çaya kıyasla Kombucha'nın antioksidan aktivitesinin artmasına katkıda bulunmaktadır. Bu durum, hastalıkların önlenmesi için kombuchanın bir terapötik ajan olarak çaydan daha büyük bir potansiyele sahip olduğunu ve ayrıca terapötik özellikleri için sağlam bir fitokimyasal temel oluşturduğunu göstermektedir (Lobo, Dias ve Shenoy, 2017).

Fermente edilmemiş çay ve fermente edilmiş kombucha çayının sitotoksitesisi ve antioksidan aktivitesi üzerine yapılan karşılaştırmalı bir çalışmada, fermente kombucha çayının daha yüksek antioksidan aktiviteye sahiptir. Farklı çay yapraklarından hazırlanan kombucha üzerinde yapılan araştırmalar, radikal temizleme aktivitesinin ve polifenol içeriğinin değiştiğini göstermektedir (Chandrakala, Lobo ve Dias, 2019).

Beyaz, yeşil, sarı ve siyah çaydan hazırlanan kombucha içeceğinin antiradikal kapasitesini incelenmiş ve en yüksek toplam fenolik içeriği ve DPPH radikal temizleme kabiliyeti sarı çay örneklerinde tespit edilmiştir. İçecek ayrıca kurşun ve kromat kaynaklı oksidatif strese karşı güçlü antioksidan aktivite sergilemiştir (Chakravorty vd., 2019).

Antioksidan özelliklere sahip bileşiklerin üretimi, substrat olarak kullanılan kaynağa ve substrat süresine bağlı olarak değişmektedir. Bununla birlikte, organik asitlerin birikmesi, kombucha çayı doğrudan tüketildiğinde zararlı bir etkiye neden olabileceğinden, uzun süreli fermentasyon uygun değildir (Watawana vd., 2015a). Analiz edilen kombucha çayı içeceklerinin her birinde, fermentasyon süresindeki artışla birlikte serbest radikalleri etkisizleştirme yeteneği azalmıştır (Jakubczyk vd., 2020). Ayrıca, 90 günlük kombucha depolaması sırasında serbest radikal temizleme özelliklerinde bir azalma da bulunmuştur (Chakravorty vd., 2019).

Kısacası kombucha, antioksidan özellik de dâhil olmak üzere sağlığı geliştiren birçok özelliğe sahiptir. Bu nedenle, kişinin antioksidatif tepkisini desteklemek için, özellikle zihinsel ve fiziksel strese maruz kalmanın arttığı durumlarda, diyetle dülenli bir kombucha çayı içilmesi tavsiye edilmektedir. Kombucha çayının antioksidan özellikleri düşünüldüğünde en değerli olanı, kırmızı ve yeşil çaydan elde edilmektedir (Jakubczyk vd., 2020).

2.8.4. Probiyotik Etkiler

Probiyotiklerin insan sağlığının iyiliğinde hayati bir rol oynadığı bilinmektedir. Probiyotik mikroorganizmalar bağırsak mikrobiyotasında denge sağlamakta, bağırsaktaki süreçleri normalleştirmekte ve bağışıklık sistemini güçlendirmektedir. Birçok çalışmada, bu içeceğin sadece probiyotik olmadığı, aynı zamanda prebiyotikler ve probiyotiklerin bir kombinasyonu olan simbiyotik özelliklere sahip olduğu bildirilmektedir (Watawana vd., 2015a).

Probiyotik özellikler sunan gıdalar, bağırsak mikrobiyotasını modüle etmektedir. Bağırsakta sunulan mikroorganizmaların metabolik aktivitesi, konakçıyı bağırsak-beyin eksenini yoluyla etkileyerek iştahı, gıda tüketimini, enerji dengesini, ayrıca glikoz ve insülin metabolizmasını ve lipit profilini etkilemektedir. Benzer şekilde ince bağırsakta emilmeyen fenolik bileşikler de yararlı mikroorganizmaların çoğalmasını uyararak ve

patojenik olanları inhibe ederek prebiyotik özellikler sergileyebilmektedir (de Campos Costa vd., 2021).

Probiyotikler ve sinbiyotikler, fonksiyonel gıda pazarı içinde önemli bir sektörü oluşturmakla birlikte içeceklerin çoğu süt ve ürünlerinden üretilmektedir. Süt ürünü olmayan nutrasötiklerin tüketimiyle veganlık eğilimi ve bireylerde laktoz intoleransının artan rolü, temel bir sağlıklı beslenme grubu haline gelebilecek yeni, güvenli, süt ürünü olmayan probiyotik ürün tasarımı gerektirmiştir. Bu nedenle, kombucha çayı ve kvas, fermente bitki içecekleri vb. gibi diğer fermente edilmiş fonksiyonel gıdalar, laktoz intoleransı olan kişiler için fonksiyonel süt ürünleri yerine seçenek oluşturmaktadır (Ivanišová vd., 2019).

Kombucha'da bulunan laktik asit bakterilerinin safra tuzlarına karşı yüksek toleransa sahip olması ve insan bağırsağında canlı kalmaları nedeniyle probiyotik özelliklere sahip olduğu düşünülmektedir (Emiljanowicz ve Malinowska-Pańczyk, 2020). Kombuchada bulunan bakteri ve mayalar, probiyotik özelliklere sahip olup mikroselüloz, bağırsakta bulunan yararlı mikroorganizmaların büyümesine yardımcı olmaktadır. Bağırsak mikrobiyotasındaki olumsuz değişimler alerji, otoimmün hastalıklar, multipl skleroz ve transplant bulaşıcı hastalık gibi birçok sağlık sorununa yol açabilmektedir. Bağırsak mikrobiyotasındaki değişiklik, kombucha çayı tüketimiyle etkisi sınırlı olmakla birlikte olumlu yöndedir. Bu özellikleri nedeniyle astronotlar için uzaydaki diyetlerinde ek olarak değerlendirilmeye başlanmıştır (Watawana vd., 2015a).

Bir probiyotik kombucha çayı elde etmek için başka bir alternatif strateji, iyi bilinen ve üzerinde çalışılan probiyotik suşların fermantasyon sürecine eklenmesi olabilir. Bir çalışmada siyah çay ve yağsız süt kullanarak iki farklı kombucha geliştirilmiş ve her formülasyona iki *Lactobacillus* türünden (*delbruekii* ve *fermentum*) oluşan bir probiyotik kültür başlatıcısı eklenmiştir (Vargas, 2021). Bu iki farklı kombucha ratlara verilmiştir. Devamında ratların kan glikoz düzeyine ve lipid profiline bakılmıştır. En düşük glikoz düzeyi 81 mg/dl, en düşük kolesterol düzeyi 82.70 mg/dl olmuştur. Bu iki sonuç yağsız süttten üretilen kombuchanı verildiği sıçanlarda görülmüştür. Kombuchaya probiyotik eklenmesinin hem glikoz hem de kolesterol düzeyi üzerinde olumlu etkileri olduğu sonucuna varılmıştır (Al-dulaimi, Abd-alwahab ve Hasanvd., 2018). Mikrobiyota modülasyonu incelenerek, kombuchanın ve özellikle kombucha süpernatantının,

Bifidobacterium ve *Collinsella* *in vitro* gelişmesini önemli ölçüde artırdığı gösterilmiştir. Bu iki türün artışı; kombucha çayında bulunan doğal polifenollerini ara metabolitlere parçalayarak kombucha çayına prebiyotik özellikler katmaktadır (Lavefve vd., 2021).

2.8.5. Detoksifikasyon

Detoksifikasyon, toksik maddelerin canlı bir organizmanın vücudundan uzaklaştırılması işlemidir. Detoksifikasyon, sağlıklı bir karaciğerin korunmasına yardımcı olmakta ve ayrıca kanseri önlenmektedir. Kombucha çayının hazırlanmasında yapılan fermantasyon işlemi sırasında mikroorganizmalar tarafından üretilen enzimler, asitler ve diğer ikincil metabolitler vücudu detoksifiye etme yeteneği göstermektedir. Ayrıca; kombucha çayında bulunan enzimlerin ve asitlerin çoğu, vücut tarafından detoksifikasyon işlemi amacıyla üretilen kimyasallara çok benzerdir. Bu nedenle, kombucha çayının kişinin diyetine dâhil edilmesi, karaciğer üzerinde baskılanan detoksifikasyon yükünü azaltmaktadır (Kumar ve Joshi, 2016).

Birçok bilimsel çalışma, bu yeteneğin esas olarak glukuronik asidin vücuda giren toksik moleküller ile bağlanma kapasitesinden ve bu moleküllerin böbrekler ve bağırsaklar yardımıyla fizyolojiden atılımını artırma kabiliyetinden kaynaklandığını bildirmiştir. Glukuronik asit insan vücudundaki en önemli detoksifiye edicidir; böylelikle karaciğerdeki toksinlere bağlanma ve onları vücuttan atmaya teşvik etme yeteneğine sahiptir. Glukuronik asit, bir detoksifikasyon ajanı olarak kombuchadaki ana terapötik ajandır (Kumar ve Joshi, 2016). Glukuronik aside benzer şekilde, malik asit de karaciğerin detoksifiye edilmesine yardımcı olan fermantasyonun bir yan ürünüdür (Watawana vd., 2015a).

Karaciğerin detoksifikasyonunu desteklemenin yanı sıra, kombucha çayının tüketiminin ağır metal maddelerin ve çevresel kirleticilerin insan vücudundan böbrekler yoluyla atılmasına yardımcı olduğu da bilinmektedir. Bilirubin ve steroid hormon fazlalığı gibi özgün metabolitlerin biyotransformasyonunda da yararlıdır. Kombucha çayının toksinleri uzaklaştırma etkisinin, vücutta toksik maddelerin birikimi ile ilişkili durumlar olan gut, romatizma, artrit ve böbrek taşlarından kurtulmaya yardımcı olduğu bilinmektedir (Watawana vd., 2015a).

2.8.6. Hepatoprotektif Etkiler

İnsanlar sürekli olarak ilaç, gıda katkı maddeleri veya hava kirliliği gibi içerisinde ksenobiyotiklerin bulunduğu çevresel etkenlere maruz kalmaktadır. Bu toksik bileşiklerin, hem vücuttan atılmalarını kolaylaştırmak, hem de daha polar hale getirmek için bu toksik bileşikler kimyasal olarak değiştirilmektedir. Bu detoksifikasyon işlemi esas olarak karaciğerde gerçekleşmektedir. Glukuronik asit, toksik bileşiklerle konjuge olma kabiliyeti nedeniyle vücudun ana detoksifiye edici bileşiklerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu, Kombucha fermantasyonu sırasında üretilen organik asitlerden biridir ve Kombucha çayının hepatoprotektif etkisinin ana sorumlularından olduğu düşünülmektedir (Diez-Ozaeta ve Astiazaran, 2022).

Hepatoproteksiyon, toksik maddeler tarafından karaciğerde meydana gelen hasarı önleme yeteneğidir. Çevresel kirleticilerin çoğu, hepatotoksisiteye neden olup karaciğere zarar vermektedir. Kombucha çayı tüketimi karbon tetraklorür (CCl₄) aktivitesini inhibe etmiş ve sıçanlarda karaciğer hasarını önlemiştir. Kombucha çayının tiyoasetamid kaynaklı hepatotoksisiteye karşı koruyucu etkilerini bulmak için çalışmalar da yapılmıştır ve sonuçlar kombucha çayının polifenol maddelerinin antioksidan aktivitesinin bu fonksiyondan sorumlu olduğunu göstermiştir. Ayrıca; kombucha çayının, karaciğerin çevresel toksinlere maruz kalmasıyla tetiklenen hepatositlerin apoptotik hücre ölümünü önlediğini açıklamıştır (Watawana vd., 2015a).

Bir çalışmada fare hepatositlerinde üçüncül bütül hidroperoksit (TBHP)'nin neden olduğu sitotoksisiteye ve hücre ölümüne karşı kombuchanın koruyucu rolü tanımlanmıştır. Bu çalışmaya göre kombucha, reaktif oksijen türleri indükleyicisinin neden olduğu değişiklikleri önleyerek hücreleri koruyabilmektedir. Bu çalışmanın sonucunda kombuchanın güçlü bir radikal temizleyici olduğu ortaya konmuştur. Bu nedenle, kombuchanın, serbest radikal indükleyici tarafından hepatositlerde üretilen aşırı serbest radikalleri söndürerek TBHP'nin toksik etkilerini değiştirebileceğine düşünülmektedir (Bhattacharya, Gachhui ve Sil 2011). Ek olarak, kombucha çayının farelerde toksik maruziyetten sonra karaciğer doku hasarını önlediği ve önemli ölçüde azalttığı gösterilmiştir (Diez-Ozaeta ve Astiazaran, 2022).

Kombucha, aflatoksin B1'in neden olduğu karaciğer hasarında hepatoprotektif ve olumlu etkiler, zayıflatılmış hepatosit nekrozu, azalmış karaciğer enzim

konsantrasyonları ve lipid peroksidasyonu göstermiştir. Aynı zamanda antioksidan sistemin güçlenmesinden, hepatik glutatyon konsantrasyonunun azalmasından ve antioksidan enzimlerin aktivitesinin artmasından, hatta üretiminin azalmasının önlenmesinden de sorumlu bulunmuştur. Kombuchanın karaciğeri aflatoksin B1'in toksisitesine karşı korumadaki etkinliğinin, orijinal çaya kıyasla daha yüksek konsantrasyonlarda glukuronik asit ve daha yüksek bir antioksidan aktivitenin varlığı ve ayrıca fermantasyon işlemi sırasında üretilen biyotransforme bileşiklerin varlığı ile ilişkili olabileceği söylenmiştir (de Campos Costa vd., 2021).

2.8.7. Kardiyoprotektif Etki

Yeşil ve siyah çaydan elde edilen kombuchalar, deneysel aterojenik modelde antioksidan savunma sistemini, hidroksil ve süperoksit serbest radikallerinin eliminasyonunu geliştirmiş ve lipid peroksidasyonunu azaltmıştır. Etkiler, kullanılan çay türünden bağımsız olarak hiperlipidemiye önleyebilen ve kardiyovasküler hastalıkların oluşumunu azaltabilen glukuronik asit ve DSL gibi kombucha çayında bulunan bileşiklere atfedilmiştir (de Campos Costa vd., 2021).

Kombucha çayı verilen farklı hayvan modellerinde kolesterol ve lipit seviyeleri ölçülmüştür. Ratlara kombucha çayı verildiğinde; lipaz aktivitesinde, trigliseritlerde ve düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) kolesterol seviyelerinde önemli bir azalma gözlenmiştir. Yine ratlara yılan meyveli kombucha verildiğinde; ratların LDL-kolesterol ve trigliserit seviyelerinin azaldığı, (yüksek yoğunluklu lipoprotein) HDL-kolesterol seviyelerinin arttığı gözlenmiştir (Morales, 2020).

İskemi sırasında miyokardiyal hücreler hasar görmekte, kardiyak membran gözenekli hale gelebilmekte veya yırtılabilmektedir. Bu durumda makromoleküller hasarlı dokudan sızabilmektedir. Kombucha membranları stabilize ederek bu tür sızıntıları önlemektedir (Chandrakala, Lobo ve Dias vd., 2019). Kombuchadaki asetik asit, karaciğerdeki lipogenezi ve kolesterologenez yolunu inhibe eder, böylece serumda toplam kolesterol, LDL kolesterol ve trigliserit seviyeleri azalabilmektedir (Emiljanowicz ve Malinowska-Pańczyk, 2020).

2.8.8. Obeziteye Etkisi

Obezite, vücuda besinler ile alınan enerjinin, harcanan enerjiden fazla olmasından kaynaklanan ve vücut yağ kitlesinin, yağsız vücut kitlesine oranla artması ile karakterize olan kronik bir hastalıktır. Obezite, başta kardiovasküler ve endokrin sistem olmak üzere vücudun tüm organ ve sistemlerini etkileyerek çeşitli bozukluklara ve hatta ölümlere yol açabilen önemli bir sağlık problemidir (Altunkaynak ve Özbek, 2006). Kombuchanın vücut kompozisyonu üzerindeki etkisini değerlendiren bir çalışmada, hiperkolesterolemik diyet ile beslenen farelere kombucha çayı verilmiştir. 12 haftalık müdahalenin sonunda kombucha tüketen hayvanların vücut ağırlığında %14.69'luk bir azalma olmuştur. Retroperitoneal yağ dokusu/vücut ağırlığı oranında da azalma gözlenmiştir. Hiperkolesterolemik diyetle birlikte kombucha tüketen hayvanlarda, sadece hiperkolesterolemik diyetle beslenen hayvanlara göre daha düşük gıda alımı gözlenmiş olup bu durum kombuchanın anti-obezite etkiye olduğunu göstermektedir (de Campos Costa vd., 2021). Yani kombucha verilen hayvanlarda gıda tüketiminde ve vücut ağırlığı değişiminde istatistiksel olarak bir düşüş görülmüştür. Gıda alımındaki kısıtlama aynı zamanda kan kolesterolündeki azalmayla da ilişkili olduğundan, kombuchanın gıda alımını baskılayan basit ama etkili bir yöntemle kolesterol homeostazını etkilemiş olması oldukça olası bulunmuştur (Yang vd., 2009).

Bir çalışma kombucha çayı ekstresinin ratlarda obezite üzerine etkilerini araştırmaktadır. Ratlar; normal diyet alan grup, yüksek yağlı diyet alan grup, normal diyet ile kombucha ekstresi alan grup, yüksek yağlı diyet ile kombucha ekstresi alan grup olmak üzere dört gruba ayrılmıştır. Çalışma sonucuna bakıldığında kombucha ekstresi alan gruplarda vücut ağırlığı artışı daha az gerçekleşmiştir. Bu çalışma erkek ratlarda kilo alımına karşı kombucha ekstresinin koruyucu etkisini göstermiştir. Kombucha ekstraktının obeziteyi iyileştirme üzerindeki etkisi çoğunlukla, ekstraktın asit içeriğine bağlanmaktadır ve aralarında laktik asit öne çıkmaktadır. Çalışmalar, fermente laktobasil içeren diyetlerin kilo alımını azalttığını göstermektedir (Karkhaneh, 2015). Başka bir çalışmada, polifenoller, bağırsak mikrobiyotasını modüle ederek ve Firmicutes: Bacteroides oranını azaltarak obezite karşıtı bir etki göstermiştir. Polifenollerin antioksidan ve antienflamatuar aktivitelerinin, bağırsak mikrobiyotasının modülasyonu yoluyla antiadipojenik, anti-diyabetik, kardiyoprotektif, nöroprotektif ve antikarsinojenik özelliklerle ilişkili olduğuna dair kanıtlar vardır (de Campos Costa vd., 2021).

2.8.9. Antidiyabetik Etkisi

Diyabet günümüz dünyasında en önemli sağlık sorunlarından biri olarak kabul edilmektedir. Dünya genelindeki artışa paralel olarak ülkemizde de görülme sıklığı ve hasta sayısı hızla artmaktadır. Bulaşıcı olmadığı halde salgın yapan bu hastalık tüm ülkelerde genellikle erişkin yaş grubunu etkilemekte, hem doğrudan hem de dolaylı etkileri ile sağlık sistemlerini ve toplumsal yaşamı tehdit etmektedir (Coşansu, 2015).

Yılan meyvesinin suyundan yapılan kombuchanın, siyah çaydan yapılan kombuchanın ve metforminin antidiyabetik aktivitelerinin *in vivo* ortamda kıyaslamasını ele alındığı bir çalışmada farklı sonuçlar çıkmıştır. Yılan meyvesinin suyundan üretilen Kombucha'nın metformin ile karşılaştırılabilir bir etkiye sahip olduğu ve açlık kan glikozu üzerinde siyah çaydan üretilen kombuchadan daha iyi bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Ratların vücut oksidasyon indekslerinde kombuchaların metformin ile karşılaştırılabilir ve hatta metforminden daha iyi sonuçları olması dikkat çekici bulunmuştur (Zubaidah vd., 2019).

Başka bir çalışma, kolesterol ve yağ açısından zenginleştirilmiş diyet verilen ratlarda deniz üzümünden (*Caulerpa racemosa*) elde edilen kombucha çayının kan şekeri ve kolesterol düşürücü etkilerini incelemektedir. Kombucha, farelerde glikoz ve lipid metabolizmasını düzenleyen Ppar Gama Koaktivatörü 1 alfa (PGC-1 α)'yı da arttırmaktadır. Bu, deniz üzümünden elde edilen kombucha çayının sağlık üzerinde yararlı etkiler sağlayabileceğini kanıtlamaktadır çünkü PGC-1 α 'daki bir artış, antioksidan aktivitedeki bir artışla ilişkili bulunmuştur. Deniz üzümündeki polifenoller, antioksidanlar ve flavonoidler de bu sonuçlara katkıda bulunabilmektedir. Bu çalışmada deniz üzümünden elde edilen kombucha çayının kan şekerini ve kolesterolü düşürücü etkileri, deniz üzümünün antidiyabetik olduğuna dair daha iyi kanıtlar sağlayan diğer çalışmalarla da örtüşmektedir (Permatasari vd., 2021).

Kombucha çayı içecekleri, kan şekeri düzeylerinin artmasıyla ilgili enzimleri inhibe etme yetenekleri açısından *in vitro* olarak test edilmiştir (Morales, 2020). Bir çalışmada yeşil ve siyah çaydan üretilen kombuchaların domuzlardaki pankreatik α -amilaza karşı inhibitör aktivitesinin fermantasyonla arttığı bildirilmiştir; tüm bunlar kombuchanın içerisindeki fenolik bileşiklere atfedilmiştir (Kallel vd., 2012). Ayrıca; soya

ieeğinin fermentasyonu ile bir kombucha üretilmiş; kombuchanın α -amilaz ve α -glukosidaz aktivitelerini *in vitro* inhibe etme yeteneği gözlemlenmiştir (Xia vd., 2019). Bu inhibe edici kapasiteler meşe yapraklarından üretilen kombucha ayı için gözlemlendiğinde, yüksek doymuş yağ ve fruktoz diyetleri olan obez farelerde kombucha ayı tknetimi açlık glikoz konsantrasyonlarında bir azalmaya yol açmıştır (Gamboa-Gmez vd., 2017).

Birçok alışma, kombucha ayının deneysel diyabetik hastalarda kan şekerini düşürme, insülini artırma veya glukoneojenik enzimlerin (glukoz-6-fosfataz ve fruktoz-1,6-bifosfataz gibi) ve glikolitik enzimlerin (heksokinaz) aktivitesini tersine çevirme yeteneğini göstermiştir. Son zamanlarda bazı araştırmacılar, kombucha ayının hem α -amilaz hem de α -glukosidaz aktivitesini inhibe etme yeteneğini doğrulamıştır (Diez-Ozaeta ve Astiazaran, 2022).

2.8.10. Antiinflamatuvar Etkisi

İnflamasyon, zararlı uyarıların ortadan kaldırılmasını ve hasarlı dokunun iyileşmesini sağlayan temel bir bağışıklık tepkisidir. Bu nedenle; inflamasyon, fiziksel ajanlar, kimyasal ajanlar, biyolojik ajanlar veya immünolojik ve genetik bozukluklar gibi nedensel ajanlara karşı ilk savunma hattı olarak kabul edilmektedir. Birkaç araştırmacı, kombucha ayının antiinflamatuvar aktivitesini açıklamıştır. Erkek albino farelerde kurşun kaynaklı oksidatif strese karşı, lipid peroksidasyonu ve DNA hasarını azaltarak antiinflamatuvar aktivite göstermiştir. Aynı şekilde, kombuchanın erkek Wistar farelerinde indüklenen mide ülserasyonuna karşı olumlu etki oluşturduğu kanıtlanmıştır (Diez-Ozaeta ve Astiazaran, 2022).

Siyah aydan ve zerdealdan üretilen kombucha, *Salmonella Typhi* ile enfekte olmuş deney hayvanlarına verilip etkileri gözlemlenmiştir. Zerdealdaki bileşikler, zerdealdan üretilen kombuchadaki immünomodülatör aktiviteyi arttırabilmektedir. Zerdealdaki fenolik ve kurkumin içeriği, hücre apoptozuna neden olan inflamatuvar yanıtı düzenlemektedir. Dolayısıyla, zerdealdan üretilen kombuchanın *S. Typhi* ile enfekte fareler üzerinde *in vivo* immünomodülatör aktivitesi, siyah çay kombuchada gsterilenlerle karşılaştırıldığında çok daha yüksek bulunmuştur (Zubaidah vd., 2021).

2.8.11. Diğer Terapötik Etkiler

Laktik asit, kombucha çayı fermantasyonu sırasında üretilen organik asitlerden biridir. Kan dolaşımını artırmakta ve konstipasyonu önlemeye yardımcı olmaktadır. Bir yan ürün olarak da üretilen oksalik asit, adenozin trifosfat (ATP) üretimini desteklemektedir. Kombucha matında bulunan bazı bakteriler glukonik asit üretirken mayalar da bütirik asit üretmektedir. Glukonik asit ile bütirik asit birleştiğinde intestinal duvarları güçlendirerek hücresel zarı korumada görevlidir (Watawana vd., 2015a).

Orta miktardaki asetik asit tüketimi mide boşalma süresini yavaşlatıp disakkaridazların etkisini bloke etmektedir. Kandaki glikoz seviyesi düştüğünde, karaciğer ve kaslar tarafından glikoz alımını arttırmaktadır (Emiljanowicz ve Malinowska-Pańczyk, 2020).

Glukuronik asit ayrıca C vitamini biyosentezinde öncü kabul edilmektedir (Özdemir ve Çon, 2017). Kombuchada bulunan glukuronik asit, vücudu hamilelik sırasında faydalı olabilecek östrojen gibi yüksek hormon seviyelerine karşı korumaktadır (Fourre ve Salverda, 2020).

Kombucha, kemoterapötik bir ajanın uygun şekilde imha edilmesini engelleyebilecek bakteriyel β -glukuronidaz enzimine sahiptir. Antibiyotikler bazı kemoterapi ilaçlarının toksisitesini önleyebilir bu da glukouronik asitle ilişkilendirilmekte yani kombuchanın antibiyotik özelliğine atfedilmektedir (Kumar ve Joshi, 2016).

Kombucha, furunküloz, erken damar sertliği, yüksek tansiyon, sinirlilik ve yaşlılık semptomları için bir tedavi olarak önerilmiştir. Kombucha kanı daha asidik hale getirip, gri saçların yeniden koyulaşmasına neden olmaktadır. Aynı zamanda; cildi sıkılaştırır, canlılık verir ve sağlığı güçlendirmektedir (Kumar ve Joshi, 2016).

Rooibos kombucha üzerine yapılan bir çalışmada hücre modelinde oksidatif stresin sınırlama üzerinde önemli ölçüde olumlu etkiler gözlemlenmiştir. Rooibos infüzyonunun hücresel oksidatif stres ve insan dermal fibroblastlarında apoptotik / nekrotik hücre ölümünü azalttığı gösterilmiştir. Bu sonuçlar, rooibosun potansiyel terapötik etkisini ve

yara iyileşmesinde uygulanmasını destekleyen bazı özellikleri vurgulamıştır (Gaggia vd., 2019).

Fermantasyon ile yaban mersininden üretilen kombucha ve fermantasyon işlemine tabi tutulmayan yaban mersini içeceğinin *in vivo* gastro protektif etkilerini kıyaslayan bir çalışma yapılmıştır. Fermantasyon ile yaban mersininden üretilen kombucha, fermente edilmemiş içeceğe kıyasla daha yüksek toplam fenolik bileşikler, tanenler ve antosiyanin değerleri göstermiştir (Barbosa vd., 2022).

Ülserli farelerde yaban mersininden üretilen kombucha ve fermente edilmemiş yaban mersinli içeceklerle müdahale; gıda tüketimini artırmamış ancak toplam ağırlık artışını önemli ölçüde artırmıştır. Sonuçlar, her iki içecek türünün de farelerin beslenme verimliliği ile ilişkili olarak mide ülserinin etkilerini hafifletebileceğini göstermektedir (Barbosa vd., 2022).

Glukuronik asit metabolizmasına olan son ilgi, glukuronik asit konjugasyonunun steroid hormonları ve adrenalın metabolizmasında önemli bir adım olarak karşımıza çıkmaktadır. Raporlar, glukuronik asitin artrit hastalığının tedavisi olacağını göstermektedir (Mousavi vd., 2020).

Kombuchanın doku mühendisliğindeki kan damarları ve kıkırdak yaraları üzerindeki rolü son yıllarda vurgulanmıştır. Kombucha gıda endüstrisinde diyet lifi ve katkı maddesi olarak kullanılabilir. Ayrıca, bilirubin ve fazla steroid hormonları gibi metabolitlerin biyotransformasyonu üzerinde etkisi tespit edilmiştir. Kombucha çayının zararlı maddeleri uzaklaştırma etkisi, vücutta toksin birikiminin eşlik ettiği gut, romatizma, artrit ve böbrek taşlarından kurtulmaya yardımcı olmaktadır (Mousavi vd., 2020).

Kombucha matındaki mevcut bakteriler, bazı maya bazlı enfeksiyonları ve kandidiyazı inhibe edebilen kaprilik asidin parçalanmasıyla glukonik asit üretmektedir (Jayaban vd., 2007). Kombucha çayı fermantasyonunda üretilen organik asitlerden biri olan laktik asit, kan dolaşımını kontrol edip konstipasyonu önlemeye ve bağışıklığı geliştirmeye yardımcı olabilmektedir (Dufresne ve Farnworth, 2000). İçeriğinde bulunan butirik asit ise bağırsak duvarlarını güçlendirmektedir. Ayrıca, çeşitli biyokimyasal ve

histopatolojik incelemelere kombuchanın mide ülseri tedavisinde kullanılabileceğini belirtmiştir (Jayabalan vd., 2014).

2.9. Kombuchanın Kontrendikasyonları ve Potansiyel Sağlık Riskleri

Kombucha, hiponatremi dâhil olmak üzere bir dizi vaka raporunda yer almıştır. İki yıl boyunca her gün kombucha çayı tüketen bir birey toksik hepatit ve insan immün yetmezlik virüsü (HIV) tanısı almıştır. Bir kişide kombucha çayı içtikten sonraki 15 saat içinde hipertermi gözlenmiştir. Kombucha tüketimiyle ilgili olarak bir kişide laktik asidoz ve böbrek yetmezliği vakası görülmüştür. Kombuchanın seramik bir kapta demlenmesi ve tüketilmesi sonucu kurşun zehirlenmesine rastlanılmıştır. Yine kombucha tüketimiyle birlikte; pellegra, alerjik reaksiyon, sarılık, mide bulantısı, kusma, baş ağrısı, boyun ağrısı, hepatotoksisite ve kolestatik hepatit görülmüştür (Kapp ve Sumner, 2019).

Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezlerine (CDC) göre, günlük 100 gram kombucha tüketimi kişi için bir sağlık riski oluşturmamakla birlikte aşırı tüketim (>340 gram günlük) riskli olabilmektedir. Aşırı tüketimle ilgili metabolik asidoz vakaları bildirilmiştir. Bu nedenle, olumsuz reaksiyonlardan kaçınmak için önerilen sınırı bilmek önemlidir.

Birkaç çalışma ise, kombuchanın mide bulantısı, nefes darlığı, boğaz sıkışması, baş ağrısı, baş dönmesi ve sarılığa neden olabileceğini göstermiştir. Bir vaka, iki kişinin alerjik reaksiyon geliştirdiğini, üçüncü bir kişinin sarılık geliştirdiğini ve başka bir kişinin bulantı, kusma, baş ve boyun ağrısı geliştirdiğini ortaya koymuştur (Watawana vd., 2015a). Genel olarak bu vakalar, hazırlama aşamasındaki hijyene dikkat edilmemesi ve içen kişinin vücudunun bağışıklığı (HIV ve akut böbrek yetmezliği) ile ilişkilendirilmiştir. Yine, aynı şekilde bu içeceği depolamak için kullanılan kaplardan ağır metallerin sızmasıyla ve uzun fermentatif süreçler sonucu asiditesi yüksek olan kombucha çaylarının tüketimi ile ilişkilendirilmiştir (Coelho vd., 2020).

Dört HIV pozitif hasta kombucha tüketimiyle birlikte alerjik reaksiyon, bulantı, kusma, boyun ağrısı ve baş ağrısı gibi ikincil etkiler bildirmiştir. Bununla birlikte, kombucha çayı insan sağlığı için toksik olarak ilan edilmemiştir (Leal vd., 2018).

İki hafta boyunca yarım fincan kombucha çayı içen 53 yaşındaki bireyde karaciğer enzimleri yükselmiş ve eritemli papüler döküntülerin akut başlangıcı kaydedilmiştir (Gedela vd.,2016).

Orta yaşlardaki iki kadın, iki ay boyunca evde ürettikleri kombucha çayından dört ons tüketmiştir. Tükettikten sonra şiddetli laktik asidoz, solunum yetmezliği ile hastaneye başvurmuş ve bunlardan biri ölmüştür. Bununla birlikte kombucha çayını bu iki kadınla aynı kaynaktan demleyen en az 115 kişi daha incelenmiştir. Bu kişilerde herhangi kötü bir etki olmamış ve bu kişilerin kombucha çayını tolere ettiği gözlemlenmiştir. Ayrıca; 55 yaşındaki alkolik bir kadın, iki ay boyunca iki bardak kombucha çayı içtikten sonra sarılık, bilirubin ve karaciğer enzimlerinde yükselme şikâyeti ile hastaneye başvurmuştur. Takip eden yedi hafta boyunca çay tüketiminin kesilmesinden sonra laboratuvar değerleri normale dönmüştür (Gedela vd., 2016).

Bir ay boyunca kombucha çayı tüketen 58 yaşındaki bir kadında epi-mide ağrısı, bağırsak paraziti, koyu renkli idrar, kaşıntı ve sarılık gelişmiştir. Bilirubinemi ve yüksek alkalın fosfataz / aminotransferaz oranı nedeniyle kolestatik karaciğer hasarı belirtileri göstermiştir. Ancak; hastalıkların kombucha çayı tüketimi ile doğrudan ilişkisi tespit edilememiştir. Bazı kombucha çayı polifenollerinin nişasta sindirimi ve glikoz emilimi üzerindeki inhibitör etkisi bildirilmiştir. Bu tür bir inhibisyon glisemik kontrol için faydalı olabilirken, dengeli glikoz metabolizmasına sahip kişiler ve yüksek enerjili şeker bazlı takviyelere ihtiyaç duyan kişiler için zararlı olabilmektedir. Tanen içeriği, aynı zamanda, kombucha içen kişilerde, daha az yeme, daha düşük besin sindirilebilirliği, azalmış emilim ve azalmış protein mevcudiyetine neden olarak antinutritional bir faktör olarak karşımıza çıkabilmektedir (Dutta ve Paul, 2019).

Özellikle kombucha çayı ev yapımı olduğunda kültürlerde *Penicillium* ve *Aspergillus* gelişip küf kontaminasyonu gerçekleştirebilmektedir. *Aspergillus* türlerinin kanserojen ve toksijenik etkilere neden olduğu bilinmektedir. Tüm bunlar hesaba katılıp kombuchanın küfle kontamine olabileceği düşünülmeli ve özellikle bağışıklığı zayıflamış kişilerin bunlara dikkat etmesi gerekmektedir (Watawana vd., 2015a).

Uzun süre fermente edilmiş kombucha, oldukça asidiktir ve sindirim sistemini rahatsız edebilmektedir. Bunun nedeni, kombuchadan alınan asetik asidin, alkali oluşturmak için minerallerle reaksiyona girmesi şeklinde ifade edilmiştir. Bu nedenle,

fazla asit vücutta kalsiyum, sodyum, potasyum ve magnezyum gibi önemli iyonik minerallerle reaksiyona girerek bu mineralleri azaltmaktadır. Bu da kombuchanın kullanımına dikkat edilmesi gereken durumlardandır (Chandrakala, Lobo ve Dias, 2019).

Gebe kadınlar için kombuchadaki olası heparin içeriği (glikozaminoglikan bileşeni) kan pıhtılaşma sisteminin proteinlerini inhibe ettiği için bir güvenlik parametresi olarak kontrendike kabul edilmiştir. Analiz edilen örneklerde heparin varlığının kanıtlanmadığı belirtilmiştir, ancak içeceğin tüketilmesi organizmada üretimini destekleyebilir, bu nedenle dikkatli olunmalıdır (Leal vd., 2018).

Gebe kadınlarda diyet yoluyla yüksek asit alınması, gestasyonel diabetes mellitus (GDM) riskini artırmaktadır. Kombucha pH'sı, fermentasyon ilerledikçe azalmaktadır ve tipik olarak 3.0-3.9 pH aralığında sona ermektedir. Düşük pH, yüksek asit içeriğini göstermektedir. Hamilelik sırasında insülin direncinden yüksek oranda asidik bir diyetin sorumlu olduğu, doğrudan glikoz alımını etkilediği ve anneyi GDM için daha büyük risk altında bıraktığı düşünülmektedir (Fourre ve Salverda, 2020).

Bu etkilere rağmen, sağlıklı bireyler tarafından günde yaklaşık 4 oz tüketilirse kombucha çayı zararlı olarak kabul edilmemektedir. Asidik içeriğine nedeniyle düşük pH değerlerine sahip olan kombuchanın fermentasyona bırakıldığı ya da saklandığı kaplardan ağır metallerin sızması, aşırı asidik kombucha çayı tüketimi, bireylerin bağışıklığını düşüren sağlık sorunu olması potansiyel riskler arasındadır (Kapp ve Sumner, 2019).

2.10. Kombuchanın Kritik Kontrol Noktaları ve HACCP

Tehlike Analizleri ve Kritik Kontrol Noktaları (HACCP) ilkelerini kullanarak, tüketicileri evde kombucha çayı hazırlarken uymaları gereken güvenli uygulamalar hakkında bilgilendirmek amacıyla, kombuchanın evde hazırlanmasına yönelik bir tehlike analizi ana hatlarıyla belirtilmiştir. Kombucha çayı hazırlama ve tüketimi açısından biyolojik, kimyasal, fiziksel ve alerjenik tehlikeler ile önerilen önleyici tedbirler anlatılmıştır (Murphy, Walia ve Farber, 2018). Tablo 2.3'te kombuchanın tehlike analizleri ve alınacak tedbirler gösterilmiştir (Nummer, 2013).

Tablo 2.3. Kombuchanın tehlike analizleri ve alınacak tedbirler

Adım	Tanım	Tehlikeler	Tedbirler
1	Suyu kaynatın.	İçme suyu tehlike içermemelidir.	Kaynar su bitkisel patojenleri öldürür.
2	Çay ve şekeri ekleyip 10 dakika demleyin.	Biyolojik: Spor oluşturucular ısı şokuna maruz kalabilir ve çimlenebilir.	<i>Clostridium perfringens</i> ve <i>Bacillus cereus</i> pH ≤ 5 'te iyi gelişmez veya hiç gelişmez. pH 4.7'ye kadar <i>Clostridium botulinum</i> gelişebilir. Aktif bir fermentasyon kültürünün eklenmesi, gelişmeyi önlemek için spor oluşturucuları geride bırakacaktır.
3	Çay yapraklarını çıkarın ve soğutun.	Biyolojik: Çapraz kontaminasyon.	Temiz ve sterilize edilmiş mutfak eşyaları kullanın. Kabı temiz ve sterilize edilmiş gözenekli bir bezle örtün. pH ≤ 5 olduğunda <i>C. perfringens</i> gelişmesi önlenecektir.
4	%10 aşılama ekleyin.	Biyolojik: Küf veya vahşi kültür çapraz kontaminasyonu.	İlk kullanımda ticari olarak satın alınmış bir kültürü kullanın. Yalnızca hiçbir küf veya olağandışı kontaminasyon belirtisi göstermeyen kombucha çayı kültürünü yeniden kullanın. Aside dirençli patojenlerin potansiyelini en aza indirmek için yeniden kullanılan kültürün pH'ı $\leq 4,2$ olmalıdır.
5	Odasıcaklığında 7–10 gün fermente edin.	Biyolojik: Patojen, küf veya vahşi kültür büyümesi. Kimyasal: Asetik asit metali sızdırabilir.	Asetik asit üretimini pH $\leq 4,2$ 'ye getirmek için aerobik olarak (hava varlığında) fermente edin. Son nokta pH 2.5'tir. Güvenli, metalik olmayan gıda sınıfı bir kapta fermente edin.
6	Kapalı olarak soğutun.	Biyolojik: Aşırı fermentasyon asetik asidi tehlikeli seviyelere çıkarabilir. Fermentasyon yavaşladıkça küflenme potansiyeli artar.	Gıda güvenliği için pH $\leq 4,2$ 'de soğutma gerekli değildir, ancak kalite ve küflerden bozulmayı önlemek için kullanılmalıdır. Soğutulmuş kombucha, tercihen sıkıca oturan bir kapakla kapatılmalıdır. Bu şekilde, az miktarda karbondioksit birikecek ve küf oluşumunu en aza indirecektir.
7	Kültür kütlesini filtreleyin,kaldırın.	Biyolojik: Çapraz kontaminasyon	Temiz ve sterilize edilmiş mutfak eşyaları kullanın.

Tablo 2.1. (Devam) Kombuchanın tehlike analizleri ve alınacak tedbirler

Adım	Tanım	Tehlikeler	Tedbirler
8	Seçenek 1: tesiste tüketin.	Kimyasal: asidoz veya asit yutma potansiyeli mevcuttur. Kűf varsa mikotoksinler oluşabilir.	pH bitiş noktası $\geq 2,5$ olmalıdır. Aşırı fermantasyon, asetik asidi tehlikeli seviyelere çıkarabilir. Tüketiciler 4 oz'dan fazla olmadığı konusunda bilgilendirilmelidir.
9	Seçenek perakende için paket.	2: Biyolojik: Kűf veya mayalarla bozulma. Aşırı asetik asit üreten aşırı fermantasyon.	Seçenek: Pastörize edin—82°C sıcaklıkta temiz kaplara sıcak doldurun. Kapatın ve 15 saniye ters çevirin. Seçenek 2: Ambalajı herhangi bir sıcaklıkta doldurun ve kűf oluşumunu, aşırı asetik asit veya aşırı karbondioksit oluşumunu önleyen bir raf ömrűyle buzdolabında saklayın. Seçenek 3: Seçenek 2 ile aynı, ancak kűf oluşumunu önlemek için %0.1 sodyum benzoat ve %0.1 potasyum sorbat ekleyin.
10	Seçenek etiketleme.	2: Kimyasal: asidoz veya asit yutma potansiyeli mevcuttur.	Tüketiciler 120 ml'den fazla olmadığı konusunda bilgilendirilmelidir. Gűnde tavsiye edilir ve bağışıklığı baskılanmamalıdır. Ayrıca az miktarda alkol bulunabileceği konusunda bilgilendirilmelidirler.

2.10.1. Biyolojik Tehlikeler

Kombucha ayı, gıda kaynaklı hastalıkların potansiyel bir nedeni olarak yaygın olarak düşünűlme de, hazırlık boyunca belirli adımlar uygun şekilde gerçekleştirilmezse patojenlere maruz kalmaktadır (FDA, 2009). Üretim aşamasında karşımıza çıkabilecek olan biyolojik tehlikelere bakıldığında *Clostridium botulinum*, *Salmonella* spp. gibi gıda kaynaklı patojenler veya birçok farklı noktada besin zincirine girebilen *Listeria monocytogenes* yer alabilmektedir (CDC, 2009). Bazı patojenler kurutulmuş baharat, kuruyemiş, çay gibi düşük nemli yiyecek ve içeceklerde hayatta kalıp karşımıza salgınla ilişkili risk faktörü olarak çıkmaktadır (Parto, 2015).

Kombucha ayı hazırlamanın ilk adımı 1 litre suyu 100°C'de 1 dakika kaynatmaktır (Dutta ve Paul, 2019). Bu kaynatma basamağı, sudaki herhangi bir potansiyel patojeni (yani *Campylobacter*, *Salmonella* vb.) ortadan kaldırarak veya inaktive ederek önleyici ilk kritik kontrol noktası görevi görmektedir (CDC, 2009).

Kombuchanın hazırlanması için ikinci kritik kontrol noktası, fermantasyondur; burada pH 7-10 günlük bir fermantasyon süresi içinde yaklaşık ≤ 5 'ten yaklaşık 2.5'lik bir

nihai pH'a düşmektedir (Murphy, Walia ve Farber, 2018). Bu düşüş esnasında her partiye kombucha ekleyerek pH'ı hızla düşürmek, diğer zararlı organizmalardan kontaminasyon riskini azalmaktadır (Greenwalt, Steinkraus ve Ledford2000).

Kombuchanın oda sıcaklığına soğumasına izin verilmesini içeren ve fermantasyon süresi olan adım kontaminasyona en duyarlı adım olduğu söylenmiştir ve bu nedenle her ikisi de kritik kontrol noktaları olarak kabul edilmiştir. Kombucha'nın oda sıcaklığına soğutulmasının *C. perfringens* gibi patojenlerin gelişmesini önlemeyebilmek için 2 saatten uzun sürmemesi gerektiği de eklenmiştir (BCCDC, 2015).

Küf kontaminasyonu belirtileri gösteriyorsa (yeşil, siyah, kahverengi, mavi, gri veya beyaz renk), SCOBY'nin bazen düzensiz şekilli yüzeyiyle karıştırılmamalıdır ve derhal atılmalıdır (Murphy, Walia ve Farber2018).

2.10.2. Kimyasal Tehlikeler

Kimyasal kontaminasyonu önlemek için bir cam saklama kabının (cam kavanoz veya cam şişe) kullanımı belirtilmektedir. Altı ay boyunca kombucha çayını seramik bir kapta hazırlayan evli bir çiftte semptomatik kurşun zehirlenmesine maruz kalmıştır (Phan vd., 1998).

Seramiklerin çoğu, kombucha çayı demlenirken herhangi bir tehlike oluşturmayacak çok düşük seviyelerde kurşun içermektedir. Bununla birlikte, Kombucha bunlarda uzun süre demlenirse, çayda yüksek miktarlarda kurşun çözünmektedir. Kurşun gibi toksik elementlerin içeceğe sızmasını önlemek için kombucha çayının hazırlanmasında ve saklanması cam kapların kullanılması önem taşımaktadır (Watawana vd., 2015a).

Bir diğer kimyasal tehlike kombuchanın aşırı alkol içermemesidir. British Columbia Liquor Control and Distribution' a göre içeceklerde maksimum %1 etanol olmasına izin verilmektedir. Kombuchada ise fermantasyonun paketlemeden sonra bile devam etme olasılığı vardır. Kombuchanın alkol oranının %1'i geçmemesi için alkol oranı takip edilmelidir. Bu nedenle alkol testinin günlük kayıtları tutulmalıdır. Kombucha çayı ürününün pastörizasyonu, %0.1 sodyum benzoat ve % 0.1 potasyum sorbat ilavesiyle

birlikte maya aktivitesini durdurabilir ve böylece aşırı alkol ve karbondioksit üretimini önleyebilmektedir (Murphy, Walia ve Farber2018).

2.10.3. Fiziksel Tehlikeler

Kombucha çayının hazırlanmasından kaynaklanan birincil fiziksel tehlikeler, çayı yapan kişi tarafından sunulan yabancı madde, seçilen çay substratından yabancı madde ve evde depolama için seçilen kaptaki yabancı maddelerdir. Çayın (yani siyah, yeşil veya oolong çayı) substratının görsel olarak incelenmesi tavsiye edilmektedir, çünkü işleme sırasında istenmeyen yapraklar veya ince dallar bulunabilmektedir (Nummer, 2013).

Yine, cam kabın yapısının sağlam olduğundan ve önceki kullanımdan camda herhangi bir kırılma veya çatlak olmadığından emin olmak için saklama kabının görsel muayenesi gereklidir. Evde hazırlık sürecinde ticari bir mutfığa göre daha az potansiyel fiziksel tehlike olduğu açıktır; ancak, önlemler ve önleyici tedbirler koruma olarak kullanılmalıdır (Nummer, 2013).

Kombuchanın üretildiği kap sadece gazlı bezle kapatılmalı ve hava ile temasa izin vermek için asla tamamen kapatılmamalı, ancak sinekler ve sporların kaba geçişi önlenmelidir. Yeterli oksijenin mevcut olması için kapta üst boşluğunun ayrılması da önemlidir. Ayrıca; hava ile daha fazla temas olması için geniş ağızlı kapların kullanılması tavsiye edilmektedir ve SCOBY'nin daha sonra kullanımı için çıkarılması kolaylaşmaktadır (Coelho vd., 2020). Herhangi bir olumsuz yan etkinin üstesinden gelmek için kombucha çayındaki anormal koku veya renk gelişimine dikkat etmek önem taşımaktadır (Watawana vd., 2015a).

2.11. Kombucha Mevzuatı

Amerika Birleşik Devletleri'nde fermente içecekler ve asitlendirilmiş konserve yiyecekler FDA düzenlemesinden muaftır, bu nedenle kombucha için özel bir mevzuat yoktur. Ancak, "özel bir süreç" ile elde edilen fermente bir içecek olarak tanımlanır ve bunu elde etmek için üreticinin bir Risk Analizi ve Kritik Kontrol Noktası - HACCP planı sunması gerekmektedir (Coelho vd., 2020).

Bu nedenle, süreci kontrol etmek ve içecek tüketicileri için gıda güvenliğini sağlamak için, kombucha üretimi ve paketlemesi için yönergeler içeren bir belge

yayınlanmıştır. Bu yönergelere göre, kombuchanın pH'sı fermentasyon süreci boyunca izlenmeli ve mikrobiyolojik kontaminasyonu ve asidozu önlemek için sırasıyla 4.2'den yüksek ve 2.5'ten düşük olmamalıdır. Tüketici şu konularda uyarılmalıdır: günlük tüketim limiti günde 4 ons'u geçmemelidir ve düşük olsa bile olası alkol konsantrasyonları varlığı ile ilgili olarak bağıışıklığı zayıflamış bireylere dikkat edilmelidir (Coelho vd., 2020).

İçeceğin alkol içeriğı ile ilgili olarak, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) (TTB, 2015) konsantrasyonun hacimce %0.5'ten az olmasını şart koşmaktadır. Aksi takdirde, içecek alkolü olarak sınıflandırılmaktadır ve bu kısımla ilgili özel düzenlemelere tabi tutulmaktadır (Dutta ve Paul, 2019).

Alkol içeriğı %0.5'in altında olması şartına uyulduktan sonra paketleme ve şişelemeden sonra kalan fermentasyondan sonra bile alkolsüz içecek olarak satılmalıdır. Bu tür şişeleme sonrası fermentasyonu, durdurmak için kombucha çayı 82 °C'de 15 saniye pastörize edilebilmektedir (Dutta ve Paul, 2019).

ABD'de pazarlanan 18 kombucha markasının alkol içeriğı değerlendirilmiştir. Alkol seviyelerinin %1.12 ile 2.00 arasında değıştiğı bulunmuştur, bu da değerlendirilen tüm içeceklerin alkolsüz içecekler için Amerikan yönetmeliğinin sınırını aştığını göstermektedir. Farklı kombucha içeceklerinde belirlenen alkol konsantrasyonu, çay mantarının mikrobiyal bileşiminin değışimi, şeker konsantrasyonu ve fermentasyon koşulları dâhil olmak üzere farklı üretim prosedürleri nedeniyle farklılık göstermektedir (Talebi vd., 2017).

Şişelendikten sonra bile içeceğin fermente olmaya devam edebileceğı ve bunun alkol içeriğinde %3'e kadar artışa neden olabileceğı konusunda uyarılar karşımıza çıkmaktadır. Çünkü; mikroorganizmalar kabın içinde şekerleri fermente edip alkol ve karbondioksit üretmeye devam etmektedir. Biriken karbondioksit alkolün asetik aside dönüşmesini engellemektedir (Nummer, 2013).

Brezilya, kombucha için özel mevzuata sahip dünyadaki tek ülkedir. Yakın zamanda, Tarım, Hayvancılık ve Tedarik Bakanlığı tarafından kurulan 17 Eylül 2019 tarih ve 41 sayılı Normatif Talimat ile ulusal topraklarda kombuchanın özellikleri ve kalite standartları tanımlanmıştır. Bu mevzuat tanım, sınıflandırma, etiketleme, analitik

parametreler, bileşim (zorunlu ve isteğe bağlı bileşenler) ile kombuchanın üretimi ve ticarileştirilmesi ile ilgili yasakları içermektedir (Brasil, 2019).

ABD'de olduğu gibi, Brezilya'da hacimce %0.6–8.0 alkol içeren bir içecek alkollü olarak kabul edilmektedir ve etiketteki içeceğin alkol içeriği için zorunludur. Alkolsüz kombucha çayında bile (%0.5'ten az alkol), alkol konsantrasyonu %0.05 sınırını aştığında etikette belirtilmelidir (Brasil, 2019).

Tebliğde kombuchanın pH'sının 2.5-4.2 ve uçucu asit içeriği 30-130 mEq/L arasında olması gerektiği yazılmıştır. Üretimde meyve posası, sebze özütü, baharat ve bal izin verilen katkı maddeleri olarak yer almaktadır (Brasil, 2019).



3. YÖNTEM

3.1. Araştırma Modeli

Bu çalışmada; Akdeniz ve Ege bölgelerinde yetişen, yöre halkı tarafından tüketilen bitkilerden kombucha üretilmiştir. Araştırma; fermantasyon boyunca bu bitkilerden üretilen kombuchaların fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve antioksidan özelliklerinin incelenmesi, farklı substrat kullanımının bu özellikler üzerine etkisinin belirlenmesi, elde edilen ürünlerin karakteristiklerinin tespit edilmesi ve literatüre kazandırılması ile sağlıklı beslenme konusunda artan tüketici taleplerini karşılamak için gıda endüstrisine alternatif bir ürün sunmak amacıyla deneysel bir çalışma olarak tasarlanmıştır.

3.2. Araştırma Evren ve Örneklemi/Araştırma Materyali

3.2.1. Gıda Örnekleri

Bu çalışmada kombuchanın içeriğini geliştirmek için kullanılan bitkiler; siyah çay, adaçayı, biberiye, defne yaprağı, ısırgan, kantaron, karabaş, keçiboynuzu, kekik, melisa ve zeytin yaprağıdır. Adaçayı (*Salvia officinalis*), biberiye (*Rosmarinus officinalis* L), defne yaprağı (*Laurus Nobilis*), ısırgan (*Urtica dioica*), kantaron (*Hypericum perforatum*), karabaş (*Lavandula stoechas*), keçiboynuzu (*Ceratonia siliqua* L), kekik (*Thymus vulgaris* L.), melisa (*Melissa officinalis*) ve zeytin yaprağı (*Olea europaea* L.) Aydın ilinde bulunan yerel bir aktardan (Kardeşler Baharat) temin edilmiştir. Kontrol örneği olarak kullanılan siyah çay (Akfa, Akfa Çay Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi, Giresun), su (Assu, Askale İçecek Üretim Pazarlama A.Ş., Bolu) ve şeker (Bal küpü, Keskinkılıç Gıda San. ve Tic. A.Ş., Gebze/İstanbul) yerel bir marketten satın alınmıştır. Kombucha üretiminde kullanılan bitkiler Resim 3.1’ de gösterilmiştir.



(a) Siyah Çay, (b) Adaçayı, (c) Kekik, (d) Zeytin Yaprığı, (e) Kantaron, (f) Biberiye, (g) Keçiboynuzu, (h) Defne Yaprığı, (i) Karabaş, (j) Melisa, (k) Isırgan.

Resim 3.1. Kombucha üretiminde kullanılan bitkiler

3.2.2. Ticari Starter Kültür

Starter kültür olarak ticari bir firmadan (Kombuçça, Neşetoğulları Gıda San. Paz. ve Tic. Ltd. Şti., İstanbul) temin edilmiştir. Kombucha kültürünün içerisinde toplam mezofilik aerobik bakteri 5.82 ± 0.06 log kob/g, toplam maya küf 4.88 ± 0.65 log kob/g, asetik asit bakterisi 5.25 ± 0.16 log kob/g, *Lactobacillus* ssp. 8.00 ± 0.55 log kob/g ve *Lactococcus* ssp. 7.00 ± 0.07 log kob/g şeklinde tespit edilmiştir. Bu kültür, buzdolabında sıcaklığında ($+4^{\circ}\text{C}$) depolanmıştır.

3.3. Veri Toplama Araçları

Bu çalışma için veri toplama amacıyla kullanılan kimyasallar, besiyerleri, cihazlara ve malzemelere ait bilgiler Tablo 3.1, Tablo 3.2 ve Tablo 3.3'te sunulmuştur.

Tablo 3.1. Analizlerde kullanılan kimyasal maddeler

Kimyasal	Kod	Marka	Ülke
ABTS (C ₁₈ H ₁₈ N ₄ O ₆ S ₄)	W20H023	Alfa Aesar	Amerika Birleşik Devletleri (ABD)
Agar (C ₁₄ H ₂₄ O ₉)	0058391	Biokar	Fransa
Bakır (II) Sülfat Pentahidrat (CuSO ₄ 5H ₂ O)	LS2523812AGW	Isolab	Almanya
Bovine serum albümin (BSA)	A2153	Sigma Aldrich	Almanya
Bromocresol green	DKL892	BLD pharm	Çin
(C ₂₁ H ₁₄ Br ₄ O ₅ S)			
Demir (III) klorür hekza hidrat (FeCl ₃ 6H ₂ O)	1.03943.0250	Supelco	Almanya
Etil Alkol (C ₂ H ₅ OH)	070222185001	Tekkim	Türkiye
Fenol (C ₆ H ₆ O)	959.045.1000	Isolab	Almanya
Fenolftalein (C ₂₀ H ₁₄ O ₄)	TK.9300 4.0 0102	Tekkim	Türkiye
Folin-Ciocaltue (Li ₂ SO ₄ , HCH ₃ PO ₄ , Na ₂ WO ₄ , Br)	T107250E	Carlo Erba	Fransa
Gallik asit (C ₆ H ₂ (OH) ₃ CO ₂ H)	V7E528109D	Carlo Erba	Fransa
Glasiyel asetik asit (CH ₃ COOH)	TK.010030.05001	Tekkim	Türkiye
Sodyum asetat trihidrat (CH ₃ COONa3H ₂ O)	TK.170500.01002	Tekkim	Türkiye
Sodyum hidroksit (NaOH)	TK.170511.01002	Tekkim	Türkiye
Sodyum karbonat (Na ₂ CO ₃)	TK.170530.01002	Tekkim	Türkiye
Sülfirik asit (H ₂ SO ₄)	TK.170581.02501	Tekkim	Türkiye
Tartarik Asit (C ₄ H ₆ O ₆)	V9B095039L	Carlo Erba	Fransa
TPTZ (C ₁₈ H ₁₂ N ₆)	T0530	Tokyo Chemical Industry	Japonya
Troloks (C ₁₄ H ₁₈ O ₄)	BHM-828380-1G	Bostonchem	ABD

Tablo 3.2. Analizlerde kullanılan besiyerleri

Besiyeri	Kod	Marka	Ülke
Bacteriological Peptone	LP0037	Oxoid	İngiltere
de Man Rogosa and Sharpe	BK089HA	Biokar	Fransa
M-17	BK088HA	Biokar	Fransa
Potato Dextrose Agar	208041	Condalab	İspanya
Plate Count Agar	1.05463.0500	Merck	Almanya

Tablo 3.3. Analizlerde kullanılan cihazlar

Cihaz	Kod	Marka	Ülke
Buzdolabı	SN463MERA	Vestel	Türkiye
Çeker Ocak	CFH-150(İ)	İldam	Türkiye
Ekim kabini	Class II A2, GKB-1800	İldam	Türkiye
Etüv	İLD-EKH-55	İldam	Türkiye
Hassas Terazi	SC-200	Daihan Biomedical	Çin
Isıtıcı Manyetik	SH-4	İsotex	Türkiye
Karıştırıcı			
İnkübatör	Thermo Stable IG105	Daihan scientific	Kore
Kül fırını	PLF 110/6	Protherm Furnaces	Türkiye
Koloni Sayacı	R570004866	Biocote	ABD
Otoklav	CL-40	ALPCO	Japonya
pH-Metre	Five easy plus FP20	MettlerToledo	Çin
Refraktometre	BX90	ATC	Çin
Spektrofotometre	Cary 60 UV-Vis	Agilent	Malezya
Su Banyosu	SH-WB-22GDN	Samheung Energy	Kore
Vortex Cihazı			

3.4. Veri Toplama Süreci

Bu çalışmanın veri toplama süreci, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fethiye Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Laboratuvarında, danışman Dr. Öğr. Üyesi Nilgün ÖNCÜL'ün gözetiminde gerçekleştirilmiştir (Ek-2).

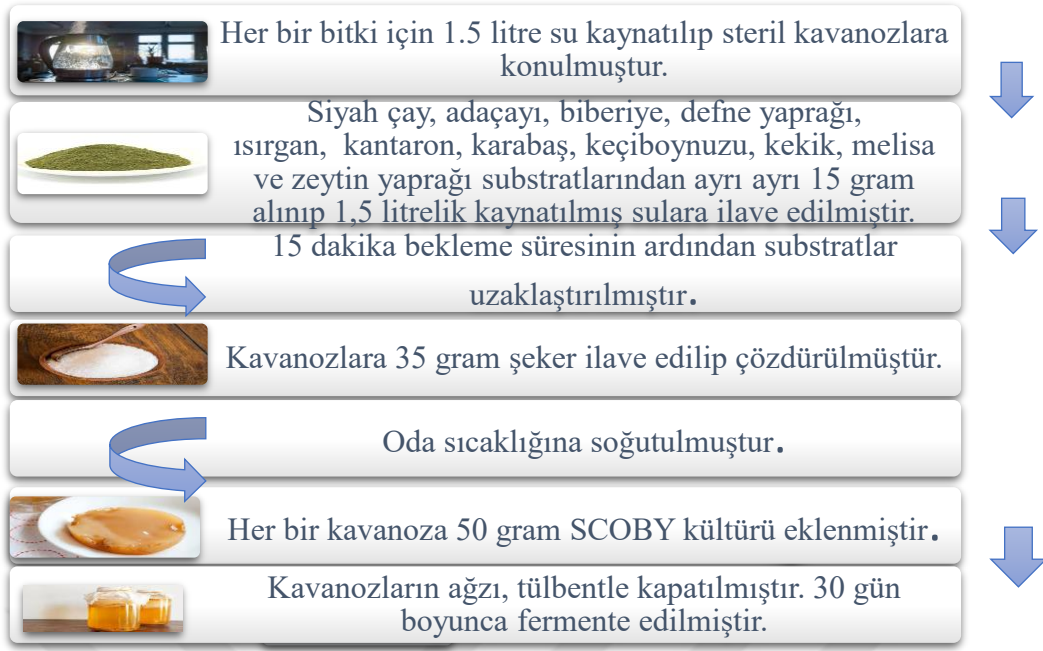
Siyah çay, adaçayı, biberiye, defne yaprağı, ısırgan, kantaron, karabaş, keçiboynuzu, kekik, melisa ve zeytin yaprağından üretilen kombuchaların oda sıcaklığında 30 günlük fermentasyon süresi boyunca (1, 15 ve 30. gün) fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve antioksidan analizleri gerçekleştirilmiştir.

3.5. Deneysel Kurgu

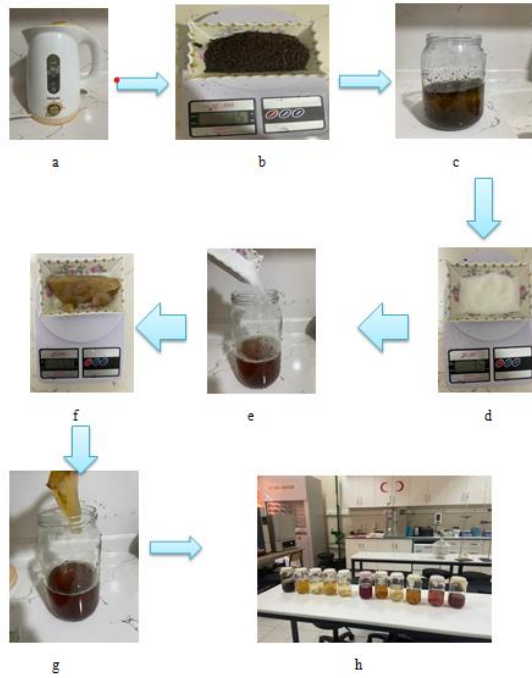
Bu çalışma; farklı bitkilerden kombucha çaylarının üretilmesi, fermentasyon boyunca kombucha çaylarının fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve antioksidan özelliklerinin belirlenmesi şeklinde dört kısımdan oluşmaktadır. Çalışma planına ilişkin ayrıntılı yöntemler aşağıda sunulmuştur:

3.5.1. Kombucha Çaylarının Üretilmesi

Kombucha çaylarına ait üretim akış şeması Şekil 3.1’de gösterilmektedir. Her bir bitki için 1.5 litre su kaynatılıp steril kavanozlara konulmuştur. Siyah çay, adaçayı, biberiye, defne yaprağı, ısırgan, kantaron, karabaş, keçiboynuzu, kekik, melisa ve zeytin yaprağı substratlarından ayrı ayrı 15 gram alınıp kaynatılmış suya ilave edilmiştir. 15 dakika bekleme süresinin ardından substratlar uzaklaştırılmıştır. Kavanozlara 35 gram şeker ilave edilip çözdürülmüştür. Sonrasında oda sıcaklığına soğutulmuştur. Ardından, her bir kavanoza 50 gram SCOBY kültürü eklenmiştir. Kavanozların ağzı, tülbentle kapatılmıştır. Bu şekilde hazırlanan karışımlar, 24°C’de 30 gün boyunca fermentasyona bırakılmıştır. Fermentasyonun 1, 15 ve 30. günlerinde örnekler alınarak fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve antioksidan analizleri gerçekleştirilmiştir (Tarhan, 2017; Dutta ve Paul, 2019; Kayışoğlu Düşgün ve Coşkun, 2021). Kombucha çaylarının üretimine ait görseller Şekil 3.2’de sunulmuştur.



Şekil 3.1. Kombucha çaylarının üretim akış şeması



*(a) Kombucha Üretimi İçin Suyun Kaynatılması, (b) Bitkilerin Tartımı, (c) Demlenme, (d) Şeker Tartımı, (e) Tartılan Şekerin İlavesi, (f) SCOBY Tartımı, (g) Tartılan SCOBY'nin Eklenmesi, (h) Kavanozların Tülbentle Kapatılması.

Şekil 3.2. Kombucha üretimine ait görseller

3.5.2. Kombucha Çaylarının Fizikokimyasal Özellikleri

Örneklerin bazı besin bileşenlerinin ve kalite parametrelerinin takibi için çeşitli fizikokimyasal özellikler tespit edilmiştir. Bu amaçla; pH, titrasyon asitliği, toplam kuru

madde, toplam kül, protein, karbonhidrat ve suda çözünür kuru madde analizleri yapılmıştır.

pH tayini

Uygun tampon çözeltiler (pH:4.01 ve pH:7) buzdolabından çıkartılıp 15 dakika boyunca oda sıcaklığında bekletilmiştir. Süre dolduktan sonra pH metre bu tampon çözeltiler ile kalibre edilmiştir. pH metrenin probu her bir örneğe sırasıyla daldırılarak pH tayini yapılmıştır (AOAC, 1995). pH tayinine ait görsel Resim 3.2’de gösterilmiştir.



Resim 3.2. pH tayini

Titrasyon asitliği tayini

Her bir örnekten 10 ml alınmıştır. 10 ml örneğin üzerine 100 ml saf su konulmuştur. Pastör pipetiyle her bir örneğe 3 damla fenolftalein damlatılmıştır. Her bir örnekte, pembe renk görünene kadar 0.1 N NaOH ile titrasyon gerçekleştirilmiştir. Sarfiyat tespit edilerek sonuçlar asetik asit cinsinden aşağıdaki ‘Eşitlik 1’ örneğindeki gibi hesaplanmıştır (AOAC, 1995). Titrasyon asitliği tayininde kullanılan çözeltiler Ek 1.1.’de verilmiştir. Titrasyon asitliğine ait görsel Resim 3.3’te verilmiştir.

Eşitlik 1. Titrasyon Asitliği Hesaplanması

$$\% \text{ Titrasyon Asitliği} = \frac{V \times f \times E \times 100}{M}$$

V = Titrasyonda harcanan 0.1 N NaOH miktarı (mL)

f = Titrasyonda kullanılan baz çözeltinin normalitesi (N)

E = 1 mL 0.1 N NaOH’ in eşdeğer asit miktarı (g)

M = Titre edilen örneğin gerçek miktarı (mL)



Resim 3.3. Titrasyon Asitliği Tayini

Toplam kuru madde tayini

Örneklerin kuru madde oranları gravimetrik yöntemle belirlenmiştir (AOAC, 1997). Kuru madde tartımı yapılacak kaplar öncelikle 105 °C’ye ayarlanmış etüvde sabit tartıma gelene kadar bekletilmiştir. Ardından, desikatöre konulmuş ve soğumaları sağlandıktan sonra daraları alınmıştır. Her bir örnekten 3 gr tartılmıştır. Örnek içeren kuru madde kapları sabit tartıma gelene kadar 105°C etüvde tutulmuştur. Desikatörde soğutulan kuru madde kapları tartılmıştır. Sonuçlar ‘Eşitlik 2’de olduğu gibi hesaplanmış ve % olarak belirlenmiştir.

Eşitlik 2: Kuru madde oranının hesaplanması

$$\text{Kuru Madde} = (\text{Son Tartım} - \text{Dara}) / \text{Örnek Miktarı} \times 100$$

Toplam kül tayini

Kül tayini için kullanılacak krozeler, öncelikle 105°C’de sabit tartıma getirilmiştir. Her bir örnekten 3 gr tartılmıştır. Devamında bu örnekler çeker ocak içerisinde ısıtıcı tablada yakılmıştır. Yakılan örnekler kül fırınına yerleştirilmiştir. Kül fırınında sıcaklık kademeli olarak 550°C’ye çıkarılmıştır. Beyaz renkli kül elde edilene kadar yakma işlemine devam edilmiştir. Yakma işlemi tamamlanmasıyla desikatöre alınan örnekler tartılarak kül oranları % olarak hesaplanmıştır (AOAC, 1997). Sonuçlar ‘Eşitlik 3’te olduğu gibi hesaplanmıştır. Resim 3.3’te kül tayininden bir kesit verilmiştir.

Eşitlik 3. Kül miktarının hesaplanması

$$\text{Kül} = (\text{Ölçüm Sonucu Son Tartım} - \text{Dara}) / \text{Örnek Miktarı} \times 100$$



Resim 3.3. Kül tayini esnasında örneklerin yakılması

Protein tayini

Ürünlerin protein analizleri Biuret yöntemine göre gerçekleştirilmiştir (Gornall vd., 1949). Her bir örnekten dilüsyon tüplerine 1 ml örnek alınmıştır. Kör 1 ml saf su ile hazırlanmıştır. Örneklerin ve körün üzerine 4 ml biuret reaktifi eklenmiştir. Oda sıcaklığında 25 dakika bekletildikten sonra spektrofotometrede 550 nm’de okutulmuştur. Standart çözeltilerine de aynı işlem basamakları uygulanmıştır. Standart olarak Bovine Serum Albumin kullanılmıştır. Protein tayini için kullanılan çözeltiler ve hazırlanışı Ek-3.1.2’de verilmiştir.

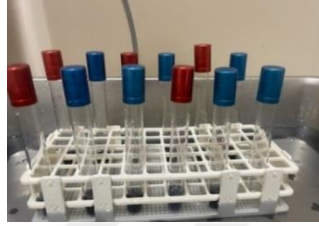
Suda Çözünür kuru madde (briks) tayini

Ürünlerin suda çözünen kuru madde içerikleri refraktometre ile tespit edilmiştir (AOAC, 1975). Sırasıyla her bir örnekten birkaç damla alınıp refraktometrenin prizmasına damlatılmıştır. Refraktometre ışık kaynağına doğru tutulduktan sonra değerler okunmuştur.

Toplam karbonhidrat tayini

Her bir örnekten dilüsyon tüplerine 1 ml alınmıştır. Örneklerin üzerine 5 ml 2.5 N HCl eklenmiş ve 10 sn boyunca karıştırılmıştır. 95°C’ye ayarlanmış saf su banyosunda 3 saat boyunca bekletilmiştir. 3 saatin sonunda hızlı bir şekilde 1°C’ye soğutulmuştur. Ardından, her bir örneğe 750 µl %40 NaOH eklenmiş ve 10 sn’lik sürelerle 5 defa karıştırılmıştır. Karıştırılan örnekler, dilüsyon tüplerinden 100 ml’lik balon jöjeye aktarılmıştır. Örneklerin üzerine balon jöjenin çizgisine kadar saf su eklenmiştir. Sonrasında her bir balon jöjeden 600 µl örnek alınıp dilüsyon tüplerine aktarılmıştır. Bu örneklerin üzerine 600 µl %5’lik fenol eklenip 30 sn boyunca karıştırılmıştır. Üzerine 3 ml konsantre H₂SO₄ eklenen örnekler tekrar 30 sn boyunca karıştırıldıktan sonra 80°C’ye ayarlanmış saf su banyosunda 30 dakika boyunca bekletilmiştir (Resim 3.4). Süre sonunda spektrofotometrede 490 nm’de okuma yapılmıştır. Standart çözeltilerden elde

edilen denkleme göre örneklerin toplam karbonhidrat içerikleri gerekli seyreltmeler de dikkate alınarak hesaplanmıştır (Taylor, 1995). Standart hazırlanırken önce 0.1 gr glikoz hassas terazide tartılıp 100 ml'lik balon jojeye eklenmiştir. Balon joje çizgisine kadar saf su ile tamamlanarak stok çözelti elde edilmiştir. Hazırlanan standart çözeltilerine, örnekler ile aynı işlem uygulanmıştır. Toplam karbonhidrat tayini için gerekli çözeltiler ve hazırlanışı Ek-3.1.3'te verilmiştir..



Resim 3.4. Örneklerin su banyosunda bekletilmesi

3.5.3. Kombucha Çaylarının Mikrobiyolojik Özellikleri

Kombucha çaylarında fermentasyonun 1, 15 ve 30. günlerinde örnekler alınarak toplam mezofilik aerobik bakteri, toplam maya küf sayımı, asetik asit bakteri, *Lactobacillus* spp. ve *Lactococcus* spp. sayımı yapılmıştır.

Örneklerin mikrobiyolojik analizler için hazırlanması

Aseptik koşullarda 10 ml kombucha örneği alınmış ve 90 ml peptonlu su (%0.1) ile karıştırılmıştır (Ek-3.1.4.). Hazırlanan homojenizattan %0.1'lik peptonlu su kullanılarak desimal dilüsyonlar yapılmıştır (ISO 6887-1, 2017) (Ek 3.1.4). Resim 3.5'te mikrobiyolojik analizde kullanılan besiyerleri gösterilmiştir.



Resim 3.5. Mikrobiyolojik analizde kullanılan besiyerleri

Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayımı

Hazırlanan dilüsyonlardan Plate Count Agar (PCA) içeren petrilere yayma plak yöntemiyle ekimler yapılmış ve petri kutuları $35\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de 48 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda 25-250 arasında koloni içeren kültürler değerlendirmeye alınmış ve sonuçlar log kob/mL olarak sunulmuştur (FDA-BAM online, 2020).

Toplam maya-küf sayımı

%10 tartarik asit içeren Potato Dextrose Agar (PDA) steril besiyeri kullanılmıştır. Hazırlanmış dilüsyonlardan yayma plak yöntemi ile ekimler yapılmış ve $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de 5 gün süre ile inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda gelişen tipik maya ve küf kolonileri sayılıp sonuçlar log kob/mL olarak ifade edilmiştir (FDA-BAM online, 2017) (Ek 3.1.4).

Asetik asit bakteri sayımı

Asetik asit bakteri sayımında Carr ve Passmore (1979)'ün önerdiği asetik asit besiyeri (AAB) modifiye edilerek kullanılmıştır. AAB agar besiyeri %3 maya ekstraktı, %0.02 bromocresol green (BCG), %2 etanol, %2.5 mannitol ve %1.5 agar içerecek şekilde hazırlanmıştır. Petriler 30°C 'de 1-5 gün inkübe edilmiş ve gelişen koloniler sayılarak sonuçlar log kob/mL olarak verilmiştir.

Lactobacillus ssp. sayımı

Lactobacillus ssp. sayımı için de Man Rogosa and Sharpe (MRS) besiyeri kullanılmıştır. Hazırlanan dilüsyonlardan 0.1 mL alınarak MRS agar içeren petrilere yayma plak yöntemi ile ekim yapılmış ve 30°C 'de 72 saat inkübasyon işlemine tabi tutulmuştur. Böylece aerobik *Lactobacillus* ssp. sayımı gerçekleştirilmiştir. İnkübasyon işleminin sonunda petri kutularındaki koloniler sayılarak sonuçlar log kob/mL olarak verilmiştir (Lee, Kim ve Kunz, 2006).

Lactococcus ssp. sayımı

Lactococcus spp. sayımında M17 besiyeri ($\text{pH } 7.2\pm 0.2$) kullanılmıştır. Hazırlanan petriler 30°C 'de 24-48 saat anaerobik jarlarda inkübe edilmiştir. İnkübasyon işleminin sonunda petri kutularında gelişen koloniler sayılarak sonuçlar log kob/mL olarak verilmiştir (Terzaghi ve Sandine 1975).

3.5.4. Kombucha Çaylarının Antioksidan Özelliklerinin Belirlenmesi

Kombucha çaylarının antioksidan kapasitelerinin belirlenmesi için toplam fenolik madde tayini, FRAP ve TEAC analizleri gerçekleştirilmiştir.

Fenolik madde tayini

Fenolik madde tayini Franke ve ark. (2004)'ın tanımladığı spektrofotometrik yöntemle yapılmıştır. Her bir örnekten 0.5 ml alınmış üzerine önce 2.5 ml %10'luk Folin-Ciocalteu sonra 2 ml %20'lik Na_2CO_3 çözeltisi ilave edilmiştir. 50°C'deki su banyosunda 5 dakika tutulup, oda sıcaklığına soğutularak spektrofotometrede 760 nm'de absorbans değerleri kaydedilmiştir. Standart grafiği, stok galik asit çözeltisinin farklı konsantrasyonlarından elde edilmiştir. Hazırlanan standart çözeltilerine, örnekler ile aynı işlem uygulanmıştır. Standart grafikten absorbansa karşılık gelen konsantrasyon değerleri seyreltmeler dikkate alınarak hesaplanmıştır. Ek 3.1.5'te %10'luk Folin-Ciocalteu ve %20'lik Na_2CO_3 çözeltisinin hazırlanışı verilmiştir.

FRAP yöntemi

Benzie ve Strain (1996)'ın geliştirdiği yöntem kullanılmıştır. 0.1 mol/L asetat (pH 3.6), 10 mmol/L TPTZ ($\text{C}_{18}\text{H}_{12}\text{N}_6$) ve 20 mmol/L Demir (III) Klorür Hekzahidrat ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) çözeltileri 10:1:1 oranlarında karıştırılmasıyla tampon çözelti hazırlanmıştır. Örneklerden 0.25 mL alınarak üzerine 2.97 mL tampon çözelti ilave edilip karıştırılmış ve 30 dakika karanlıkta bekletildikten sonra absorbans değerleri spektrofotometrede 593 nm dalga boyunda belirlenmiştir. Standart olarak troloks kullanılmış, elde edilen standart grafiği μmol Troloks eşdeğer (TE)/mL örnek olarak belirlenmiştir. Ek 3.1.6'da FRAP yönteminde kullanılan çözeltilerin hazırlanması verilmiştir.

TEAC yöntemi

Re ve ark. (1999) tarafından belirlenen spektrofotometrik yöntem uygulanmıştır. 9.7 mg ABTS ve 37.5 mg potasyum peroksidisülfat ($\text{K}_2\text{O}_8\text{S}_2$) dilüsyon tüplerine tartılmış, üzerlerine sırasıyla 2.5 ve 1 mL saf su eklenerek çözdürülmüştür. Böylelikle ABTS çözeltisi ve $\text{K}_2\text{O}_8\text{S}_2$ çözeltisi elde edilmiştir. Hazırlanan ABTS çözeltisine 44 μL $\text{K}_2\text{O}_8\text{S}_2$ çözeltisinden ilave edilerek stok çözeltisi hazırlanmıştır. Stok çözelti alüminyum folyoya sarılmış, oda sıcaklığında 12-16 saat karanlık ortamda bekletilmiştir. Süre dolduğunda 1 mL stok çözeltisine 88 mL etil alkol eklenerek 734 nm'de $0.700(\pm 0.02)$ absorbans değeri

verecek şekilde seyreltilmesi ile ‘‘çalışma çözeltisi’’ hazırlanmış, başlangıç absorbans değeri belirlenmiştir. Analiz için 3 mL çalışma çözeltisi üzerine 300 µl standart ve örnek ilave edilip karıştırılmış, 6 dakika boyunca karanlık bir ortamda oda sıcaklığında bekletilmiştir. Sürenin sonunda spektrofotometrede 734 nm’de absorbans değeri okunmuştur. Sonuçların hesaplanması için standart grafiğinde ilgili absorbansa karşılık gelen konsantrasyon değerleri kullanılmıştır.

3.6. İstatistiksel Analiz

Araştırmada; mikrobiyolojik, fizikokimyasal ve antioksidan kapasite analizlerinin her biri iki tekerrür ve iki paralel olacak (2×2) şekilde yürütülmüştür. Bu çalışmada mikrobiyolojik analiz sonuçları log kob/mL olarak sunulmuş olup tespit edilebilir sınır 10 kob/mL (<1.00 log kob/mL) olarak seçilmiştir. Ortalamaların karşılaştırılması için Duncan testi kullanılmış ve veri analizleri SPSS 17. versiyon (17.0.3, 2010, SPSS Inc., Chicago, ABD) istatistiksel paket programı kullanılarak %95 güven aralığında gerçekleştirilmiştir.

3.7. Etik Onay

Bu çalışma laboratuvar ortamında üretimi yapılan besinlerin çeşitli fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizlerinin yapılması esasına dayanmaktadır. Çalışmada kullanılan malzeme ve cihazlara ‘‘Veri Toplama Araçları’’ başlığı altında yer verilmiştir. Çalışmanın hiçbir aşamasında insan deneyleri ya da hayvanlarla çalışılan deneylere yer verilmediğinden etik kurul izni alınmasına gerek duyulmamıştır.

3.8. Araştırmanın Sınırlılıkları

Üretilen kombucha çeşitlerinde depolama süresince de analizlerinin yapılmasının ve duyuusal analizlerin gerçekleştirilmesinin araştırmanın geçerliliğini artıracakı düşünülmektedir.

4. BULGULAR

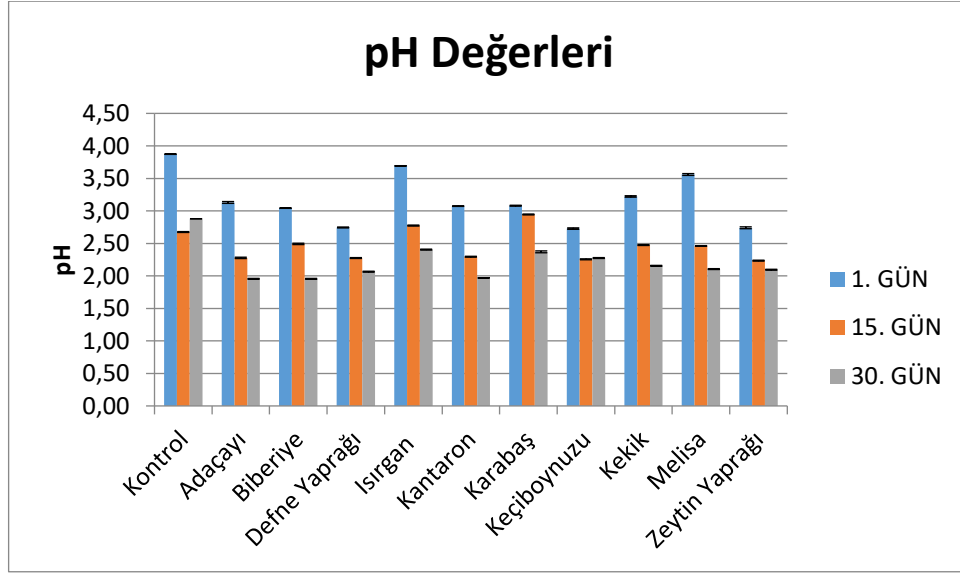
Bu tez çalışmasında siyah çay, adaçayı, biberiye, defne yaprağı, ısırgan, kantaron, karabaş, keçiboynuzu, kekik, melisa ve zeytin yaprağı kullanılarak üretim akış şeması doğrultusunda kombucha çayı üretilmiştir. Fermantasyonun 1, 15 ve 30. günlerinde kombuchaların fiziksel, kimyasal, antioksidan ve mikrobiyolojik analizleri gerçekleştirilmiştir.

4.1. Çeşitli Bitki Çaylarından Elde Edilen Kombucha Çaylarının Fizikokimyasal Değerleri

Siyah çay, adaçayı, biberiye, defne yaprağı, ısırgan, kantaron, karabaş, keçiboynuzu, kekik, melisa ve zeytin yaprağı kullanılarak üretilen kombucha çaylarının pH, titrasyon asitliği, toplam kuru madde, toplam kül, toplam protein, toplam karbonhidrat ve suda çözünür kuru madde tayini analizleri 30 günlük fermantasyon süresince 14 günlük aralıklarla gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına ilişkin bulgular aşağıda verilmiştir.

4.1.1. pH

Çeşitli bitki çaylarından elde edilen kombucha çay örneklerinin pH değerlerine ilişkin değişim grafiği Şekil 4.1'de verilmiştir. Çeşitli bitki çaylarından elde edilen kombucha örneklerinde en düşük pH değeri adaçayı ve biberiyede fermantasyonun 30. gününde (1.96 ± 0.01), en yüksek pH değeri ise kontrol örneğinde 1.günde (3.87 ± 0.00) ölçülmüştür. pH değerleri; kontrol örneklerinde 2.68 ± 0.01 - 3.87 ± 0.00 , adaçayı örneklerinde 1.96 ± 0.01 - 3.13 ± 0.01 , biberiye örneklerinde 1.96 ± 0.01 - 3.04 ± 0.00 , defne yaprağı örneklerinde 2.07 ± 0.01 - 2.75 ± 0.01 , ısırgan örneklerinde 2.41 ± 0.01 - 3.69 ± 0.00 , kantaron örneklerinde 1.97 ± 0.00 - 3.07 ± 0.00 , karabaş örneklerinde 2.37 ± 0.01 - 3.08 ± 0.01 , keçiboynuzu örneklerinde 2.26 ± 0.01 - 2.73 ± 0.01 , kekik örneklerinde 2.16 ± 0.01 - 3.22 ± 0.01 , melisa örneklerinde 2.11 ± 0.01 - 3.56 ± 0.01 ve zeytin yaprağı örneklerinde 2.10 ± 0.01 - 2.74 ± 0.01 arasında saptanmıştır. Tüm kombucha çaylarında fermantasyon süresi boyunca pH değerlerinde düşüş yaşanmış olup istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$).

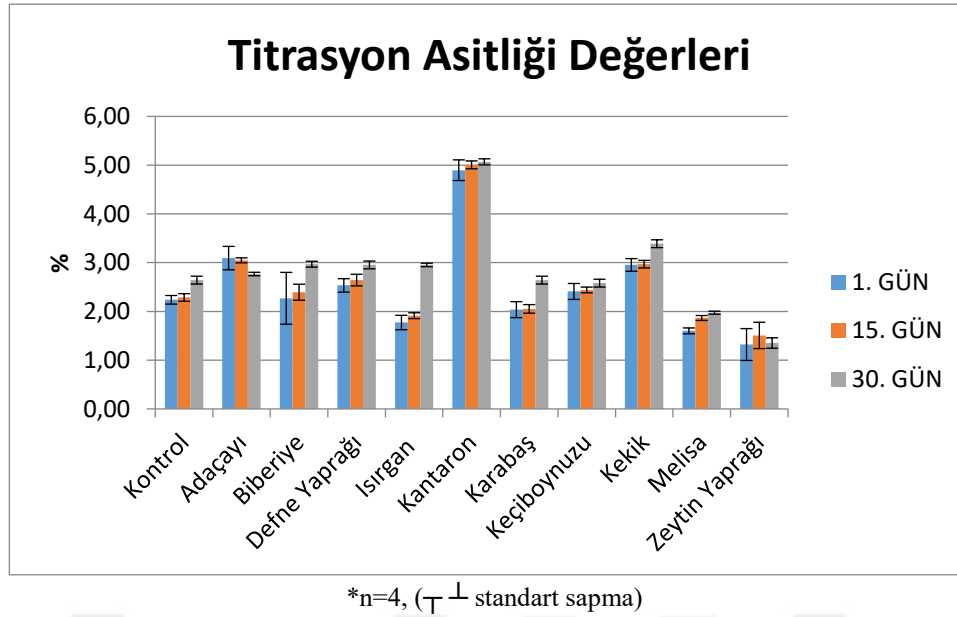


*n=4, (T ± standart sapma)

Şekil 4.1. Kombucha çaylarının pH değerleri

4.1.2. Titrasyon Asitliği (%)

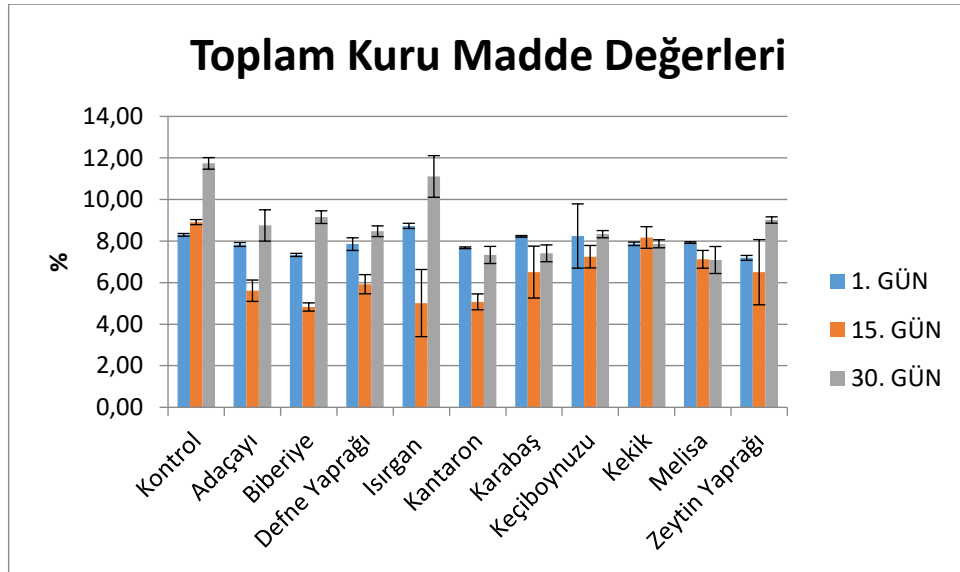
Çeşitli bitki çaylarından elde edilen kombucha çay örneklerinin titrasyon asitliği Titrasyon asitliği değerlerinin değişimini gösteren grafik ise Şekil 4.2’de verilmiştir. Tüm örnekler arasında en düşük titrasyon asitliği değeri zeytin yaprağında depolamanın 1. gününde (1.32 ± 0.33) iken en yüksek titrasyon asitliği değeri kantaronda fermantasyonun 30. gününde (5.07 ± 0.06) ölçülmüştür. Titrasyon asitliği değerleri; kontrol örneklerinde 2.24 ± 0.09 -% 2.64 ± 0.08 , adaçayı örneklerinde 2.77 ± 0.04 -% 3.09 ± 0.24 , biberiye örneklerinde 2.27 ± 0.53 -% 2.97 ± 0.06 , defne yaprağı örneklerinde 2.53 ± 0.14 -% 2.95 ± 0.08 , ısırgan örneklerinde 1.77 ± 0.15 -% 2.95 ± 0.04 , kantaron örneklerinde 4.90 ± 0.21 -% 5.07 ± 0.06 , karabaş örneklerinde 2.04 ± 0.16 -% 2.64 ± 0.08 , keçiboynuzu örneklerinde 2.41 ± 0.16 -% 2.58 ± 0.08 , kekik 2.95 ± 0.13 -% 3.39 ± 0.08 örneklerinde, melisa örneklerinde 1.60 ± 0.06 -% 1.97 ± 0.03 , zeytin yaprağı örneklerinde 1.32 ± 0.33 -% 1.51 ± 0.27 arasında saptanmıştır. Adaçayı, biberiye, kantaron, keçiboynuzu ve zeytin yaprağından elde edilen kombuchaların fermantasyon günleri arasındaki titrasyon asitliği değişikliği önemli değilken ($p > 0.05$), kontrol örneği ile defne yaprağı, ısırgan, karabaş, kekik ve melisadan elde edilen kombucha çaylarında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0.05$). Kombucha çayların (adaçayı hariç) titrasyon asitliği değerleri fermantasyon süresiyle birlikte artış göstermiştir.



Şekil 4.2. Kombucha çaylarının titrasyon asitliği değerleri (%)

4.1.3. Toplam Kuru Madde (%)

Çeşitli bitki çaylarından elde edilen kombucha çay örneklerinde toplam kuru madde miktarlarındaki değişimler Şekil 4.3'te gösterilmektedir. Tüm örnekler arasında en düşük toplam kuru madde değeri biberiyede fermantasyonun 15. gününde (4.83 ± 0.20) iken en yüksek toplam kuru madde değeri kontrol örneğinde fermantasyonun 30.gününde (11.74 ± 0.28) ölçülmüştür. Toplam kuru madde değerleri; kontrol örneklerinde 8.30 ± 0.06 - 11.74 ± 0.28 , adaçayı örneklerinde 5.61 ± 0.51 - 8.75 ± 0.75 , biberiye örneklerinde 4.83 ± 0.20 - 9.15 ± 0.30 , defne yaprağı örneklerinde 5.92 ± 0.46 - 8.47 ± 0.26 , ısırgan örneklerinde 5.02 ± 1.62 - 11.11 ± 1.00 , kantaron örneklerinde 5.07 ± 0.38 - 7.68 ± 0.04 , karabaş örneklerinde 6.51 ± 1.25 - 8.23 ± 0.04 , keçiboynuzu örneklerinde 7.25 ± 0.54 - 8.33 ± 0.17 , kekik örneklerinde 7.87 ± 0.09 - 8.17 ± 0.52 , melisa örneklerinde 7.09 ± 0.65 - 7.93 ± 0.04 ve zeytin yaprağı örneklerinde 6.50 ± 1.57 - 9.01 ± 0.15 arasında saptanmıştır. Kontrol örneği ile biberiye ve ısırgandan elde edilen kombucha çaylarının toplam kuru madde içeriklerinin fermantasyon süresince değişimi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

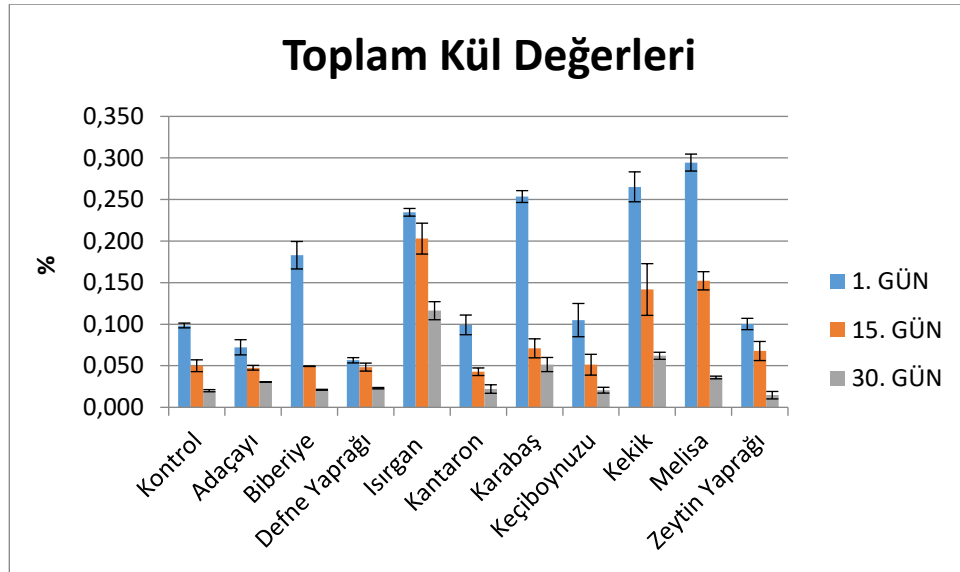


*n=4, (T ± standart sapma)

Şekil 4.3. Kombucha çaylarının kuru madde değerleri (%)

4.1.4. Toplam Kül (%)

Çeşitli bitki çaylarından elde edilen kombucha çay örneklerinde toplam kül sonuçlarına ilişkin değişim grafiği Şekil 4.4'te gösterilmektedir. Örneklerdeki toplam kül miktarının en düşük değeri zeytin yaprağında fermantasyonun 30. gününde (0.015 ± 0.005), en yüksek değeri ise melisada fermantasyonun 1. gününde (0.294 ± 0.010) ölçülmüştür. Toplam kül miktarı değerleri; kontrol örneklerinde 0.020 ± 0.001 - 0.098 ± 0.003 , adaçayı örneklerinde 0.030 ± 0.000 - 0.072 ± 0.009 , biberiye örneklerinde 0.021 ± 0.001 - 0.183 ± 0.017 , defne yaprağı örneklerinde 0.023 ± 0.001 - 0.057 ± 0.003 , ısırgan örneklerinde 0.116 ± 0.011 - 0.235 ± 0.005 , kantaron örneklerinde 0.022 ± 0.005 - 0.099 ± 0.012 , karabaş örneklerinde 0.051 ± 0.009 - 0.254 ± 0.007 , keçiboynuzu örneklerinde 0.021 ± 0.003 - 0.105 ± 0.020 , kekik örneklerinde 0.062 ± 0.004 - 0.265 ± 0.010 , melisa örneklerinde 0.036 ± 0.002 - 0.294 ± 0.010 ve zeytin yaprağı örneklerinde 0.015 ± 0.005 - 0.100 ± 0.007 arasında saptanmıştır. Fermantasyonun başlangıcından sonuna doğru çayların kül miktarı azalmıştır ($p < 0.05$). Fermantasyonun 1. gününde çaylar arasında kül miktarı açısından genel olarak farklılıklar bulunmaktadır ($p < 0.05$).

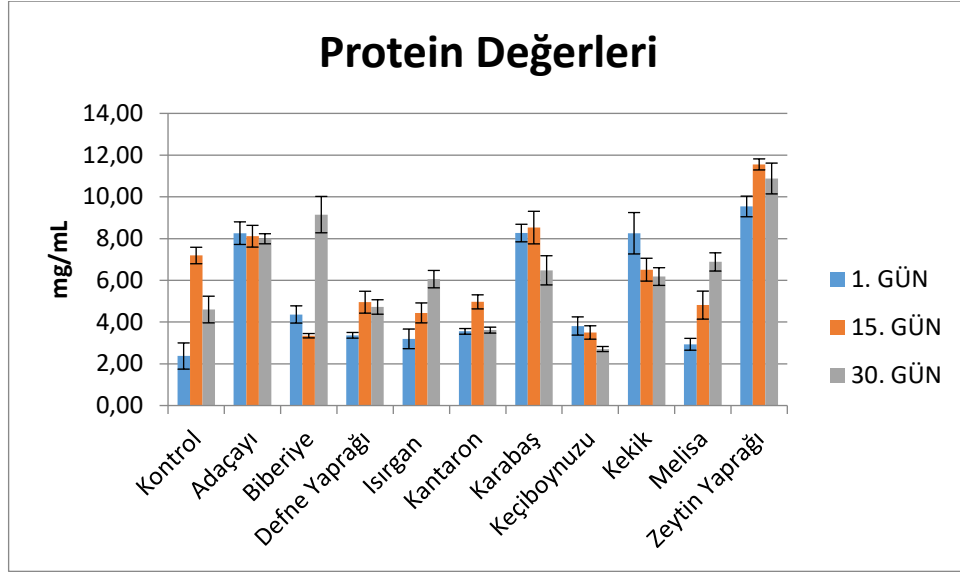


*n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.4. Kombucha çaylarının kül değerleri (%)

4.1.5. Toplam Protein Tayini (mg/mL)

Örneklerin toplam protein miktarları % olarak hesaplanmış olup Şekil 4.5'te örneklerin protein miktarlarındaki değişimlere yer verilmiştir. Örneklerdeki toplam protein miktarının en düşük değeri kontrol örneğinde fermentasyonun 1. gününde (2.37 ± 0.63 mg/mL), en yüksek değeri ise zeytin yaprağında fermentasyonun 15. gününde (11.55 ± 0.26 mg/mL) ölçülmüştür. Protein miktarları; kontrol örneklerinde 2.37 ± 0.63 - 7.19 ± 0.40 mg/mL, adaçayı örneklerinde 7.99 ± 0.24 - 8.26 ± 0.54 mg/mL, biberiye örneklerinde 3.34 ± 0.11 - 9.15 ± 0.87 mg/mL, defne yaprağı örneklerinde 3.37 ± 0.14 - 4.95 ± 0.52 mg/mL, ısırgan örneklerinde 3.20 ± 0.47 - 6.06 ± 0.42 mg/mL, kantaron örneklerinde 3.55 ± 0.14 - 4.97 ± 0.34 mg/mL, karabaş örneklerinde 6.48 ± 0.70 - 8.53 ± 0.78 mg/mL, keçiboynuzu örneklerinde 2.71 ± 0.12 - 3.81 ± 0.44 mg/mL, kekik örneklerinde 6.18 ± 0.42 - 8.25 ± 0.99 mg/mL, melisa örneklerinde 2.94 ± 0.28 - 6.88 ± 0.44 mg/mL ve zeytin yaprağı örneklerinde 9.54 ± 0.50 - 11.55 ± 0.26 mg/mL arasında saptanmıştır. Kombucha çaylarının protein değerleri fermentasyon günlerinde substrata göre değişmekle ($p < 0.05$) birlikte, adaçayı, kantaron ve keçi boynuzundan üretilen çayların protein değerleri fermentasyon günleri arasında anlamlı bir değişiklik göstermemiştir ($p > 0.05$). Kombucha çaylarının ortalama protein değerleri fermentasyon süresince artış göstermiş ve 1, 15 ve 30. günlerinde sırasıyla 5.27 mg/mL, 6.17 mg/mL ve 6.30 mg/mL olarak bulunmuştur.

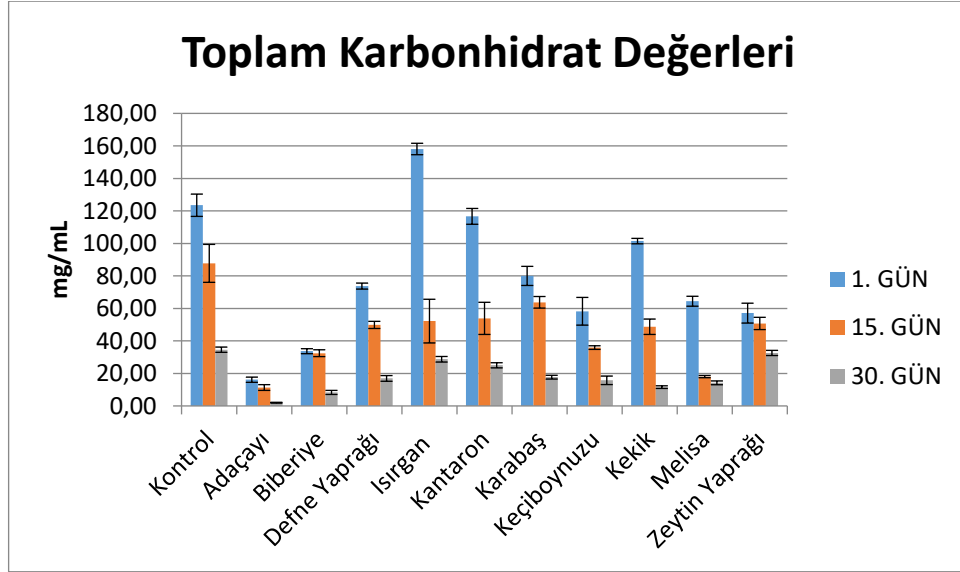


*n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.5. Kombucha çaylarının toplam protein içerikleri (mg/mL)

4.1.6. Toplam Karbonhidrat Tayini (mg/mL)

Çeşitli bitki çaylarından elde edilen kombucha çay örneklerinin karbonhidrat miktarlarının değişimleri Şekil 4.6 'da yer almaktadır. Örneklerdeki toplam karbonhidrat miktarının en düşük değeri adaçayında fermantasyonun 30. gününde (1.99 ± 0.23 mg/mL), en yüksek değeri ise ısırganda fermantasyonun 1. gününde (158.09 ± 3.52 mg/mL) ölçülmüştür. Karbonhidrat miktarları; kontrol örneklerinde 34.61 ± 1.62 - 123.49 ± 6.87 mg/mL, adaçayı örneklerinde 1.99 ± 0.23 - 16.13 ± 1.60 mg/mL, biberiye örneklerinde 8.31 ± 1.26 - 33.67 ± 1.53 mg/mL, defne yaprağı örneklerinde 16.93 ± 1.75 - 73.75 ± 1.84 mg/mL, ısırgan örneklerinde 28.72 ± 1.70 - 158.09 ± 3.52 mg/mL, kantaron örneklerinde 24.98 ± 1.58 - 116.64 ± 4.87 mg/mL, karabaş örneklerinde 17.71 ± 1.15 - 80.00 ± 5.88 mg/mL, keçiboynuzu örneklerinde 15.76 ± 2.63 - 58.25 ± 8.52 mg/mL, kekik örneklerinde 11.57 ± 0.80 - 101.42 ± 1.68 mg/mL, melisa örneklerinde 14.19 ± 1.17 - 64.42 ± 3.05 mg/mL ve zeytin yaprağı örneklerinde 32.60 ± 1.59 - 57.12 ± 6.10 mg/mL arasında saptanmıştır. Bütün kombucha çaylarında fermantasyon süresince toplam karbonhidrat içeriği azalmıştır ($p < 0.05$). Çay örneklerinin en yüksek karbonhidrat değerleri 1. günde (ort. 80.27 mg/ml), en düşük değerleri ise 30. günde (18.85 mg/ml) tespit edilmiştir.

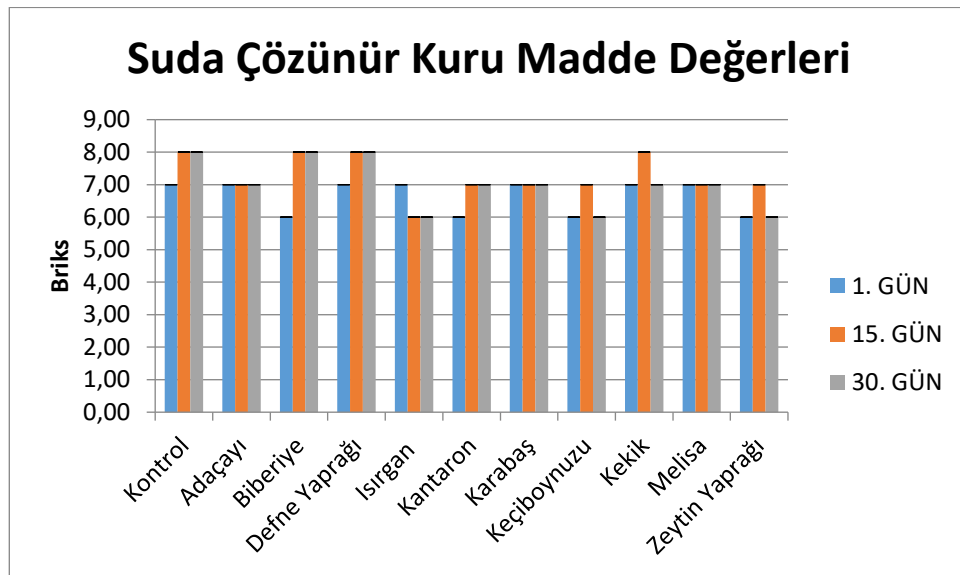


*n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.6. Kombucha çaylarının toplam karbonhidrat içerikleri (mg/mL)

4.1.7. Suda Çözünür Kuru Madde (Briks)

Örneklerin suda çözünür kuru madde içeriğindeki değişimleri gösteren grafik Şekil 4.7 'de verilmiştir. Örneklerin suda çözünür kuru madde içeriklerinin en düşük değeri 6.00 ± 0.00 , en yüksek değeri ise 8.00 ± 0.00 arasında değişmektedir. Fermantasyon süresi ve substrat çeşitliliğinin örneklerin suda çözünür kuru madde miktarları üzerinde önemli bir etkisi bulunmamıştır ($p > 0.05$).



*n=4, (T ⊥ standart sapma)

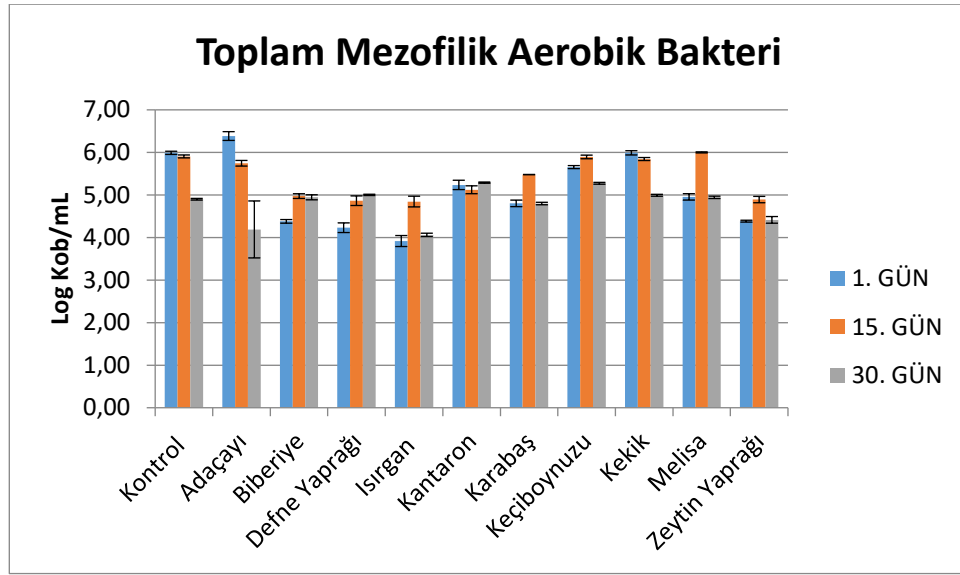
Şekil 4.7. Kombucha çaylarının suda çözünür kuru madde içerikleri (Briks)

4.2. Çeşitli Bitki Çaylarından Elde Edilen Kombucha Çaylarının Mikrobiyolojik Özellikleri

Siyah çay, adaçayı, biberiye, defne yaprağı, ısırgan, kantaron, karabaş, keçiboynuzu, kekik, melisa ve zeytin yaprağı kullanılarak üretilen kombucha çaylarının toplam mezofilik aerobik bakteri, toplam maya-küf, asetik asit bakteri, *Lactobacillus* ssp., *Lactococcus* ssp. sayımları 30 günlük fermentasyon boyunca 14 günlük aralıklarla gerçekleştirilmiştir. Mikrobiyolojik analiz sonuçlarına ilişkin bulgular aşağıda verilmiştir.

4.2.1. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Sonuçları (log kob/mL)

Kombucha çay örneklerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayım sonuçlarının değişim grafiği Şekil 4.8’de verilmiştir. Tüm kombucha çay örneklerine bakıldığından toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı en düşük ısırganda fermentasyonun 1. gününde (3.92 ± 0.13 log kob/mL), en yüksek adaçayında depolamanın 1. gününde (6.38 ± 0.10 log kob/mL) saptanmıştır. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı; kontrol örneklerinde 4.90 ± 0.02 - 5.99 ± 0.04 log kob/mL, adaçayı örneklerinde 4.19 ± 0.67 - 6.38 ± 0.10 log kob/mL, biberiye örneklerinde 4.38 ± 0.04 - 4.97 ± 0.06 log kob/mL, defne yaprağı örneklerinde 4.23 ± 0.11 - 5.00 ± 0.02 log kob/mL, ısırgan örneklerinde 3.92 ± 0.13 - 4.85 ± 0.13 log kob/mL, kantaron örneklerinde 5.12 ± 0.09 - 5.29 ± 0.01 log kob/mL, karabaş örneklerinde 4.80 ± 0.03 - 5.48 ± 0.00 log kob/mL, keçiboynuzu örneklerinde 5.28 ± 0.02 - 5.89 ± 0.04 log kob/mL, kekik örneklerinde 4.99 ± 0.02 - 5.99 ± 0.05 log kob/mL, melisa örneklerinde 4.94 ± 0.03 - 6.00 ± 0.01 log kob/mL ve zeytin yaprağı örneklerinde 4.39 ± 0.02 - 4.89 ± 0.07 log kob/mL arasında bulunmuştur. Kombucha çaylarının en yüksek ortalama değeri fermentasyonun 15. gününde 5.42 log kob/mL olarak hesaplanmıştır. Fermentasyon günlerinde örnek bazında değişiklikler görülmekle birlikte ısırgan, kantaron, karabaş, melisa ve zeytin yaprağından elde edilen kombuchaların toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı fermentasyon başlangıcı ve sonu arasında önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$). Adaçayı, biberiye, defne yaprağı, keçiboynuzu ve kekik çaylarından üretilen kombuchaların toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

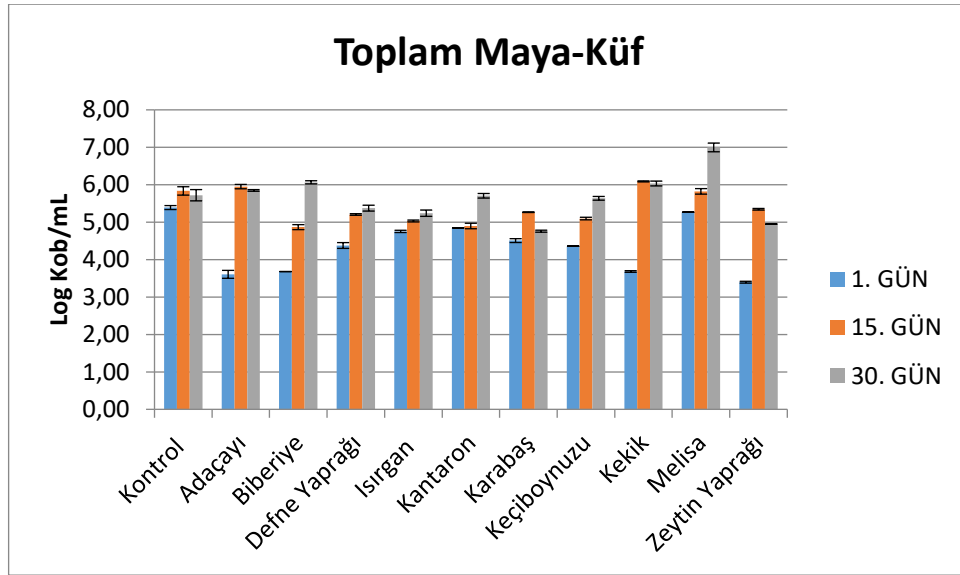


*n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.8. Kombucha çaylarının toplam mezofilik aerobik bakteri değerleri (log kob/mL)

4.2.2. Toplam Maya-Küf Sonuçları (log kob/mL)

Kombucha çay örneklerinin toplam maya küf sonuçlarını gösteren değişim grafiği Şekil 4.9’da verilmiştir. Kombucha çay örneklerinde toplam maya-küf sayısı en düşük adaçayında fermentasyonun 1.gününde (3.61 ± 0.11 log kob/mL), en yüksek melisada depolamanın 30.gününde (7.00 ± 0.12 log kob/mL) bulunmuştur. Toplam maya-küf sayıları; kontrol örneklerinde 5.39 ± 0.05 - 5.83 ± 0.11 log kob/mL, adaçayı örneklerinde 3.61 ± 0.11 - 5.95 ± 0.06 log kob/mL, biberiye örneklerinde 3.68 ± 0.00 - 6.06 ± 0.04 log kob/mL, defne yaprağı örneklerinde 4.38 ± 0.08 - 5.38 ± 0.08 log kob/mL, ısırgan örneklerinde 4.75 ± 0.03 - 5.24 ± 0.08 log kob/mL, kantaron örneklerinde 4.85 ± 0.00 - 5.71 ± 0.06 log kob/mL, karabaş örneklerinde 4.51 ± 0.05 - 5.27 ± 0.01 log kob/mL, keçiboynuzu örneklerinde 4.36 ± 0.00 - 5.64 ± 0.05 log kob/mL, kekik örneklerinde 3.68 ± 0.02 - 6.09 ± 0.01 log kob/mL, melisa örneklerinde 5.27 ± 0.00 - 7.00 ± 0.12 log kob/mL ve zeytin yaprağı örneklerinde 3.40 ± 0.02 - 5.35 ± 0.02 log kob/mL arasında bulunmuştur. Örneklerin ortalama maya küf değerleri 1. günde 4.35 log kob/mL, 15. günde 5.40 log kob/mL ve 30. günde 5.67 log kob/mL olarak hesaplanmıştır. Kombucha çaylarının maya küf sayısı bütün örneklerde fermentasyon süresince artış göstermiştir. Bu artış kontrol hariç diğer örneklerde istatistiksel olarak anlamlı bir değişime neden olmuştur ($p < 0.05$).

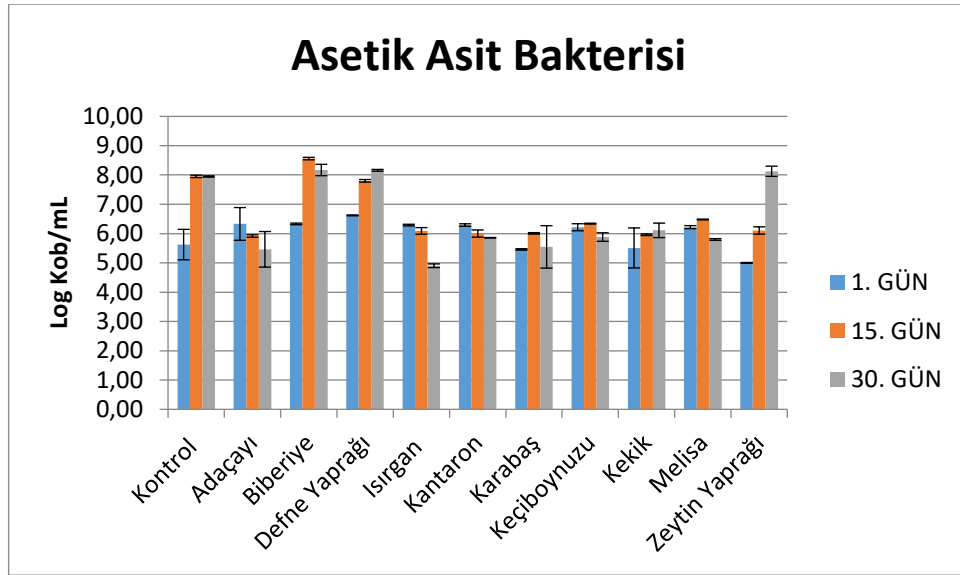


*n=4, (T ± standart sapma)

Şekil 4.9. Kombucha çaylarının toplam maya küf değerleri (log kob/mL)

4.2.3. Asetik Asit Bakteri Sonuçları (log kob/mL)

Kombucha çay örneklerinin asetik asit sonuçlarına ait değişim grafiği Şekil 4.10'da sunulmuştur. Tüm örneklere bakıldığında asetik asit bakteri sayım sonuçlarının en düşük değeri ısırganda fermantasyonun 30. gününde (4.90 ± 0.06 log kob/mL), en yüksek değeri ise biberiyede fermantasyonun 15.gününde (8.56 ± 0.04 log kob/mL) bulunmuştur. Asetik asit bakterisi sayım sonuçlarına örnek bazında bakıldığında; kontrol örneklerinde 5.62 ± 0.52 - 7.95 ± 0.04 log kob/mL, adaçayı örneklerinde 5.46 ± 0.6 - 6.33 ± 0.56 log kob/mL, biberiye örneklerinde 6.33 ± 0.03 - 8.56 ± 0.04 log kob/mL, defne yaprağı örneklerinde 6.62 ± 0.01 - 8.16 ± 0.03 log kob/mL, ısırgan örneklerinde 4.90 ± 0.06 - 6.29 ± 0.03 log kob/mL, kantaron örneklerinde 5.86 ± 0.01 - 6.29 ± 0.04 log kob/mL, karabaş örneklerinde 5.46 ± 0.02 - 6.01 ± 0.02 log kob/mL, keçiboynuzu örneklerinde 5.88 ± 0.14 - 6.34 ± 0.01 log kob/mL, kekik örneklerinde 5.51 ± 0.68 - 6.11 ± 0.25 log kob/mL, melisa örneklerinde 5.80 ± 0.03 - 6.48 ± 0.01 log kob/mL, zeytin yaprağı örneklerinde 5.00 ± 0.01 - 8.13 ± 0.17 log kob/mL arasında değiştiği bulunmuştur. Çaylar bazında incelendiğinde örneklerde asetik asit bakteri sayısının 30. günde adaçayı, ısırgan, kantaron, keçiboynuzu ve melisadan elde edilen kombuchalarda azaldığı, diğer çaylarda ise arttığı gözlenmiştir. İstatistiksel olarak ise adaçayı ve ısırgan çaylarındaki azalış ile karabaş ve kekik çaylarındaki artışın anlamlı olmadığı bulunmuştur ($p > 0.05$).

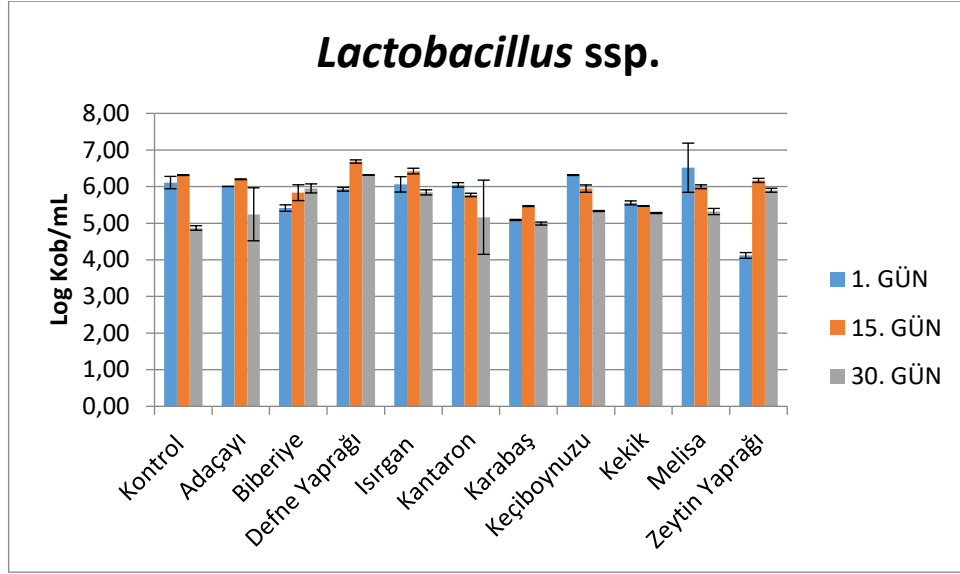


*n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.10. Kombucha çaylarının asetik asit bakteri değerleri (log kob/mL)

4.2.4. *Lactobacillus* ssp. Sonuçları (log kob/mL)

Kombucha çay örneklerinin *Lactobacillus* ssp. sonuçları Şekil 4.11’de gösterilmiştir. Çay örneklerindeki *Lactobacillus* ssp. sayısında ki en düşük değer zeytin yaprağında fermantasyonun 1. gününde (4.12 ± 0.08 log kob/mL), en yüksek değer ise defne yaprağında fermantasyonun 15. gününde (6.68 ± 0.04 log kob/mL) görülmüştür. *Lactobacillus* ssp. sayısı; kontrol örneklerinde 4.87 ± 0.06 - 6.31 ± 0.01 log kob/mL, adaçayı örneklerinde 5.24 ± 0.72 - 6.20 ± 0.01 log kob/mL, biberiye örneklerinde 5.41 ± 0.09 - 5.95 ± 0.12 log kob/mL, defne yaprağı örneklerinde 5.93 ± 0.05 - 6.68 ± 0.04 log kob/mL, ısrıgan örneklerinde 5.84 ± 0.07 - 6.43 ± 0.08 log kob/mL, kantaron örneklerinde 5.16 ± 1.01 - 6.05 ± 0.06 log kob/mL, karabaş örneklerinde 4.99 ± 0.04 - 5.47 ± 0.01 log kob/mL, keçiboynuzu örneklerinde 5.33 ± 0.01 - 6.31 ± 0.01 log kob/mL, kekik örneklerinde 5.28 ± 0.01 - 5.55 ± 0.05 log kob/mL, melisa örneklerinde 5.32 ± 0.08 - 6.52 ± 0.67 log kob/mL, zeytin yaprağı örneklerinde 4.12 ± 0.08 - 6.17 ± 0.06 log kob/mL arasında saptanmıştır. Örneklerin fermantasyon günlerinde ortalama *Lactobacillus* ssp. Sayısı, 1 gün 5.74 log kob/mL, 15. gün 6.03 log kob/mL ve 30. gün 5.47 log kob/mL’dir. Örnekler arasında *Lactobacillus* ssp. sayısı genel olarak farklılık göstermiştir. Fermantasyon süreci *Lactobacillus* ssp. sayısı açısından adaçayı, ısrıgan, kantaron ve melisadan elde edilen çay örneklerinde anlamlı bir değişikliğe neden olamamıştır ($p > 0.05$).

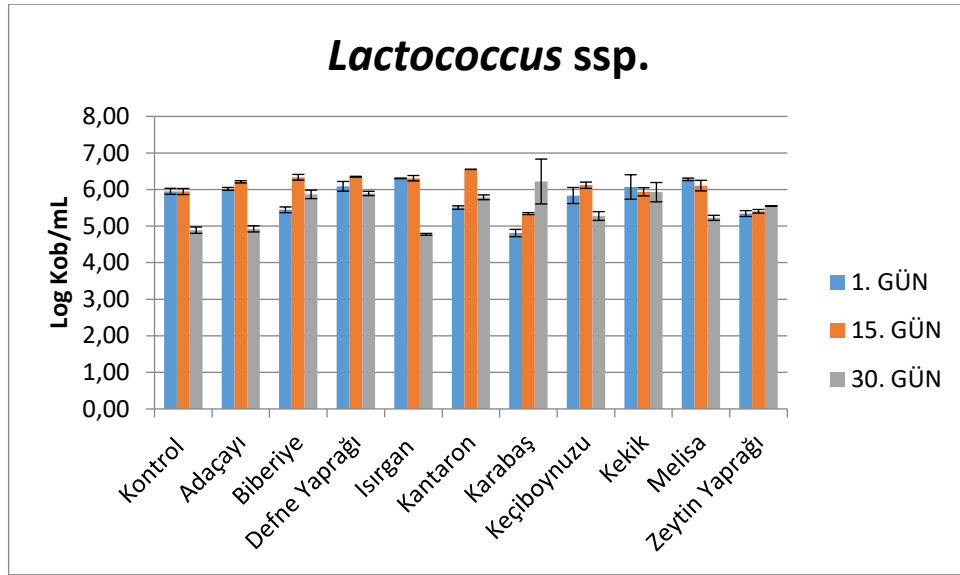


*n=4, (T ⊥ standart sapma)

Şekil 4.11. Kombucha çaylarının *Lactobacillus ssp.* sonuçları (log kob/mL)

4.2.5. *Lactococcus ssp.* Sonuçları (log kob/mL)

Kombucha çay örneklerinin *Lactococcus ssp.* sonuçları Şekil 4.11’de gösterilmiştir. Çay örneklerindeki *Lactococcus ssp.* sayısındaki en düşük değer ısırgandaki fermentasyonun 30. gününde (4.77 ± 0.03 log kob/mL), en yüksek değer ise kantarondaki fermentasyonun 15. gününde (6.55 ± 0.00 log kob/mL) bulunmuştur. *Lactococcus ssp.* sayım sonuçlarına bakıldığında; kontrol örneklerinde 4.89 ± 0.09 - 5.95 ± 0.08 log kob/mL, adaçayı örneklerinde 4.92 ± 0.08 - 6.21 ± 0.03 log kob/mL, biberiye örneklerinde 5.45 ± 0.08 - 6.34 ± 0.08 log kob/mL, defne yaprağı örneklerinde 5.89 ± 0.06 - 6.35 ± 0.01 log kob/mL, ısırgan örneklerinde 4.77 ± 0.03 - 6.31 ± 0.07 log kob/mL, kantaron örneklerinde 5.51 ± 0.05 - 6.55 ± 0.00 log kob/mL, karabaş örneklerinde 4.81 ± 0.10 - 6.22 ± 0.61 log kob/mL, keçiboynuzu örneklerinde 5.28 ± 0.12 - 6.12 ± 0.09 log kob/mL, kekik örneklerinde 5.93 ± 0.26 - 6.07 ± 0.33 log kob/mL, melisa örneklerinde 5.23 ± 0.07 - 6.28 ± 0.03 log kob/mL ve zeytin yaprağı örneklerinde 5.34 ± 0.08 - 5.55 ± 0.01 log kob/mL aralığında bulunmuştur. Kombucha çaylarının fermentasyonun 1, 15 ve 30. günlerinde ortalama *Lactococcus ssp.* sayısı 5.79 log kob/mL, 6.06 log kob/mL ve 5.48 log kob/mL’dir. Defne yaprağı ve kekik çayları hariç örneklerin tümünün *Lactococcus ssp.* içeriklerinde fermentasyon süresince istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlenmiştir ($p < 0.05$).



*n=4, (T ± standart sapma)

Şekil 4.12. Kombucha çaylarının *Lactococcus ssp.* sonuçları (log kob/mL)

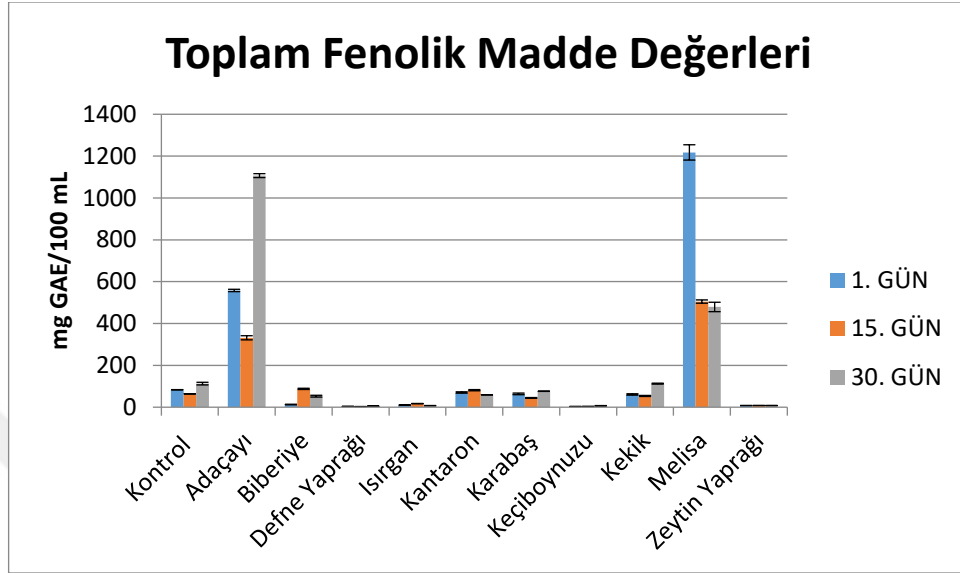
4.3. Çeşitli Bitki Çaylarından Elde Edilen Kombucha Çaylarının Antioksidan Özellikleri

Çeşitli bitki çaylarından elde edilen kombucha çaylarının antioksidan kapasitelerinin belirlenmesi için toplam fenolik madde tayini, FRAP ve TEAC analizleri gerçekleştirilmiştir. Antioksidan özelliklerine ait sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

4.3.1. Toplam fenolik madde tayini (mg/GAE 100 ml)

Kombucha çay örneklerinin toplam fenolik madde miktarının değişimlerine ait grafik Şekil 4.12'de sunulmuştur. Örneklerin toplam fenolik madde miktarındaki en düşük değer defne yaprağında fermantasyonun 15.gününde (2.91 ± 0.01 mg/GAE 100 ml), en yüksek değer ise melisada fermantasyonun 1. gününde (1217.65 ± 36.45 mg/GAE 100 ml) ölçülmüştür. Toplam fenolik madde miktarı; kontrol örneklerinde 64.10 ± 0.32 - 112.64 ± 6.37 mg/GAE 100 ml, adaçayı örneklerinde 331.57 ± 9.93 - 1106.73 ± 9.39 mg/GAE 100 ml, biberiye örneklerinde 12.74 ± 1.43 - 87.58 ± 2.97 mg/GAE 100 ml, defne yaprağı örneklerinde 2.91 ± 0.01 - 4.93 ± 0.13 mg/GAE 100 ml, ısırgan örneklerinde 7.62 ± 0.43 - 17.15 ± 0.65 mg/GAE 100 ml, kantaron örneklerinde 59.40 ± 0.42 - 81.16 ± 2.92 mg/GAE 100 ml, karabaş örneklerinde 44.27 ± 1.91 - 76.09 ± 0.68 mg/GAE 100 ml, keçiboynuzu örneklerinde 3.24 ± 0.13 - 6.75 ± 1.06 mg/GAE 100 ml, kekik örneklerinde 53.77 ± 2.48 - 112.67 ± 2.18 mg/GAE 100 ml, melisa örneklerinde 479.07 ± 22.52 - 1217.65 ± 36.45 mg/GAE 100 ml, zeytin yaprağı örneklerinde 7.89 ± 0.04 - 8.00 ± 0.11 mg/GAE 100 ml arasında saptanmıştır. Kombucha çaylarının fenolik madde içerikleri hem örnekler

arasında hem de fermentasyon süresince çeşitlilik göstermiştir. Fermentasyon sonunda zeytin yaprağından elde edilen çay hariç bütün kombuchalarda fenolik madde içeriği başlangıçtan anlamlı şekilde farklı bulunmuştur ($p<0.05$).



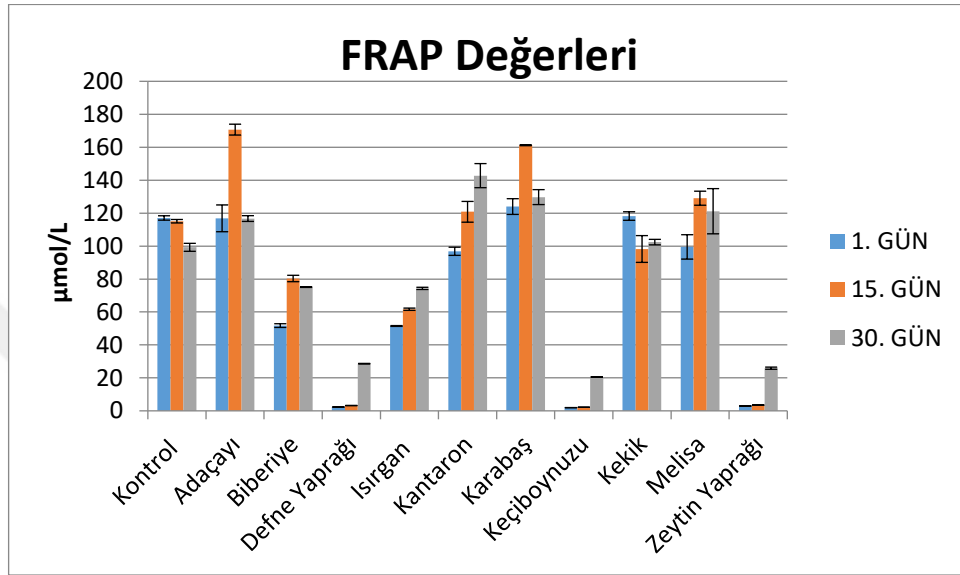
*n=4, (T ± standart sapma)

Şekil 4.13. Kombucha çaylarının toplam fenolik madde içerikleri (mg/GAE 100 ml)

4.3.2. FRAP yöntemi ($\mu\text{mol/L}$)

Çeşitli bitki çaylarından elde edilen kombucha çay örneklerinin FRAP miktarlarındaki değişim Şekil 4.13'te sunulmuştur. Tüm örneklerin FRAP değerlerine bakıldığında en düşük değer keçiboynuzunda fermentasyonun 1. gününde ($1.96 \pm 0.01 \mu\text{mol/L}$), en yüksek değer ise adaçayında fermentasyonun 15. gününde ($170.71 \pm 3.29 \mu\text{mol/L}$) ölçülmüştür. FRAP değerleri; kontrol örneklerinde 99.24 ± 2.42 - $117.08 \pm 1.32 \mu\text{mol/L}$, adaçayı örneklerinde 116.71 ± 1.75 - $170.71 \pm 3.29 \mu\text{mol/L}$, biberiye örneklerinde 51.74 ± 1.13 - $80.32 \pm 1.94 \mu\text{mol/L}$, defne yaprağı örneklerinde 2.33 ± 0.06 - $28.61 \pm 0.18 \mu\text{mol/L}$, ısırgan örneklerinde 51.49 ± 0.25 - $74.33 \pm 0.67 \mu\text{mol/L}$, kantaron örneklerinde 96.85 ± 2.49 - $142.75 \pm 7.31 \mu\text{mol/L}$, karabaş örneklerinde 123.98 ± 4.76 - $161.24 \pm 0.31 \mu\text{mol/L}$, keçiboynuzu örneklerinde 1.96 ± 0.01 - $20.54 \pm 0.17 \mu\text{mol/L}$, kekik örneklerinde 98.24 ± 8.13 - $118.24 \pm 2.58 \mu\text{mol/L}$, melisa örneklerinde 99.51 ± 7.39 - $129.06 \pm 4.26 \mu\text{mol/L}$ ve zeytin yaprağı örneklerinde 2.95 ± 0.16 - $25.90 \pm 0.65 \mu\text{mol/L}$ arasında saptanmıştır. Bütün fermentasyon günlerinde ortalama FRAP değerleri açısından örnekler değerlendirildiğinde en yüksek karabaş çayında $138.32 \mu\text{mol/L}$ olarak bulunmuştur. En aza doğru kombucha çayları sıralandığında adaçayı ($134.75 \mu\text{mol/L}$)>kantaron (120.14

$\mu\text{mol/L}$)>melisa (116.58 $\mu\text{mol/L}$)>kekik (106.29 $\mu\text{mol/L}$)>biberiye (69.06 $\mu\text{mol/L}$)>ısırgan (62.50 $\mu\text{mol/L}$)>defne yaprağı (11.39 $\mu\text{mol/L}$)>zeytin yaprağı (10.79 $\mu\text{mol/L}$)>keçiboynuzu (8.22 $\mu\text{mol/L}$) şeklindedir. Fermantasyon süresi adaçayı, karabaş, kekik ve melisadan elde edilen kombucaların FRAP değerlerinde anlamlı bir değişikliğe neden olmamıştır ($p>0.05$).



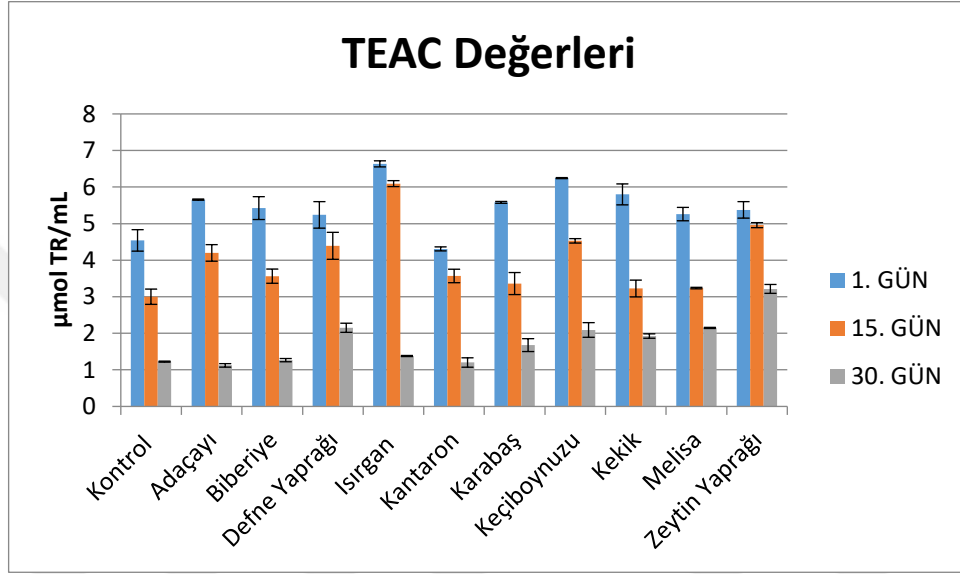
*n=4, (T) standart sapma

Şekil 4.14. Kombucha çaylarının FRAP içerikleri ($\mu\text{mol/L}$)

4.3.3. TEAC yöntemi ($\mu\text{mol TR/mL}$)

Kombucha çay örneklerinin TEAC miktarlarındaki değişim Şekil 4.15'te sunulmuştur. Kombucha çaylarının TEAC yöntemiyle tespit edilen antioksidan içeriklerine bakıldığında en düşük değer adaklalkçayında fermantasyonun 30. gününde ($1.12\pm 0.05 \mu\text{mol TR/mL}$), en yüksek değer ise ısırganda fermantasyonun 1. gününde ($6.63\pm 0.08 \mu\text{mol TR/mL}$) ölçülmüştür. TEAC değerleri; kontrol örneklerinde 1.23 ± 0.01 - $4.54\pm 0.29 \mu\text{mol TR/mL}$, adaçayı örneklerinde 1.12 ± 0.05 - $5.66\pm 0.02 \mu\text{mol TR/mL}$, biberiye örneklerinde 1.27 ± 0.04 - $5.42\pm 0.31 \mu\text{mol TR/mL}$, defne yaprağı örneklerinde 2.15 ± 0.13 - $5.24\pm 0.36 \mu\text{mol TR/mL}$, ısırgan örneklerinde 1.38 ± 0.01 - $6.63\pm 0.08 \mu\text{mol TR/mL}$, kantaron örneklerinde 1.20 ± 0.13 - $4.31\pm 0.06 \mu\text{mol TR/mL}$, karabaş örneklerinde 1.68 ± 0.18 - $5.58\pm 0.03 \mu\text{mol TR/mL}$, keçiboynuzu örneklerinde 2.09 ± 0.20 - $6.24\pm 0.01 \mu\text{mol TR/mL}$, kekik örneklerinde 1.92 ± 0.06 - $5.80\pm 0.29 \mu\text{mol TR/mL}$, melisa örneklerinde 2.15 ± 0.02 - $5.26\pm 0.18 \mu\text{mol TR/mL}$ ve zeytin yaprağı örneklerinde 3.21 ± 0.12 - $5.38\pm 0.23 \mu\text{mol TR/mL}$ arasında saptanmıştır. Bütün kombucha örneklerinde

TEAC değeri fermentasyon süresince azalmıştır ($p<0.05$). Bütün fermentasyon günlerinde kombuchaların ortalama TEAC değerleri sırasıyla ısırgan (4.70 $\mu\text{mol TR/mL}$)>zeytin yaprağı (4.52 $\mu\text{mol TR/mL}$)>keçiboynuzu (4.29 $\mu\text{mol TR/mL}$)>defne yaprağı (3.93 $\mu\text{mol TR/mL}$)> adaçayı (3.66 $\mu\text{mol TR/mL}$)>kekik (3.65 $\mu\text{mol TR/mL}$)>melisa (3.55 $\mu\text{mol TR/mL}$)>karabaş (3.54 $\mu\text{mol TR/mL}$)>biberiye (3.42 $\mu\text{mol TR/mL}$)>kantaron (3.03 $\mu\text{mol TR/mL}$) şeklindedir.



*n=4, ($\top \perp$ standart sapma)

Şekil 4.15. Kombucha çaylarının TEAC içerikleri ($\mu\text{mol TR/mL}$)

5 TARTIŞMA

5.1. Çeşitli Bitki Çaylarından Elde Edilen Kombucha Çaylarının Fizikokimyasal Değerleri

5.1.1. pH

Gıda analizinde asitlikle ilgili birbiriyle ilişkili iki kavram vardır: pH ve titre edilebilir asitlik. Bu miktarların her biri ayrı yollarla analitik olarak belirlenmekte ve her biri gıda kalitesi hakkında kendine özgü bilgiler sağlamaktadır. pH, hidrojen iyon konsantrasyonunun negatif logaritması olarak tanımlanmaktadır. Gıdalarda, yalnızca mevcut asitlerin türü ve konsantrasyonlarının değil, aynı zamanda iyonize asit karşılıklarının (konjuge bazlarının) konsantrasyonunun da bir fonksiyonudur (Tyl ve Sadler, 2017). Yönergelere göre kombucha pH'sı 2.5-4.2 ve uçucu asit içeriği 30-130 mEq/L arasında olmalıdır (Brasil, 2019).

Bu çalışmada defne yaprağı ve zeytin yaprağı örneklerinin pH ortalaması (2.36) en düşük olup, kontrol örneğinin pH ortalaması (3.14) en yüksek bulunmuştur. Defne yaprağı ve zeytin yaprağının en düşük pH değerleri sırasıyla 2.07 ve 2.10 olup fermentasyonun 30. gününe ait bulunmuştur. Kontrol örneğinin en yüksek pH değeri ise fermentasyonun 1. gününe (3.87) ait olduğu bulunmuştur. Fermentasyonla birlikte kontrol ve keçiboynuzu örnekleri hariç tüm örneklerin pH değeri azalmıştır. Kontrol ve keçiboynuzu örneklerinde ise sadece fermentasyonun 15. gününden (2.68 ve 2.26) 30. gününe (2.88 ve 2.28) geçildiğinde pH artmıştır. Kombucha çaylarının üretiminde fermentasyonla birlikte ortaya çıkan asitler ortam pH'sını düşürmektedir (Drozd-Afelt, 2024).

Şatır (2023) tarafından yapılan bir çalışmada, siyah ve yeşil çaydan kombucha üretilmiş, 25°C'de 7 gün boyunca depolanmıştır. Siyah çay ve yeşil çay örneklerinin sırasıyla ortalama pH değeri 4.15 ve 3.29 olarak belirlenmiştir. Fermentasyon sonrası siyah ve yeşil çaydan üretilen kombucha çayı örneklerinde 7. günde pH değerleri 3.20 ve 3.26 bulunmuştur. Fermentasyon süresince, her iki çayda da pH düşmüş, fermentasyon sonunda siyah ve yeşil çay örneklerinin pH değerleri benzer bulunmuştur. Bu tez çalışmasında kontrol örneği olan siyah çaydan üretilen kombuchanın pH değeri

depolamanın 1. gününde 3.87 olup fermentasyon sonunda 2.88 olarak bu çalışmaya yakın değerde bulunmuştur.

Yapılan bir çalışmada siyah çay, kekik, limon otu, biberiye, rezene ve nane kullanılarak 21 günlük fermentasyon sonucu kombucha üretilmiştir. 21 günlük fermentasyon sonucu pH değerleri 2.4 ila 3.1 arasında değişmektedir. En yüksek pH 7.94 değeri ile fermente edilmemiş limon otunda görülmüştür. En düşük pH ise 2.40 değeri ile biberiyeden üretilen kombucha çayında görülmüştür. En yüksek pH değişikliği limon otundan üretilen kombuchada fark edilmiş olup başlangıç ve son fermente içecek arasındaki fark 5 pH birim bulunmuştur (Battikh, Bakhrouf ve Ammar 2012). Bu tez çalışması kapsamında en yüksek pH düşüşü ortalama 1.29 ile ısırgandan üretilen kombuchada görülmüştür.

Amarasinghe, Weerakkody ve Waisundara (2018), farklı konsantrasyonlarda (10 g, 12 g, 24 g, 48 g) Sri Lanka siyah çayı kullanarak 8 haftalık fermentasyonla kombucha elde etmiştir. Kombucha örneklerinin pH değerlerinde fermentasyon süresiyle birlikte azalma gözlenmiştir. Çay örneklerinin başlangıç pH'ı 5.3 iken fermentasyon süresince 4.3'e düşmüştür.

Pradhan vd. (2023), 30 °C'de 14 gün boyunca fermentasyona bırakılan siyah çay, yeşil çay ve atık çaydan üretilen kombuchaları kıyaslamıştır. Kombucha içeceğinin pH'sının, 14 günlük bir sürenin ardından tüm çay substratları için kademeli olarak 4'ten 2'ye düştüğü bulunmuştur. Bu, sakarozun maya tarafından glikoz üretmek için metabolize edilmesinin ve daha sonra bu glikozun selüloz ve glukuronik ve glukonik asit gibi asitler üreten asetik asit bakterileri tarafından kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

5.1.2. Titrasyon Asitliği (%)

Titre edilebilir asitlik, bir gıdadaki toplam asit konsantrasyonunu ölçmektedir. Titre edilebilir asitlik, asitin lezzet üzerindeki etkisinin göstergesidir. Ancak, toplam asitlik bir gıdayla ilgili tüm bilgileri vermez. Örneğin, bir mikroorganizmanın belirli bir gıdada büyüme yeteneği, titre edilebilir asitlikten daha çok serbest hidronyum iyonlarının, H_3O^+ konsantrasyonuna bağlıdır (Tyl ve Sadler, 2017).

Bu çalışmada tüm örnekler bakıldığında titrasyon asitliği değerleri %1.32-5.01 arasında değişmektedir. Ortalama titrasyon asitliği değerlerine en düşük değer %1.39 ile

zeytin yaprağı örneklerinde, en yüksek %4.99 ile kantaron örneklerinde bulunmuştur. Örnekler arasında farklılıklar olsa da fermantasyon boyunca ortalama titrasyon asitliği değeri artmıştır.

Yapılan bir çalışmada, farklı oranlardaki defne yaprağından (%30, %40 ve %50) kombucha çayı üretilmiştir. Fermantasyonun 7, 10 ve 13. günleri değerlendirilmiştir. En yüksek titrasyon asitliği değeri %0.93 ile fermantasyonun 13. gününde %30 konsantrasyonundaki defne yaprağından üretilen kombuchada görülmüştür. En düşük titrasyon asitliği değeri ise %0.58 ile fermantasyonun 7. gününde %50 konsantrasyonundaki defne yaprağında görülmüştür. Tüm konsantrasyonlarda fermantasyonla birlikte titrasyon asitliği artmıştır (Halim ve Halim, 2023). Bu tez çalışmasının sonuçlarıyla uyumlu şekilde fermantasyonla birlikte titrasyon asitliğinin artışı görülmektedir.

Velićanski ve ark. (2014), 7 günlük fermantasyon sonucu *Melissa officinalis* L. (melisa) ve siyah çaydan kombucha üretmiştir. Titrasyon asitliği tüm fermantasyon boyunca artmış ve her iki içecek için de fermantasyonun üçüncü ve dördüncü günleri arasında 4–4.5 g/L'lik bir değer elde edilmiştir. Fermantasyon sonunda, melisadan üretilen kombuchanın asit miktarı 8.12 g/L bulunmuştur ve bu değer siyah çaydan üretilen kombuchadan 0.2 g/L daha yüksek bulunmuştur. Bu tez çalışmasının sonuçları fermantasyonla birlikte asitliğin artması yönüyle bu çalışmaya benzerdir.

Fermantasyon koşullarının kombuchanın fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkisini araştıran bir çalışmada siyah çay ve yeşil çay karışımından kombucha üretilip 20°C, 25°C ve 30°C'de 10 gün boyunca fermantasyona tabi tutulmuştur. İçecekteki ana organik asit asetik asit olmuştur. Fermantasyon süreci boyunca asetik asit konsantrasyonu, AAB tarafından glikoz kullanımı nedeniyle uygulanan tüm sıcaklıklarda artmıştır. Fermantasyon sonunda (10. gün) sabit bir artış olmasına rağmen, asetik asit içeriği nispeten düşük olup 1.42–1.52 g/L aralığında kalmıştır. Fermantasyonun başlangıcında hiçbir sıcaklık değerinde asetik asite rastlanmamıştır. En yüksek asetik asit miktarı 1.65 g/L ile fermantasyonun 10. gününde 25°C sıcaklıkta rastlanmıştır. Aynı zamanda bu çalışmada kombuchanın içeriğinde kinik asit, oksalik asit, malik asit, sitrik asit, D-glukuronik asit tespit edilmiştir (Neffe-Skocińska vd., 2017)

Yapılan bir çalışmada, fermantasyonun 0, 6, 12, 15, 21. gününde fermente edilmiş kahve infüzyonu ile fermente edilmemiş kahve infüzyonu ile kıyaslanmıştır. Tüm fermantasyon günlerinde fermente olmuş ve olmamış kahve infüzyonu arasında asetik asit açısından anlamlı bir fark (7.2 g/L) gözlenmiştir. Organik asit üretimindeki artış, fermente edilmiş içeceğin pH'ındaki düşüşle ilişkili bulunmuştur (de Miranda vd., 2023).

Yapılan bir çalışmada 30 ± 2 °C'de 21 günlük fermantasyon ile beyaz, yeşil, oolong, siyah ve pu-erh çayından kombucha üretilmiştir. Kombucha çayı örneklerinin toplam asitlik değerlerinin, fermentasyon başlangıcında 0.12-0.24 g/L (asetik asit cinsinden) arasında iken, 21. günün sonunda 11.77- 16.69 g/L aralığına yükselmiştir. En hızlı asitlik artışı pH değerindeki değişime paralel olarak, puerh çay yaprakları kullanılarak üretilen kombucha çayı örneklerinde belirlenmiştir (Değirmencioğlu vd., 2019).

5.1.3. Toplam Kuru Madde(%)

Çalışmamızda örneklerin kuru madde içeriği %4.83-11.74 aralığında değişmektedir. Örneklerin kuru madde içeriklerinin ortalama değerlerine bakıldığında en yüksek değer %9.65 ile kontrol grubu olan siyah çay örneklerinde, en düşük değer ise %6.69 ile kantaron örneklerinde tespit edilmiştir. Fermantasyon günlerinin ortalama kuru madde miktarlarına bakıldığında 1.günde %7.92, 15.günde %6.44 ve 30.günde %8.75 bulunmuştur.

Giritlioğlu, Yıldız ve Gürbüz(2020) yaptığı bir çalışmada yeşil çaydan, kapari tomurcuğundan ve hem yeşil hem de kapari tomurcuğundan 3 farklı kombucha üretilmiştir. Tüm kombucha örnekleri 28°C'de 16 gün boyunca fermantasyona bırakılmıştır. Fermantasyon sonunda kuru madde miktarı, yeşil çay kombuchada 0.88g/100 mL, kapari tomurcuklu kombuchada 1.11g/100 mL, yeşil çay ve kapari tomurcuklu kombuchada 1.14g/100 mL bulunmuştur. Bu sonuç yeşil çay ve kapari tohumunun karışımından kombucha üretilmesinin toplam kuru madde içeriğini artırdığını göstermektedir.

Yapılan bir çalışmada süt ve çeşitli bitki çayları (adaçayı, böğürtlen ve yeşil çay) 60:40 (v/v) oranında karıştırılmış ve kombucha kültürü ile 30 gün boyunca fermente edilmiştir. Üretilen kombucha içeceklerinin kuru madde miktarları; süttten üretilen

kombuchada %12.66, süt-yeşil çaydan üretilen kombuchada %9.71, süt-böğürtlenden üretilen kombuchada %8.76 ve süt-adaçayından üretilen kombuchada %7.83 bulunmuştur (Sarkaya, Akan ve Kinikvd., 2021).

Başka bir çalışmada farklı konsantrasyonlara sahip (%10 ve %15) siyah çay, yeşil çay ve yer elmasından kombucha üretilmiştir. En yüksek kuru madde miktarı %15 konsantrasyonundaki yeşil çay kombucha örneğinde (%11.7) bulunmuştur (Malbaşa vd., 2009)

5.1.4. Toplam Kül (%)

Bu çalışmada kombucha örneklerinin kül değerleri %0.015-0.294 arasında değişmektedir. Tüm örneklerin ortalama kül değerlerine bakıldığında en düşük değer %0.043 ile defne yaprağı örneklerinde, en yüksek değer ise %0.185 ile ısırgan örneklerinde tespit edilmiştir.

Bir çalışmada deniz üzümünden (*Caulerpa racemosa*) elde edilen kombuchanın kül oranı %7.07 bulunmuştur (Permatasari vd., 2021). Bu değer tez çalışması kapsamında üretilen kombucha çaylarından daha yüksektir. Deniz üzümünün kül içeriğinin daha fazla olması elde edilen kombucha çayının kül değerlerini etkilemiş olabilir.

Kılıç ve Şengün'ün yaptığı bir çalışmada (2023); Anadolu alıç, ısırgan ve siyah çaydan hem fermente edilmeden bitki çayı hem de 21 günlük fermentasyonla kombucha çayı elde edilmiştir. Üretimde, 2 farklı karbon kaynağı (sakkaroz ve bal) farklı oranlarda (75 ve 100 g) kullanılmıştır. Üretilen kombucha çayları ile çayların fermente olmamış bitki infüzyonları kıyaslanmıştır. Bitki çayı örneklerinin kül içerikleri 0.01 g/L ile 0.09 g/L arasında değişirken, kombucha örneklerinde bu değerler 0.10 g/L ile 1.84 g/L arasında belirlenmiştir. En yüksek kül içerikleri 100 gram balla hazırlanan ısırgan otu çayı ve kombuchasında görülmüştür. Isırgan otu kombuchasının kül içeriği, Anadolu alıç kombuchasından ve kontrol örneklerinden önemli ölçüde yüksek bulunmuştur.

Ilčić ve ark. (2011) %0.9 ve %2.2 oranında yağ içeren sütlere hem %10 hem de %15 oranında kombucha kültürü eklemişlerdir. Fermentasyon 29.5 °C'de 6 gün sürmüştür. Fermentasyon sonunda kül miktarları %0.680 (%0.9 yağ, %10 kültür), %0.570 (%0.9 yağ, %15 kültür), %0.590 (%2.2 yağ, %10 kültür) ve %0.570 (%2.2 yağ,

%15 kültür) olarak bulunmuştur. Kombucha kültürü ve sütün yağ miktarı arttıkça kül miktarı azalmıştır.

5.1.5. Toplam Protein Tayini (mg/mL)

Bu çalışmada protein değerleri 2.37-11.55 mg/mL arasında değişmektedir. Protein miktarının ortalamalarına bakıldığında en yüksek değer 10.66 mg/mL ile zeytin yaprağı örneklerinde, en düşük değer ise 3.34 mg/mL ile keçiyoynuzu örneklerinde saptanmıştır. Örnek bazında değişse de ortalama protein değerleri fermantasyon günlerine göre bakıldığında artış göstermiştir.

Yapılan bir çalışmada %75 yeşil çay ve %25 oolong çayı karışımından oluşan kombuchanın protein miktarı 3.31 µg/mL olarak bulunmuş olup bu tez kapsamında üretilen kombucha çaylarının protein değerlerinden oldukça düşüktür (Kaashyap, Cohen ve Mantri2021).

Jayabalan ve ark. (2010), 21 günlük fermantasyonla siyah çaydan kombucha çayı üretmiştir. Siyah çay kombuchasının protein miktarı fermantasyonla birlikte artış göstererek 7. günde 121.50 g/kg, 14. günde 184.10 g/kg ve 21. günde 231.10 g/kg bulunarak bu tez çalışması kapsamında üretilen kombucha örneklerinden oldukça yüksektir.

Başka bir çalışmada ise %3 yoğurt starter kültürüyle %1 ve %2.2 oranında süt yağı içeren süttten yoğurtlar üretilmiştir. Aynı zamanda bu çalışmada %10, %15, %20 oranında kombucha starter kültürü kullanılarak %1 ve %2.2 oranında süt yağı içeren süttten 29.5°C'de 6 günlük fermantasyon ile kombucha çayları üretilmiştir. En düşük protein miktarı %20 kombucha kültürüyle üretilen %1 yağlı süt kombuchasında (%3.0), en yüksek protein miktarı ise %1 yağlı süttten üretilen yoğurtta (%3.7) görülmüştür. Eklenen kültür miktarı ve süt yağı arttıkça protein miktarı azalmıştır (Milanović vd., 2008)

5.1.6. Toplam Karbonhidrat Tayini (mg/mL)

Bu çalışmada karbonhidrat değerleri 1.99-158.09 mg/mL arasında tespit edilmiştir. Karbonhidrat miktarlarının ortalamalarına bakıldığında en yüksek değer 81.94

ile kontrol örneklerinde, en düşük değer ise 9.81 mg/mL adaçayı örneklerinde bulunmuştur. Tüm örneklerde fermentasyonla birlikte karbonhidrat değeri azalmıştır.

Siyah çay ve zerdeçalden üretilen kombuchanın kıyaslandığı bir çalışmada çaylar 14 gün boyunca oda sıcaklığında inkübe edilmiş ve iki farklı kombucha içeceği elde edilmiştir. Toplam karbonhidrat miktarı %9.22 ile siyah çaydan üretilen kombuchanın 0. gününde en yüksek değeri gösterirken %7.83 ile yine siyah çaydan üretilen kombuchanın 14. gününde en düşük değeri göstermektedir. Her iki kombucha türünde fermentasyonla birlikte karbonhidrat miktarı azalmıştır (Zubaidah vd., 2021). Bu tez çalışmasında da fermentasyonla birlikte karbonhidrat miktarının azalmıştır.

Tu vd. (2019), soya peynir altı suyunun 7 gün boyunca 28 °C’de fermentasyonu ile kombucha üretmiştir. Toplam karbonhidrat içeriği ilk gün hafifçe artmış, ardından 9.68'den mg/ml'den 1.37 mg/ml'ye keskin bir düşüş olmuştur. 3. günde sabit kalmış devamında ise, 1.24 mg/ml'den 1.83 mg/ml'ye yükselmiştir. Fermentasyonun ilk 3 günü karbonhidrat miktarının azalması bu tez çalışmasının sonuçlarıyla benzerdir.

Yapılan bir çalışmada, siyah çay ve yeşil çaydan 25°C’de 7 gün boyunca kombucha üretilmiştir. Fermentasyon boyunca hem siyah hem de yeşil çayda toplam karbonhidrat miktarı azalmıştır. Bu kombucha çayı mikrobiyotasının şekeri etkin kullandığını göstermektedir. Fermentasyon sürecinde çeşitli karbon kaynakları kullanımının şeker tüketim miktarı üzerinde önemli bir etkisi vardır. Bu çalışmadaki çayların şeker bileşenlerine bakıldığında en yüksek glikoz değeri 5.17 g/L ile siyah çayda bulunurken siyah çay kombuchasında tespit edilmemiştir. En yüksek fruktoz değeri 2.54 g/L ile siyah çayda bulunurken siyah çay kombuchasında tespit edilmemiştir. En yüksek sakkaroz değeri 11.24 g/L ile yeşil çayda bulunurken siyah çay kombuchasında tespit edilmemiştir. Bu çalışma, maya hücreleri tarafından karbon kaynağı olarak önce glikoz sonra fruktoz daha sonra ise sakkarozun kullanıldığını göstermektedir (Şatır, 2023).

Tapias vd. (2022) yaptığı bir çalışmada; siyah çay, yeşil çay, yerba mate, lavanta, kekik ve rezeneden 21 günlük fermentasyon ile kombucha üretilmiş ve analiz yapılmıştır. Bitkisel infüzyonlar başlangıçta 100 g/l sakaroz içermektedir. Bu konsantrasyon, fermentasyon boyunca 69 g/L (yeşil çay) ile 47 g/L (mate çayı) arasında değişen değerlere kadar azalmış, ancak tüm kültürlerde sakaroz içeriği 30 gün sonra 2.3 g/l'ye düşmüştür. Toplam karbonhidrat değerlerine bakıldığında en yüksek değer 32.9 g/L ile yerba

mateden üretilen kombuchada iken en düşük değer 13.4 g/L ile rezeneden üretilen kombuchada bulunmuştur.

Yılan meyvesi suyu ve siyah çayın kıyaslandığı bir çalışmada 14 günlük fermantasyon sonucu yılan meyvesinin suyundan ve siyah çaydan kombucha elde edilmiştir. Toplam şeker miktarının en yüksek değeri %10.50 ile yılan meyvesinden üretilen kombuchanın 0. gününde; en düşük değeri ise %6.78 ile siyah çaydan üretilen kombuchanın 14. gününde elde edilmiştir. Her iki kombucha türünde de fermantasyonla birlikte toplam şeker miktarı azalmıştır (Zubaidah vd., 2019).

5.1.7. Suda Çözünür Kuru Madde (Briks)

Bu çalışma da suda çözünür kuru madde miktarı 6.00-8.00 briks arasında değişmektedir. Ortalama suda çözünür kuru madde değerleri, kontrol ve defne yaprağı örneklerinde 7.66 briks, adaçayı, karabaş ve melisa örneklerinde 7.00 briks, biberiye ve kekik örneklerinde 7.33 briks, ısırgan, keçiboynuzu, zeytin yaprağı örneklerinde 6.33 briks ve kantaron örneklerinde 6.66 briks bulunmuştur.

Atık çaydan üretilen kombuchanın 14 günlük süre boyunca suda çözünür kuru madde içeriği 8. güne kadar 5° Brix'e yükselmiş olup sonrasında neredeyse %30 oranında azalmıştır. Bu tez çalışmasında da keçiboynuzu, kekik ve zeytin yaprağı örneklerinde suda çözünür kuru madde miktarlarında önce bir artış devamında ise bir azalış söz konusudur (Pradhan vd., 2023).

Fermantasyon sıcaklığının kombucha çayı üzerine etkisini araştıran bir çalışmada siyah çaydan 2 parti kombucha üretilmiş, bir partisi oda sıcaklığında bir partisi 28°C'de 15 gün boyunca inkübasyona bırakılmıştır. En düşük suda çözünür kuru madde değeri 8.67 briks ile 28°C sıcaklıkta 15. günde görülürken en yüksek suda çözünür kuru madde değeri 10.10 briks ile 28°C sıcaklıkta 5. günde görülmüştür. Her iki sıcaklık değerindeki kombuchada en yüksek briks değeri 5. günde görülmüş ve sonra zamanla azalmıştır (Sağlam vd., 2021).

Başka bir çalışmada gül yapraklarından kombucha üretilmiş ve siyah çayla üretilen kombuchayla kıyaslanmıştır. Gül yapraklarından üretilen kombuchanın suda çözünür kuru madde miktarı 4.9 briks bulunurken, siyah çaydan üretilen kombuchanın

suda çözünür kuru madde miktarı 4.3 briks bulunmuştur (Çakıroğlu, Oral ve Filizvd., 2024).

Farklı bir çalışmada ise yeşil çaydan kombucha üretilmiş olup Konya ve Hatay çeşitlerinden elde edilen siyah havuç suları iki farklı konsantrasyonda (%10 ve %20) olacak şekilde yeşil çay kombuchasına eklenip 12 gün boyunca fermente edilmiştir. Konya siyah havucuyla üretilen kombuchanın çözünür kuru madde miktarı 8.97 brix, Hatay siyah havucuyla üretilen kombuchanın çözünür kuru madde miktarı 8.40 brix bulunmuştur (Yıldız, Güldaş ve Gürbüz, 2020).

5.2. Çeşitli Bitki Çaylarından Elde Edilen Kombucha Çaylarının Mikrobiyolojik Özellikleri

Bu çalışmada toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı 3.92-6.38 log kob/mL arasında değişmektedir. Tüm grupların ortalama toplam mezofilik aerobik bakteri sayısına bakıldığında en düşük değer 4.27 log kob/mL ile ısırgan örneklerinde, en yüksek değer ise 5.61 log kob/mL ile keçiyoynuzu ve kekik örneklerinde tespit edilmiştir.

Toplam maya-küf sayısı 3.40-7.00 log kob/mL arasında değişmektedir. Tüm grupların ortalama toplam maya küf sayısına bakıldığında en düşük değer 4.56 log kob/mL ile zeytin yaprağı örneklerinde, en yüksek değer ise 6.03 log kob/mL ile melisa örneklerinde görülmüştür. Depolama günleri boyunca gruplar arasında inişler çıkışlar olsa da ortalamaya bakıldığında fermentasyon boyunca toplam maya-küf sayısı artmıştır.

Bu çalışmada asetik asit bakteri sayısı 4.90- 8.56 log kob/mL arasında tespit edilmiştir. Tüm grupların ortalama asetik asit bakteri sayısına bakıldığında en düşük değer 5.67 log kob/mL ile karabaş örneklerinde; en yüksek değer ise 7.69 log kob/mL ile biberiye örneklerinde bulunmuştur.

Lactobacillus ssp. sayısı 4.12-6.68 log kob/mL arasında bulunmuştur. Tüm grupların ortalama *Lactobacillus* ssp. sayısına bakıldığında en düşük değer 5.18 log kob/mL ile karabaş örneklerinde; en yüksek değer ise 6.31 log kob/mL ile defne yaprağı örneklerinde bulunmuştur.

Bu çalışmada *Lactococcus* ssp. sayısı 4.77-6.55 log kob/mL arasında bulunmuştur. Tüm grupların ortalama *Lactococcus* ssp. sayısına bakıldığında en düşük değer 5.43 log kob/mL ile zeytin yaprağı örneklerinde, en yüksek değer ise 6.11 log kob/mL ile defne yaprağı örneklerinde tespit edilmiştir.

Toplam mezofilik aerobik bakteri, asetik asit bakterileri, *Lactobacillus* ssp. ve *Lactococcus* ssp. hücre sayıları fermantasyon günleri boyunca gruplar arasında inişler çıkışlar olsa da ortalamaya bakıldığında 15. güne kadar artmış, 15. günden sonra 30. güne kadar düşüş göstermiştir. Bu durum, kültür içerisinde bulunan mikroorganizmaların mikrobiyal faaliyetleri için gerekli besin bileşenlerinin fermantasyonun 15. gününden itibaren azalmış olabilmesi, fermantasyon süresince üretilen metabolitlerin ortamda mikrobiyal faaliyet için stres kaynağı oluşturabilmesi ile açıklanabilir (Pradhan vd., 2023).

de Noronha vd. (2022), siyah çaydan kombucha üretmişler ve 25 °C'de 10 gün boyunca fermantasyona tabi tutmuşlardır. Mikrobiyolojik analize bakıldığında maya sayısı fermantasyon boyunca 5.92 log kob/mL ile sabit kalmıştır. AAB sayısı, fermantasyonun başlangıcında sabit olup ilk üç günde 5.91 ila 5.83 log kob/mL arasında değişmiştir. Fermantasyonun 3. gününden 10. gününe kadar 5.83 ila 3.90 log kob/mL arasında değişmiştir. Bu azalma, ortamdaki kullanılabilir besin maddelerinin azalmasından kaynaklanabilmektedir. LAB sayısındaki artış fermantasyonun 2. gününde meydana gelmiştir. 4.32 ila 5.69 log kob/mL arasında değişmiş olup sonrasında da devam etmiştir.

Yapılan başka bir çalışmada farklı mikrobiyal bileşimlere sahip üç kültür ile hazırlanan üç farklı tip kombucha içeceğinin mikroorganizma sayısına bakılmıştır. Substrat olarak siyah çay kullanılmış ve 24°C'de 7 gün fermantasyona bırakılmıştır. Birinci kombucha kültüründe bakteri olarak %85.6 *Gluconacetobacter* ve maya olarak %84.1 *Zygosaccharomyces* bulunmuştur. İkinci kombucha kültüründe bakteri olarak %82.3 *Gluconacetobacter* ve maya olarak %83.2 *Zygosaccharomyces* bulunmuştur. Üçüncü kombucha kültüründe bakteri olarak %84.3 *Gluconacetobacter* ve maya olarak %85.3 *Zygosaccharomyces* bulunmuştur. Fermantasyonla birlikte mikrobiyal kültür bileşimi incelenmiştir. Fermantasyonun 0. gününde en yüksek bakteri ve maya sayısı 4.7×10^5 kob/ml ve 4.8×10^5 kob/ml ile birinci kombucha türüne ait bulunmuştur.

Fermantasyonun 1. gününde en yüksek bakteri sayısı (7.1×10^7 kob/ml) ve maya sayısı (6.6×10^8 kob/ml) yine birinci kombucha türünde tespit edilmiştir. Fermantasyonun 7. gününde en yüksek bakteri (7.9×10^9 kob/ml) ve maya sayısı (82×10^9 kob/ml) üçüncü kombucha türüne ait bulunmuştur (Watawana vd., 2015b).

Antalya ilinde endemik ve tıbbi öneme sahip *Origanum bilgeri* ile fermente edilen kombucha çayı ile geleneksel kombucha çayının 0, 7 ve 14. fermantasyon günlerindeki mikrobiyal analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. En yüksek asetik asit bakteri sayısı 1.4×10^7 kob/ml ile *O. bilgeri* katkılı kombucha çayının fermantasyonunun 7. gününde tespit edilmiştir. En düşük AAB sayısı ise 2.3×10^3 kob/ml ile geleneksel kombucha çayının fermantasyonunun 0. gününe ait bulunmuştur. En yüksek toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı 2.9×10^7 kob/ml ile *O. bilgeri* katkılı kombucha çayının fermantasyonunun 7. günü olarak karşımıza çıkmıştır. En düşük toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı ise 3.0×10^3 kob/ml ile geleneksel kombucha çayının fermantasyonunun 0. gününde bulunmuştur. Maya sayısının en yüksek değeri 3.6×10^7 kob/ml ile geleneksel kombucha çayının fermantasyonunun 14. gününde, en düşük değeri ise 1.7×10^3 kob/ml ile geleneksel kombucha çayının fermantasyonunun 0. gününde görülmüştür. *Lactobacillus* sayısı 1.6×10^8 kob/ml ile *O. bilgeri* katkılı kombucha çayının fermantasyonunun 7. gününde en yüksek değere ulaşmıştır. En düşük değere ise 3.0×10^3 kob/ml ile geleneksel kombucha çayının fermantasyonunun 0. gününde gözlenmiştir (Delik vd., 2021).

Bir çalışmada; kırmızı havuç, kırmızı pancar ve mor lahanana sebzelerinden 21 günlük fermantasyon sonucu kombucha çayları elde edilmiştir. Örneklerin ortalama toplam aerobik mezofilik bakteri sayısına bakıldığında en yüksek değer 5.68 log kob/ml ile mor lahanadan üretilen kombucha çayında gözlenmiştir. En düşük değer ise 2.58 log kob/ml ile kırmızı pancardan üretilen kombucha çayında gözlenmiştir. Fermantasyon günlerinin ortalamalarına bakıldığında ise toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı 5.7 log kob/ml ile 21. günde en yüksek, 2.74 log kob/ml ile 14. günde en düşük bulunmuştur. Örnekler ortalama ozmofilik maya sayısı açısından incelendiğinde, en yüksek değer 3.34 log kob/ml ile mor lahanadan üretilen kombucha çayında, en düşük değer 2.57 log/kob ml ile kırmızı pancardan üretilen kombucha çayında tespit edilmiştir. Fermantasyonun başlangıcında ozmofilik maya sayısı 2.6 log kob/ml iken zamanla artmış ve 21. günde 3.34 log kob/ml olmuştur. Ortalama laktik asit bakteri sayısına bakıldığında, en yüksek değer 3.98 log kob/ml ile kırmızı havuçtan üretilen kombucha çayından, en düşük değer

3.45 log kob/ml ile mor lahanadan üretilen kombucha çayında bulunmuştur. Fermantasyonun başlangıcında laktik asit bakteri sayısı 3.22 log kob/ml iken zamanla artmış ve 21. günde 4.33 log kob/ml olmuştur. Ortalama asetik asit bakteri sayısı ise 5.7 log kob/ml ile kırmızı pancardan üretilen kombucha çayında en yüksek, 3.92 log kob/ml ile mor lahanadan üretilen kombucha çayında en düşük değeri göstermiştir. Fermantasyonun başlangıcında AAB sayısı 3.35 log kob/ml iken zamanla artmış ve 21. günde 6.41 log kob/ml olmuştur. Ortalama toplam maya küf sayısına bakıldığında en yüksek değer 5.53 log kob/ml ile kırmızı pancardan üretilen kombuchada, en düşük değer ise 4.89 log kob/ml ile kırmızı havuçtan üretilen kombuchadan elde edilmiştir. Fermantasyon başında 5.14 log kob/ml olan maya küf sayısı zamanla düşmüş fermantasyon sonunda 4.57 log kob/ml olmuştur. Ortalama *Lactococcus/ Streptococcus* türü bakteri sayısına bakıldığında ise en yüksek değer 3.80 log kob/ml ile kırmızı pancardan üretilen kombuchada; en düşük değer ise 3.16 log kob/ml ile mor lahanadan üretilen kombuchada görülmüştür. Fermantasyonun 0. günü en düşük (3.16 log kob/ml), fermantasyonun 14. günü ise en yüksek (3.85 log kob/ml) değere ulaşmıştır (Akarca ve Tomar, 2020).

Pyrovolou vd. (2024) yaptıkları bir çalışmada 2 farklı sistemde kombucha üretilmiştir. İlk sistemde yeşil ve dağ çayı karışımlarına şeker, ikinci sistemde ise yeşil ve dağ çayı karışımlarına keçiyoynuzu şurubu eklenmiştir. Fermantasyon sonunda mayalar ve AAB düzeyleri >7 log kob/mL bulunurken LAB ise 4-5 log kob/mL düzeylerinde bulunmuştur.

Siyah çay ve yeşil çaydan üretilen kombuchaların kıyaslandığı bir çalışmada fermantasyonun 0, 3, 7, 10, 15.günlerinde fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Toplamda, 15 günlük fermantasyon süresince bakteri ve mayalardan oluşan 133 suş izole edilmiştir. Bu suşlardan 94 tanesi AAB ve 8 tanesi ise *Sphingomonas* cinsine karşılık gelmiştir. Ayrıca, *Komagataeibacter hansenii* (%41.2), *K. europaeus* (%23.5) ve *K. xylinus* (%14,7) en sık gözlenen suşlar olarak tespit edilmiştir. Mayalardan *Zygosaccharomyces bailli* için 24 adet, *Rhodotorula mucilaginosa* 4 adet ve *Saccharomyces cerevisiae* 3 adet suş tespit edilmiştir (Barbosa vd., 2021).

Sknepnek vd. (2021) yaptıkları bir çalışmada, *Lentinus edodes* ve *Coriolus versicolor* tıbbi mantarlarının üzerine kombucha sıvısı eklemiş 24°C'de 11 gün boyunca fermentasyona bırakmışlardır. Mikrobiyolojik analizlere bakıldığında maya hücresi sayısındaki en yoğun değişim, fermentasyonun başlamasından 24 saat sonra tespit edilmiştir. Maksimum sayıya *L. edodes* kombuchasında 2. günde (7.83 kob/mL) ulaşılmış ve ardından sabit bir düşüş yaşanmıştır. *C. versicolor* kombuchasındaki mayaların maksimum sayısı, fermentasyonun üçüncü gününde 7.50 log kob/mL'ye ulaşırken, 7 log kob/mL'nin altındaki sayı 11 gün sonra belirlenmiştir. AAB hücrelerinin en yoğun artışı, her iki kombucha türünde de fermentasyonun ilk 24 saatinden sonra tespit edilmiştir. *C. versicolor* kombuchasında AAB hücrelerinin maksimum sayısı (7.56 log kob/mL) üç günlük fermentasyondan sonra tespit edilmiş, ardından sayıda sürekli bir azalma görülmüştür. *L. edodes* kombuchası ile ilgili olarak, maksimum sayıya (7.18 log kob/mL) iki gün sonra ulaşılmış, ardından 5. güne kadar bir azalma görülmüştür. Tekrarlayan artış 7. günde tespit edilmiş, ardından izleme periyodunun sonuna kadar hücre sayısında sürekli bir azalma görülmüştür.

Yapılan diğer bir çalışmada, Çin bitkisel kombucha çayı incelenmiştir. Deneysel kombucha çayı 50 gr şeker, 1 gr amonyum sülfat, 1 gr mono potasyumfosfat, 5 gr meyan kökü (*Glycyrrhizae radix*), 2 gr Grosvenor momordica (*Momordica Grosvenori*), 2 gr krizantem (*Dendranthema morifolium*) ve 2 gr yeşil çay (*Camellia sinensis*) 1 L distile suda karıştırılarak hazırlanmıştır. 28°C'de 7 gün inkübasyona bırakılmıştır. Çin bitkisel kombucha çayının asetik asit bakteri sayısı 4.7×10^5 kob/ml ve maya sayısı 4.9×10 kob/ml bulunmuştur (Fu vd., 2015).

5.3. Çeşitli Bitki Çaylarından Elde Edilen Kombucha Çaylarının Antioksidan Özellikleri

5.3.1. Fenolik Madde Tayini (mg GAE/100 mL)

Çalışmadaki tüm örnekler incelendiğinde fenolik madde miktarı 2.91-1217.65 mg GAE/100 mL arasında değişmektedir. Tüm grupların ortalamalarına bakıldığında en yüksek fenolik madde miktarı 733.84 mg GAE/100 mL değeri ile melisa örneklerinde, en düşük fenolik madde miktarı ise 3.84 mg GAE/100 mL değeri ile defne yaprağı örneklerinde bulunmuştur.

Lazzaroli ve ark. (2023), siyah çay (%100) ve zeytin yapraklarının farklı konsantrasyonlarından (%25, %50, %100) 12 günlük fermentasyonla kombucha üretmiştir. Toplam fenolik bileşiklere bakıldığında en yüksek fenolik madde miktarı fermentasyon öncesi siyah çay (%100) infüzyonunda 409.2 mg GAE/L bulunmuştur. En düşük fenolik madde miktarı ise 362.8 GAE/L değeri ile fermentasyon sonrası zeytin yaprağından (%100) retilen kombuchada bulunmuştur.

La Torre vd. (2021) yaptıkları bir çalışmada siyah çaydan kombucha üretilmiş 4 C’de 9 ay boyunca depolanmıştır. Toplam fenolik madde miktarı, siyah çay kombuchasının fermentasyonunun 1. ayında maksimum değeri göstermiş olup (234.1 g GAE/ mL), siyah çaydan (137.5 g GAE/ mL) 1.7 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. 2. aydan 4. aya kadar toplam fenolik madde miktarı anlamlı bir fark olmaksızın 234.1 g GAE/mL’ den 223.5 g GAE/mL’ye dşmştir. Yine 5. aydan (202.9 g GAE/mL) 9. aya (80.8 g GAE/mL) anlamlı ölçüde azalmıştır.

ay kalıntılarının kombucha fermentasyonu üzerine etkisini araştıran bir çalışmada, asma ayı (*Ampelopsis grossedentata*) ve tatlı aydan (*Rubus suavissimus*) hem çay kalıntıları süzülmeden hem de çay kalıntıları süzülerek kombucha üretilmiştir. Asma ay kombuchasının toplam fenolik madde değerleri ilk başta artmış ve daha sonra fermentasyon süresinin uzamasıyla hafifçe azalmıştır. Asma ayı kalıntılarının süzüldüğü veya szlmediği kombuchanın maksimum değerleri sırasıyla 3. ve 9. günlerde elde edilmiştir. Asma ayı kalıntılı kombuchanın toplam fenolik madde değerleri, kalıntısız olanlara kıyasla önemli ölçüde daha yüksek bulunmuş olup 3. günde %55 artmıştır. Tatlı ay kombuchasında fermentasyon süresinin uzamasıyla birlikte, toplam fenolik madde değerlerinin değişim eğilimi önce artmış, sonra azalmış ve 9. günde maksimum değere ulaşmıştır. Ayrıca, ay kalıntısı olan kombuchanın toplam fenolik değerleri, çay kalıntısı olmayanlara kıyasla belirgin şekilde daha yüksek olup, 15. günde %35’lik bir artış göstermiştir (Saimaiti vd., 2022).

Ivanişov vd. (2020), 7 günlük fermentasyon ile siyah çaydan kombucha elde etmişlerdir. Kombucha ayındaki toplam polifenol içeriği 412.25 mg GAE/L hesaplanmıştır.

Yapılan bir çalışmada %75 yeşil çay ve %25 oolong çayı karışımından kombucha üreten bir firmadan kombucha satın alınmış ve fizikokimyasal, mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Kombucha örneklerinde toplam fenolik madde miktarı 290 mg/mL bulunmuştur (Kaashyap, Cohen ve Mantri, 2021).

Silva vd. (2021) yaptığı bir çalışmada *Malvaviscus arboreus* (ebegümeci) ve yeşil çayın tatlandırılmasıyla bitki infüzyonu ve 24°C'de 14 gün fermentasyonu kombucha çayı üretilmiştir. Toplam fenolik bileşiklere bakıldığında en yüksek değer 568.4 µg GAE/mL ile yeşil çay infüzyonunda, en düşük değer ise 50.9 µg GAE/mL ile ebegümeci infüzyonunda görülmüştür. Ebegümeci kombuchasının (124.6 µg GAE/mL) toplam fenolik içeriği ebegümeci infüzyonundan (50.9 µg GAE/mL) daha yüksek bulunmuştur. Yeşil çay infüzyonunun (568.4 µg GAE/mL) toplam fenolik içeriği yeşil çay kombuchasından (565.0 µg GAE/mL) daha yüksek bulunmuştur.

5.3.2.FRAP Tayini (µmol/L)

Bu çalışmada FRAP değerleri 1.96-170.71 µmol/L arasında tespit edilmiştir. Tüm grupların ortalama FRAP değerlerine bakıldığında en yüksek değer 138.32 µmol/L ile karabaş örneklerinde, en düşük değer ise 8.22 µmol/L keçiboynuzu örneklerinde bulunmuştur.

Çay kalıntılarının kombucha fermentasyonu üzerine etkisini araştıran bir çalışmada, siyah ve yeşil çaydan hem çay kalıntıları atılmadan hem de çay kalıntıları süzülerek kombucha üretilmiştir. Genel olarak, kombuchanın FRAP değerleri öncelikle fermentasyon süresinin artmasıyla artmış ve altıncı günde maksimuma ulaşmış, ardından azalmıştır. Siyah çay kalıntısı olan kombuchanın FRAP değerleri, çay kalıntısı olmayanlara göre 1.6 kat daha yüksek bulunmuştur. Yeşil çaydan elde edilen kombuchanın FRAP değerleri, ilk önce fermentasyon süresinin uzamasıyla artmış ve daha sonra azalmıştır. Çay kalıntısı olan ve olmayan kombuchanın maksimum değerleri sırasıyla 3. ve 6. günde elde edilmiştir. Yeşil çay kalıntısı olan kombuchanın FRAP değerleri, çay kalıntısı olmayanlara göre sırasıyla 3. ve 6. günde 3.13 ve 2.62 kat daha yüksek çıkmıştır. Çay kalıntısı ile fermentasyon, kombucha içeceklerinin FRAP değerlerini önemli ölçüde artırmış ve yeşil çay kalıntısı, siyah çay kalıntısından daha güçlü bir etki göstermiştir (Zhou vd., 2022).

Bir çalışmada soya peynir altı suyunun 7 gün boyunca 28 °C’de fermentasyonu ile kombucha üretilmiştir. FRAP, soya peynir altı suyu kombuchası için 7.70-681.03 μM FeSO_4 arasında değişirken, soya peynir altı suyu için FRAP 15.37-253.24 μM FeSO_4 arasında değişmektedir (Tu vd., 2019).

Yapılan bir çalışmada temelinde yeşil çaydan üretilen kombuchalara farklı hammaddeler eklenmiştir. Bu hammaddeler limon otu, lavanta, meyan kökü–nane karışımı, zerdeçal-limon karışımı, mango, reishi-chaga karışımı ve nane-gül-nar karışımıdır. FRAP değerlerine bakıldığında en yüksek değer 5635.90 μM Fe(II)/L ile reishi-chaga karışımının eklendiği yeşil çay kombuchasında gözlenirken en düşük değer ise 2995.20 μM Fe(II)/L ile limon otunun eklendiği yeşil çay kombuchasında görülmüştür. Hammadde eklenmeyen yeşil çay kombuchasının FRAP değerleri 4250.70-4375.10 μM Fe(II)/L arasında tespit edilmiştir (Jakubczyk vd., 2025).

Siyah çay, yeşil çay ve pu-erh çayından 28°C’de 20 günlük fermentasyonla kombucha üretilen bir çalışmada FRAP değerleri incelenmiştir. FRAP, üç çay türünde de 12 günlük fermentasyondan sonra en yüksek değeri göstermiştir. FRAP’ta keskin bir düşüş (neredeyse ilk aktivite seviyesine) 12 ile 16. günler arasında meydana gelmiş ve bunu 16. günden 20. güne bir artış izlemiştir. Fermentasyonu 0. gününde en yüksek FRAP değeri siyah çayda (0.2-0.3 mg FESO_4/mL) iken en düşük değer yeşil çayda (0.0 mg FESO_4/mL) bulunmuştur. Fermentasyonun 20. gününde ise FRAP değerleri siyah çayda (0.3-0.4 mg FESO_4/mL) en yüksek, yeşil çay kombuchasında (0.0-0.1 mg FESO_4/mL) ise en düşük bulunmuştur. Tüm çay türlerinde inişler ve çıkışlar olsa da fermentasyonla birlikte FRAP değerlerinde artış görülmüştür (Hsieh, Chiu ve Chou, 2021).

Cheng vd. (2024) *Rhodiola rosea* ve *Salvia miltiorrhiza* bitkilerinin üretim esnasında kalıntılarını süzerek ve süzmeyerek kombucha üretmiştir. *R. rosea* kalıntısıyla fermente edilen kombuchada FRAP değerleri zaman geçtikçe önemli ölçüde artmış ve 12. günde maksimum değere (10.5 mmol Fe^{2+}/L) ulaşmış ve azalmıştır. 0. günde FRAP değeriyle karşılaştırıldığında, 12. günde FRAP değeri 2.73 kata kadar daha fazla bulunmuştur. Ancak, *R. rosea* kalıntılı ve kalıntısız kombucha çayları karşılaştırıldığında, kalıntılı kombucha çayındaki FRAP değerleri daha yüksek bulunmuştur. *S. miltiorrhiza* kalıntılı kombuchanın fermentasyon sürecinde, FRAP değerleri 3. günde artmış (6.46 mmol Fe^{2+}/L) ve ardından istikrarlı bir şekilde azalmıştır. *S. miltiorrhiza* kalıntısı olmayan kombuchada FRAP değerlerinde önemli bir değişiklik

olmamıştır. *S. miltiorrhiza* kalıntılı kombuchanın FRAP değerleri, kalıntı olmayan kombuchaya kıyasla 3. günde (1.5 kat), 6. günde (1.2 kat) ve 9. günde (1.2 kat) önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur.

Yapılan bir çalışmada bambu yaprağı ve dut yaprağından hem kalıntıları süzülerek hem de süzülmeden 15 günlük fermantasyonla kombucha üretilmiştir. Bambu yaprak kalıntılarıyla üretilen kombuchanın FRAP değerleri fermantasyon süresi boyunca artmış ve 15. günde zirveye (0.günün 2.04 katı) ulaşmıştır. Yaprak kalıntıları olmadan fermente edilen bambu yapraklı kombucha için, FRAP değerleri fermantasyon süresinin uzamasıyla neredeyse hiç değişmemiştir. Yaprak kalıntılarıyla fermente edilen bambu yapraklı kombuchanın FRAP değerleri, yaprak kalıntıları olmadan fermente edilen kombuchanın değerlerinden belirgin şekilde daha yüksek bulunmuştur. Hem yaprak kalıntılarıyla hem de kalıntısız fermente edilen dut yaprağı kombuchası için FRAP değerleri zamanla kademeli olarak artmış ve 15. günde zirveye ulaşmıştır, bu değerler sırasıyla 0. güne kıyasla 1.62 kat ve 1.51 kat daha fazla bulunmuştur. Her iki çay türünde de kalıntıyla fermente edilen kombuchanın FRAP değerleri daha yüksek bulunmuştur (Xiong vd., 2023).

Olifera yapraklarına farklı konsantrasyonlarda (%50:50, %75:25 ve %25:75) aloe vera ve dekstroz eklenerek 25°C'de 15 günlük fermantasyonla kombucha üretilen bir çalışmada FRAP değerleri incelenmiştir. Kontrol grubunun FRAP değeri 83.69 mM TE/mL ile 15. günde, %50 aloe vera-%50 dekstroz grubunun FRAP değeri 78.94 mM TE/mL ile 12.günde en yüksek konsantrasyona sahip bulunmuştur. 12. günde %75 aloe vera-%25 dekstroz grubu 55.10 mM TE/mL değeri ile %25 aloe vera-%75 dekstroz grubu 65.20mM TE/mL en yüksek konsantrasyonları göstermiştir (Ochoa-Chantaca vd., 2024).

5.3.3. TEAC Tayini (μmol TR/mL)

Çalışmamızın TEAC değerleri 1.12- 6.63 μmol TR/mL arasında tespit edilmiştir. Örneklerin ortalama TEAC değerlerine bakıldığında en yüksek değer 4.70 μmol TR/mL ile ısırgan örneklerinde, en düşük değer ise 2.92 μmol TR/mL ile kontrol örneklerinde bulunmuştur. Tüm örneklerde depolama boyunca TEAC değerleri azalmıştır.

Yapılan bir çalışmada 30°C'de 15 günlük fermantasyon ile beyaz, yeşil, oolong, siyah ve pu-erh çayından kombucha üretilmiştir. En yüksek TEAC değeri 1279.70 μ mol

Trolox/mL değeri ile yeşil çaydan üretilen kombuchada gözlenmiştir (Değirmencioğlu vd., 2021).

Yapılan bir çalışmada yeşil çaydan kombucha üretilmiş olup Konya ve Hatay çeşitlerinden elde edilen siyah havuç suları iki farklı konsantrasyonda (%10 ve %20) olacak şekilde yeşil çay kombuchasına eklenip 12 gün boyunca fermente edilmiştir. TEAC değeri Hatay siyah havucundan üretilen kombuchada 12.06 μ mole Trolox/g, Konya siyah havucundan üretilen kombuchada 88.53 μ mol Trolox/g bulunmuştur (Yıldız, Güldaş ve Gürbüz, 2020).

Sun, Li ve Chen(2015) yaptıkları bir çalışmada, tatlandırılmış siyah çay (%10 w/v) ile buğday çimi suyunu çeşitli oranlarda karıştırıp (120:0, 80:40, 60:60, 40:80, 0.120) 12 gün boyunca 29 °C'de fermantasyonla kombucha üretmişlerdir. Ortalama TEAC değeri 0.6 μ mol Trolox/mL bulunmuştur.

Kombucha üretiminde yer alan bitkiler, ilave edilen karbon kaynakları, starter kültür olarak kullanılan SCOBY bileşim ve içeriği, fermantasyon süresi, sıcaklığı, üretim metotları, kullanılan kaplar, depolama koşulları, ambalaj materyali gibi parametrelerin değişkenliği üretilen kombuchaların fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve antioksidan özelliklerinde çeşitliliğe neden olmaktadır (Kaashyap, Cohen ve Mantri, 2021; Permatasari vd., 2021).

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Beslenme, hayatı devam ettirmek için en temel gereksinimdir. Hayatı devam ettirirken beslenmenin sağlıklı ve dengeli olması fazlasıyla önem taşımaktadır. Bu aşamada kişinin gereksinmesi kadar ihtiyaç duyduğu besin öğelerinden alması gerekmektedir. Son zamanlarda kişilerin bilinçlenmesiyle birlikte sağlıklı beslenmeye ve fonksiyonel gıdalara olan ilgi artmaktadır. Tüketiciler fonksiyonel gıda arayışına yönelmektedir.

Kombucha her ne kadar ülkemizde çok adını duyurmasa da tıpkı kefir gibi çok fazla sağlık yararı olan fermente bir içecektir. Kombuchanın hazırlanmasında daha çok siyah çay tercih edilse de melisa, adaçayı, nane gibi farklı bitki özleriyle de hazırlanabilmektedir. Genellikle siyah çay ve şekerin fermantasyonu ile elde edilen bu içeceğin hem maliyeti düşüktür hem de hazırlanması kolaydır. Bu çalışma kapsamında, çeşitli bitki çayları kullanılarak farklı kombucha çayları üretip bu fonksiyonel içeceğin hem kullanımının artırılması hem de yerel bir ürün haline dönüştürülmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışma; farklı çay çeşitlerinden kombucha üretimi, üretilen kombuchaların fizikokimyasal özellikleri, mikrobiyolojik özellikleri ve antioksidan kapasitesini belirlenmesi şeklinde dört ana başlık altında dizayn edilmiştir. İlk aşamada; siyah çay, adaçayı, biberiye, defne yaprağı, ısırgan, kantaron, karabaş, keçiboynuzu, kekik, melisa, zeytin yaprağı kullanılarak kombucha üretilmiştir.

İkinci aşamada ürünlerin fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Genel olarak depolama boyunca pH düşmüş, titrasyon asitliği ise artmıştır. Toplam kuru madde miktarı fermantasyonun ortasında düşüş gösterse de depolamanın sonunda artmıştır. Kül miktarı ise depolama boyunca artış göstermiştir. Karbonhidrat miktarı ise fermantasyon boyunca kullanılması nedeniyle düşüş göstermiştir. Protein ve suda çözünür kuru madde miktarı depolama boyunca kombucha çayları arasında farklılıklar göstermiştir.

Üçüncü aşamada ürünlerin mikrobiyolojik özellikleri incelenmiştir. Toplam maya-küf miktarı, genellikle fermantasyon boyunca artış göstermiştir. Diğer

mikrobiyolojik analiz sonuçları fermentasyon boyunca kombucha çayları arasında farklılıklar göstermiştir.

Dördüncü aşamada kombucha çaylarının antioksidan kapasiteleri toplam fenolik madde, FRAP ve TEAC analizleriyle gerçekleştirilmiştir. TEAC değerleri fermentasyon boyunca azalmıştır. FRAP ve toplam fenolik madde değerleri ise fermentasyon boyunca kombucha çayları arasında farklılıklar göstermiştir.

Sonuç olarak, farklı substratlardan kombucha üretilmesi kombuchanın protein içeriğini artırıp antioksidan özelliklerini geliştirmiştir. Akdeniz ve Ege bölgesinde bitki çayı olarak halk arasında oldukça fazla tercih edilen bu bitkiler, kombucha üretiminde farklı ürünler üretilmesi ve fonksiyonel özelliklerin zenginleştirilmesi için tercih edilebilir.

6.2. Öneriler

Bu çalışmada çeşitli bitki çaylarından üretilen kombucha çaylarının fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve antioksidan özellikleri incelenmiştir. İleri çalışmalarda kombucha çaylarının farklı sebze-meyvelerle yapılması, mikro besin öğelerinin (aminoasit, yağ asitleri, vitamin, mineral, gibi bileşenlerinin) incelenmesi ve insan sağlığına olan etkilerinin değerlendirilmesi önerilmektedir.

Çalışma, farklı substrat kullanımının protein miktarı ve TEAC değerlerinde artış olduğunu göstermektedir. İleri çalışmalarda söz konusu artışı sağlayan fenolik bileşenlerin hangileri olduğunun tespit edilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Ahmed RF, Hikal MS ve Abou-Taleb KA (2020). Biological, chemical and antioxidant activities of different types Kombucha. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(1):35-41. DOI.org/10.1016/j.aos.2020.04.001
- Akarca G ve Tomar O (2020). Kırmızı ve mor sebzelerle hazırlanan kombucha çaylarının kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(2): 215-222. DOI: 10.29136/mediterranean.680360
- Aksu Ö ve Altınterim B (2015). Kantaron Otu (*Hypericum perforatum*) ve Hiperisin. *Bilim ve Gençlik Dergisi*, 3(1), 58-64. Erişim Adresi: https://www.researchgate.net/profile/BasarAltinterim/publication/282758319_Kantaron_Otu_Hypericum_perforatum_ve_Hiperisin/links/561b8f4008aea80367241453/Kantaron-Otu-Hypericum-perforatum-ve-Hiperisin.pdf
- Al-dulaimi FK, Abd-alwahab WI ve Hasan AS (2018). Bioactivity study of kombucha black tea and kombucha with skim milk on some of physiological and biochemical parameters in male albino rats. *International Journal of Pharmaceutical Research*, 10(1): 301-306. Erişim Adresi: https://www.researchgate.net/profile/WijdanAbdAlwahab/publication/329130619_Bioactivity_Study_of_Kombucha_Black_tea_and_Kombucha_with_Skim_Milk_on_Some_of_Physiological_and_Biochemical_Parameters_in_Male_Albedo_Rats/links/5bf70442a6fdcc538813a8bd/Bioactivity-Study-of-Kombucha-Black-tea-and-Kombucha-with-Skim-Milk-on-Some-of-Physiological-and-Biochemical-Parameters-in-Male-Albedo-Rats.pdf
- Altunkaynak BZ ve Özbek E (2006). Obezite: nedenleri ve tedavi seçenekleri. *Van Tıp Dergisi*, 13(4): 138-142. Erişim Adresi: https://jag.journalagent.com/vtd/pdfs/VTD_13_4_138_142.pdf
- Amarasinghe H, Weerakkody NS ve Waisundara VY (2018). Evaluation of physicochemical properties and antioxidant activities of kombucha “Tea Fungus” during extended periods of fermentation. *Food Science & Nutrition*, 6(3), 659-665. DOI.org/10.1002/fsn3.605
- Andrade JM, Faustino C, Garcia C, Ladeiras D, Reis CP ve Rijo P (2018). *Rosmarinus officinalis* L.: an update review of its phytochemistry and biological activity. *Future science OA*, 4(4). DOI.org/ 10.4155/fsoa-2017-0124.
- Anzano A, de Falco B, Grauso L, Motti R ve Lanzotti V (2022). Laurel, *Laurus nobilis* L.: a review of its botany, traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Phytochemistry Reviews*, 21(2022). 565-611. DOI.org/10.1007/s11101-021-09791-z
- AOAC (1975). Official methods of analysis (12th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., USA.

- AOAC (1995). Official methods of analysis (16th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., USA.
- AOAC (1997). Official methods of analysis (16th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., USA.
- Barbosa CD, Uetanabaro APT, Santos WCR, Caetano RG, Albano H, Kato R... Lacerda ICA (2021). Microbial–physicochemical integrated analysis of kombucha fermentation. *LWT*, 148 (2021), 1-9. DOI.org/10.1016/j.lwt.2021.111788
- Barbosa EL, Netto MC, Junior LB, de Moura LF, Brasil GA, Bertolazi AA... Vasconcelos CM (2022). Kombucha fermentation in blueberry (*Vaccinium myrtillus*) beverage and its in vivo gastroprotective effect: Preliminary study. *Future Foods*, 5: 1-9. DOI.org/10.1016/j.fufo.2022.100129
- Batool S, Khera RA, Hanif MA ve Ayub MA (2020). Bay leaf. In *medicinal plants of South Asia*, 63-74. DOI.org/10.1016/B978-0-08-102659-5.00005-7
- Battikh H, Bakhrouf A ve Ammar E (2012). Antimicrobial effect of Kombucha analogues. *LWT-Food Science and Technology*, 47(1), 71-77. DOI.org/10.1016/j.lwt.2011.12.033
- BC Centre for Disease Control (2015). Food safety assessment of kombucha tea recipe and food safety plan. Erişim Adresi: [http:// www.bccdc.ca/resource-gallery/Documents/Educational%20Materials/EH/FPS/Food/ kombucha1.pdf](http://www.bccdc.ca/resource-gallery/Documents/Educational%20Materials/EH/FPS/Food/kombucha1.pdf). Accessed 22 January 2018
- Begum A, Sandhya S, Vinod KR, Reddy S ve Banji D (2013). An in-depth review on the medicinal flora *Rosmarinus officinalis* (*Lamiaceae*). *Acta scientiarum polonorum Technologia alimentaria*, 12(1), 61-74. Erişim Adresi: <https://www.food.actapol.net/volume12/issue1/abstract-6.html>
- Benavente-García O, Castillo J, Lorente J, Ortuño A ve Del Río JA (2000). Antioxidant activity of phenolics extracted from *Olea europaea* L. leaves. *Food Chemistry*, 68(4), 457-462. DOI.org/10.1016/S0308-8146(99)00221-6
- Benzie IFF ve Strain JJ (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1):70–76. DOI.org/10.1006/abio.1996.0292
- Bhattacharya S, Gachhui R ve Sil PC (2011). Hepatoprotective properties of kombucha tea against TBHP-induced oxidative stress via suppression of mitochondria dependent apoptosis. *Pathophysiology*, 18(3): 221-234. DOI.org/10.1016/j.pathophys.2011.02.001

- Bilto YY ve Alabdallat NG (2015). In Vitro and in Vivo Antioxidant Related Effects of Rosemary (*Rosmarinus Officinalis L.*) Extracts in Humans. *Amerikan Klinik ve Deneyisel Tıp Dergisi*, 3 (5), 213-221. DOI.org/10.11648/j.ajcem.20150305.13
- Bishop P, Pitts ER, Budner D ve Thompson-Witrick K A (2022). Chemical Composition of Kombucha. *Beverages*, 8(3), 1-17. DOI.org/10.3390/beverages8030045
- Boluda IK ve Capill IK (2017). Consumer attitudes in the election of functional foods. *Spanish Journal of Marketing-ESIC*, 21: 65-79. DOI.org/10.1016/j.sjme.2017.05.002
- Bressani APP, Casimiro LKS, Martinez SJ, Dias DR ve Schwan RF (2024). Kombucha with yam: Comprehensive biochemical, microbiological, and sensory characteristics. *Food Research International*, 192(2024), 1-11. DOI.org/10.1016/j.foodres.2024.114762
- Brassescio ME, Brandão TR, Silva CL ve Pintado M (2021). Carob bean (*Ceratonia siliqua L.*): A new perspective for functional food. *Trends in Food Science & Technology*, 114(2021), 310-322. DOI.org/10.1016/j.tifs.2021.05.037
- Burunkaya B, Selli S ve Kelebek H (2021). Sarı Kantaron (*Hypericum perforatum L.*) Fenoliklerinin Karakterizasyonu, Antioksidan ve Antimikrobiyal Potansiyelinin Belirlenmesi. *Çukurova Tarım Ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 36(2), 309-324. DOI.org/10.36846/CJAFS.2021.58
- Carr JG ve Passmore SM (1979). Methods for identifying acetic acid bacteria. Skinner FA, Lovelock DW(Eds.), *Identification Methods for Microbiologists* (s. 33–47). Academic Press, UK.
- Centers for Disease Control and Prevention (2009). A Guide to Drinking Water Treatment and Sanitation for Backcountry & Travel Use. Erişim Adresi: https://www.cdc.gov/healthywater/drinking/travel/backcountry_water_treatment.html. Accessed 28 February 2018.
- Chakravorty S, Bhattacharya S, Bhattacharya D, Sarkar S ve Gachhui R (2019). Non-Alcoholic Beverages. Alexandru Mihai G, Alina Maria H(Eds.), *Kombucha: A Promising Functional Beverage Prepared From Tea* (pp. 285-327). Woodhead Publishing.
- Chandrakala SK, Lobo RO ve Dias FO (2019). Nutrients in Beverages. Alexandru Mihai G, Alina Maria H(Eds.), *Kombucha (Bio-Tea): An Elixir for Life?*. (pp. 591-616). Academic Press.
- Cheng J, Zhou DD, Xiong RG, Wu SX, Huang SY, Saimaiti A. ... Li S (2024). Effects of Fermentation with Kombucha Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts on Antioxidant Activities, Bioactive Compounds and Sensory Indicators of *Rhodiola rosea* and *Salvia miltiorrhiza* Beverages. *Molecules*, 29(16):1-14. DOI.org/10.3390/molecules29163809

- Chu SC ve Chen C (2006). Effects of origins and fermentation time on the antioxidant activities of Kombucha, *Food Chemistry*, 98: 502–507. DOI.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.080
- Coelho RMD, de Almeida AL, do Amaral RQG, da Mota RN ve de Sousa PHM (2020). Kombucha: Review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 22: 1-12. DOI.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100272
- Coşansu G (2015). Diyabet: Küresel bir salgın hastalık. *Okmeydanı Tıp Dergisi*, 31:1-6. DOI.org/10.5222/otd.2015.001
- Çakıroğlu N, Oral K ve Filiz BE (2024). Isparta Gülü ile Üretilen Kombucha İçeceğinin Fizikokimyasal, Fonksiyonel ve Duyusal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(2), 105-118. DOI.org/10.54975/sduzfd.1597516
- Çalıköğlu E ve Bayrak A (2006). Siyah Çay Aroması. Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu. (ss 387-390). Erişim Adresi: <https://www.gidadernegi.org/TR/Genel/240934375cfe9.pdf?DIL=1&BELGEANAH=5270&DOSYASIM=240934375.pdf>
- Çoban EP ve Bıyık HH (2008). Asetik Asit Bakterilerinden Elde Edilen Alternatif Selüloz. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi*, 6(2), 19-26. Erişim Adresi: <http://eskisite.mikrobiyoloji.org/pdfler/702080202.pdf>
- Çolak S, Çömlekcioglu N ve Aygan A (2020). *Urtica dioica* Bitki Özütlerinin Antioksidan ve Antimikrobiyal Aktivitelerinin İncelenmesi. *Eurasian Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3(Ek1), 206-212. DOI.org/10.46239/ejbcs.730669
- Dayısoylu KS, Gezginç Y ve Cingöz A (2014). Fonksiyonel Gıda Mı, Fonksiyonel Bileşen Mi? Gıdalarda Fonksiyonellik. *Gıda*, 39(1), 57-62. DOI.org/10.5505/gida.03511
- Dauqan EM ve Abdullah A (2017). Medicinal and Functional Values of Thyme (*Thymus vulgaris* L.) Herb. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*, 5 (2), 17-22. DOI.org/10.7324/JABB.2017.50203
- de Campos Costa MA, de Souza Vilela DL, Fraiz GM, Lopes IL, Coelho AIM, Castro LCV. ... Martin JGP(2021). Effect of kombucha intake on the gut microbiota and obesity-related comorbidities: A systematic review. *Critical Reviews In Food Science And Nutrition*, 1-16. DOI.org/10.1080/10408398.2021.1995321
- De Filippis F, Troise AD, Vitaglione P ve Ercolini D (2018). Different temperatures select distinctive acetic acid bacteria species and promotes organic acids production during Kombucha tea fermentation. *Food microbiology*, 73(2018), 11-16. DOI.org/10.1016/j.fm.2018.01.008

- Değirmencioğlu N, Yıldız E, Gültaş M ve Gürbüz O (2020). Health Benefits of Kombucha Tea Enriched with Olive Leaf and Honey. *Journal of Obesity and Chronic Disease*, 4(1):1-5. DOI.org/10.17756/jocd.2020-031
- Değirmencioğlu N, Yıldız E, Şahan Y, Gültaş M ve Gürbüz O (2019). Fermentasyon Süresinin Kombu Çayı Mikrobiyotası Ve Canlılık Oranları Üzerine Etkileri. *Akademik Gıda*, 17(2): 200-211. DOI: 10.24323/akademik-gida.613567
- Değirmencioğlu N, Yıldız E, Sahan Y, Guldas M ve Gürbüz O (2021). Impact of tea leaves types on antioxidant properties and bioaccessibility of kombucha. *Journal of Food Science and Technology*, 58(6): 2304-2312. DOI.org/10.1007/s13197-020-04741-7
- Delik E, Eroğlu B, Ünal O ve Tefon Öztürk BE (2021). Origanum bilgeri'nin Kombu Çayının Biyoaktivitesi ve Mikrobiyolojik Profili Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(2):236-249. DOI: 10.35414/akufemubid.867841
- de Miranda JF, Belo GMP, de Lima LS, Silva KA, Uekane TM, Gonzalez AGM. ..Lima AR (2023). Arabic coffee infusion based kombucha: Characterization and biological activity during fermentation, and in vivo toxicity. *Food Chemistry*, 412:1-9. DOI.org/10.1016/j.foodchem.2023.135556
- de Noronha MC, Cardoso RR, dos Santos D'Almeida CT, do Carmo MAV, Azevedo L, Maltarollo VG. ... Barros FAR. (2022). Black tea kombucha: Physicochemical, microbiological and comprehensive phenolic profile changes during fermentation, and antimalarial activity. *Food Chemistry*, 384(2022), 1-10. DOI.org/10.1016/j.foodchem.2022.132515
- DF Brasília (2019). Estabelecer o Padrão de Identidade e Qualidade da Kombucha em todo o território nacional, na forma desta Instrução Normativa e do seu anexo. *Diário Oficial da União*, s.13.
- Diez-Ozaeta I ve Astiazaran OJ (2022). Recent advances in Kombucha tea: Microbial consortium, chemical parameters, health implications and biocellulose production. *International Journal of Food Microbiology*, 377: 1-14. DOI.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109783
- Drozd-Afelt J, Koim-Puchowska B, Malecka-Adamowicz M ve Mikulski D (Baskıda). Herbal kombucha--composition, antioxidant and antibiotic properties. *Authorea Preprints*, DOI.org/10.22541/au.172115242.27524663/v1
- Dufresne C ve Farnworth E (2000). Tea, Kombucha, and health: a review. *Food Research International*, 33(6), 409-421. DOI.org/10.1016/S0963-9969(00)00067-3

- Dutta H ve Paul SK (2019). Production and Management of Beverages. Alexandru Mihai G, Alina Maria H(Eds.), Kombucha Drink: Production, Quality, And Safety Aspects (pp. 259-288). Woodhead Publishing.
- Düşgün C (2024). Investigation of the Antioxidant Potential of Kombucha Prepared Using *Salvia officinalis* L. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 12(s2), 2292-2297. DOI.org/10.24925/turjaf.v12is2.2292-2297.7022
- Emiljanowicz KE ve Malinowska-Pańczyk E (2020). Kombucha from alternative raw materials—The review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(19):3185-3194. DOI.org/10.1080/10408398.2019.1679714
- Essawet NA, Cvetković D, Velićanski A, Čanadanović-Brunet J, Vulić J, Maksimović V veMarkov S (2015). Polyphenols and antioxidant activities of Kombucha beverage enriched with Coffeeberry® extract. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 21(3): 399-409. DOI.org/10.2298/CICEQ140528042E
- Ez zoubi Y, Bousta D ve Farah A (2020). A Phytopharmacological review of a Mediterranean plant: *Lavandula stoechas* L. *Clinical Phytoscience*, 6(2020), 1-9. DOI.org/10.1186/s40816-019-0142-y
- FDA-BAM Online (2020). Bacteriological Analytical Manual: Aerobic Plate Count. *U.S. Food and Drug Administration*.
- Food and Drug Administration (FDA) (2009). Food code. Erişim Adresi: <http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/RetailFoodProtection/FoodCode/UCM2019396.htm>
- Franke SIR, Chless K, Silveria JD ve Robensam G (2004). Study of a antioxidant and mutajenic activity of different orange juice. *Food Chemistry*, 88, 45-55. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.01.021
- Fourre T ve Salverda K (2020). *Kombucha: Is Consumption Safe for Everyone?* (Unpublished doctoral dissertation) .College of Saint Benedict and Saint John's University, Collegeville, United States of America.
- Fu N, Wu J, Lv L, He J ve Jiang S (2015). Anti-foot-and-mouth disease virus effects of Chinese herbal kombucha in vivo. *Brazilian Journal of Microbiology*, 46(4):1245-1255. DOI.org/10.1590/S1517-838246420140701
- Gaggia F, Baffoni L, Galiano M, Nielsen DS, Jakobsen RR, Castro-Mejía JL. ...Gioia D (2019). Kombucha Beverage from Green, Black and Rooibos Teas: A Comparative Study Looking at Microbiology, Chemistry and Antioxidant Activity. *Nutrients*, 11(1):1-22. DOI.org/10.3390/nu1101000

- Gamboa-Gómez CI, Simental-Mendía LE, González-Laredo RF, Alcantar-Orozco EJ, Monserrat-Juarez VH, Ramírez-España JC. ...Rocha-Guzmán NE (2017). In vitro and in vivo assessment of anti-hyperglycemic and antioxidant effects of Oak leaves (*Quercus convallata* and *Quercus arizonica*) infusions and fermented beverages. *Food Research International*, 102: 690-699. DOI. org/10.1016/j.foodres.2017.09.040
- Gedela M, Potu KC, Gali VL, Alyamany K ve Jha LK (2016). A Case of Hepatotoxicity Related to Kombucha Tea Consumption. *Dakota Medicine*, 69(1):26-28. Erişim Adresi: https://www.researchgate.net/profile/Maheedhar-Gedela/publication/296671257_A_Case_of_Hepatotoxicity_Related_to_Kombucha_Tea_Consumption/links/56d78be008aee1aa5f75cd0f/A-Case-of-Hepatotoxicity-Related-to-Kombucha-Tea-Consumption.pdf
- Ghorbani A ve Esmaeilizadeh M (2017). Pharmacological properties of *Salvia officinalis* and its components. *Journal of traditional and complementary medicine*, 7(4), 433-440. DOI.org/10.1016/j.jtcme.2016.12.014
- Ghowsi M, Yousofvand N ve Moradi S (2020). Effects of *Salvia officinalis* L. (common sage) leaves tea on insulin resistance, lipid profile, and oxidative stress in rats with polycystic ovary: An experimental study. *Avicenna journal of phytomedicine*, 10(3): 263-272. Erişim Adresi: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7256279/>
- Giritlioğlu N, Yıldız E ve Gürbüz O (2020). Kombü Çayı Üretiminde Kapari Tomurcuklarının (*Capparis Spp.*) Kullanımının Fenolikler, Antioksidant Kapasite Ve Biyoerişilebilirliği Etkisi. *Akademik Gıda*, 18(4): 390-401. DOI.org/10.24323/akademik-gida.850909
- Gornall AG, Bardawill CJ, David MM (1949). Determination Of Serum Proteins By Means Of The Biuret Reaction. *Journal of Biological Chemistry*, 177(2): 751-766. DOI.org/10.1016/S0021-9258(18)57021-6
- Greenwalt CJ, Steinkraus KH ve Ledford RA (2000). Kombucha, the fermented tea: Microbiology, composition, and claimed health effects. *Journal of Food Protection*, 63(7):976-981. DOI.org/10.4315/0362-028X-63.7.976
- Guo Z, Jia X, Zheng Z, Lu X, Zheng Y, Zheng B. ... Xiao J (2018). Chemical composition and nutritional function of olive (*Olea europaea* L.): a review. *Phytochemistry Reviews*, 17(2018), 1091-1110. DOI.org/10.1007/s11101-017-9526-0
- Halim Y ve Halim M (2023). Pemanfaatan Teh Daun Salam Dalam Pembuatan Kombucha [Utilization Of Bay Leaf Tea In Kombucha Production]. *FaST-Jurnal Sains dan Teknologi*, 7(1), 26-39. DOI.org/10.19166/jstfast.v7i1.6612

- Hamidpour M, Hamidpour R, Hamidpour S ve Shahlari M (2014). Chemistry, Pharmacology, and Medicinal Property of Sage (*Salvia*) to Prevent and Cure Illnesses such as Obesity, Diabetes, Depression, Dementia, Lupus, Autism, Heart Disease, and Cancer. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 4 (2), 82-88. DOI.org/10.4103/2225-4110.130373
- Harrison K ve Curtin C (2021). Microbial composition of SCOBY starter cultures used by commercial kombucha brewers in North America. *Microorganisms*, 9(5), 1-21. DOI.org/10.3390/microorganisms9051060
- Hsieh Y, Chiu MC ve Chou JY (2021). Efficacy of the kombucha beverage derived from green, black, and Pu'er teas on chemical profile and antioxidant activity. *Journal of Food Quality*, 2021(1): 1-9. DOI.org/10.1155/2021/1735959
- Hur SJ, Lee SY, Kim YC, Choi I ve Kim GB (2014). Effect of fermentation on the antioxidant activity in plant-based foods. *Food chemistry*, 160: 346-356. DOI.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.112
- Ilić MI, Kanurić KA, Milanović SP, Lončar E, Djurić MI ve Malbaša RA (2012). Lactose fermentation by Kombucha – a process to obtain new milk-based beverages. *Romanian Biotechnological Letters*, 17(1): 7013-7021. Erişim Adresi: https://www.researchgate.net/profile/Radomir-Malbasa/publication/266418732_Lactose_fermentation_by_Kombucha_-_a_process_to_obtain_new_milk-based_beverages/links/54d21d780cf28959aa7c1829/Lactose-fermentation-by-Kombucha-a-process-to-obtain-new-milk-based-beverages.pdf
- ISO 6887-1 (2017). Microbiology of the food chain — Preparation of test samples, initial suspension and decimal dilutions for microbiological examination — Part 1: General rules for the preparation of the initial suspension and decimal dilutions. International Organization for Standardization, Geneva
- Ivanišová E, Meňhartová K, Terentjeva M, Harangozo L, Kántor A ve Kačániová M(2019). The evaluation of chemical, antioxidant, antimicrobial and sensory properties of kombucha tea beverage. *Journal of food science and technology*, 57(5):1840–1846.Doi.org/10.1007/s13197-019-04217-3
- İleri-Büyükoğlu T, Taşçı F ve Şahindokuyucu F (2010). Kombucha and its effects on health. *Journal of Uludag University Faculty of Veterinary Medicine*, 29(1): 69-77.Erişim Adresi:https://acikerisim.uludag.edu.tr/bitstream/11452/13974/1/29_1_13.pdf
- Jakovljević M, Jokić, S, Molnar M, Jašić M, Babić, J, Jukić H. ... Banjari I (2019). Bioactive Profile of Various *Salvia officinalis* L. Preparations.*Plants*, 8 (55), 1-30. DOI.org/10.3390/plants8030055

- Jan KN, Zarafshan K ve Singh S (2017). Stinging nettle (*Urtica dioica* L.): a reservoir of nutrition and bioactive components with great functional potential. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(2017), 423-433. DOI.org /10.1007/s11694-016-9410-4
- Jakubczyk K, Kałduńska J, Kochman J ve Janda K (2020). Chemical Profile and Antioxidant Activity of the Kombucha Beverage Derived from White, Green, Black and Red Tea. *Antioxidants*, 9(5):1-15. DOI.org/10.3390/antiox9050447
- Jakubczyk K, Melkis K, Maciejewska-Markiewicz D, Muzykiewicz-Szymańska A, Nowakb A ve Skonieczna-Żydecka K (2025). Innovative approaches to enhancing kombucha through flavour additives: a phytochemical and antioxidant analysis. *Food & Function*, 16(2025):1442-1457. DOI: 10.1039/d4fo05135a
- Jayabalan R, Malbaša RV, Loncar ES, Vitas JS ve Sathishkumar M. (2014). A review of kombucha, microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity and tea fungus. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 13(4): 538-550.
- Jayabalan R, Malini K, Sathishkumar M, Swaminathan K ve Yun SE (2010). Biochemical Characteristics of Tea Fungus Produced During Kombucha Fermentation. *Food Science and Biotechnology*, 19(3): 843-847. DOI.org/10.1007/s10068-010-0119-6
- Jayabalan R, Marimuthu S, Thangaraj P, Sathishkumar M, Binupriya AR, Swaminathan K. ... Yun SE (2008). Preservation of Kombucha Tea- Effect of Temperature on Tea Components and Free Radical Scavenging Properties. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(19),: 9064-9071. DOI. org/10.1021/jf8020893
- Jayabalan R, Subathradevi P, Marimuthu S, Sathishkumar M ve Swaminathan K (2008). Changes in free-radical scavenging ability of kombucha tea during fermentation. *Food Chemistry*, 109(1), 227-234. DOI.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.037
- Kaashyap M, Cohen M ve Mantri N (2021). Microbial Diversity and Characteristics of Kombucha as Revealed by Metagenomic and Physicochemical Analysis. *Nutrients*, 13(12), 1-14. DOI.org/10.3390/nu13124446
- Kalkan S, Otağ MR, Sarmusak S, Gönültaş FB ve Yaşar A (2020). Farklı Çay Türleri ile Hazırlanan Kombuchaların Biyoaktif ve Duyusal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 13(1): 283-295. DOI: 10.18185/erzifbed.563223
- Kallel L, Desseaux V, Hamdi M, Stocker P ve Ajandouz EH (2012). Insights into the fermentation biochemistry of Kombucha teas and potential impacts of Kombucha drinking on starch digestion. *Food Research International*, 49(1): 226-232. DOI.org/10.1016/j.foodres.2012.08.018

- Kapp JM ve Sumner W (2019). Kombucha: A systematic review of the empirical evidence of human health benefit. *Annals of epidemiology*, 30: 66-70. DOI.org/10.1016/j.annepidem.2018.11.001
- Karkhaneh L (2015). Does Kombucha Extract Improve Obesity?. *International Journal of Advances in Chemical Engineering and Biological Sciences* ,2(1): 54-56. DOI.org/10.15242/IJACEBS.A0915006
- Katiyar SK ve Mukhtar H (1997). Inhibition of phorbol ester tumor promoter 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate-caused inflammatory responses in senear mouse skin by black tea polyphenols. *Carcinogenesis*, 18(10), 1911-1916. DOI.org/10.1093/carcin/18.10.1911
- Kayısoğlu Düşgün C ve Coşkun M (2021). *Farklı endemik bitkiler kullanılarak kombucha üretilimi ve fermente ürünlerinin biyolojik aktivitelerinin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde, Türkiye.
- Kendir G, Özek G, Köroğlu A ve Özek T (2024). The quality evaluation of the laurel leaf samples sold in the market under the name of “Defne Yaprağı”. *Protoplasma*, 261(2), 303-316. DOI.org/10.1007/s00709-023-01897-9
- Khodja YK, Bachir-Bey M, Belmouhoub M, Ladjouzi R, Dahmoune F ve Khetta B (2023). The botanical study, phytochemical composition, and biological activities of *Laurus nobilis* L. leaves: A review. *International Journal of Secondary Metabolite*, 10(2), 269-296. DOI.org/10.21448/ijsm.1171836
- Kılıç G ve Şengün IY (2023). Bioactive properties of Kombucha beverages produced with Anatolian hawthorn (*Crataegus orientalis*) and nettle (*Urtica dioica*) leaves. *Food Bioscience*, 53(2023), 1-13. DOI.org/10.1016/j.fbio.2023.102631
- Kumar V ve Joshi VK (2016). Kombucha: Technology, Microbiology, Production, Composition and Therapeutic Value. *International Journal Of Food And Fermentation Technology*, 6(1): 13-24. DOI.org/10.5958/2277-9396.2016.00022.2
- Laavanya D, Shirkole S ve Balasubramanian P (2021). Current challenges, applications and future perspectives of SCOBY cellulose of Kombucha fermentation. *Journal of Cleaner Production*, 295(2021), 1-20. DOI.org/10.1016/j.jclepro.2021.126454
- La Torre C, Fazio A, Caputo P, Plastina P, Caroleo MC, Cannataro R. ... Cione E (2021). Effects of Long-Term Storage on Radical Scavenging Properties and Phenolic Content of Kombucha from Black Tea, *Molecules*, 26 (18), 1-14. DOI.org/10.3390/molecules26185474

- Laureys D, Britton SJ ve De Clippeleer J (2020). Kombucha Tea Fermentation: A Review. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 78(3): 165-174. DOI.org/10.1080/03610470.2020.1734150
- Lavefve L, Cureau N, Rodhouse L, Marasini D, Walker LM, Ashley D. ...Carbonero F. (2021). Microbiota profiles and dynamics in fermented plant-based products and preliminary assessment of their in vitro gut microbiota modulation. *Food Frontiers*, 2(3): 268-281. DOI.org/10.1002/fft2.75
- Lazzaroli C, Sordini B, Daidone L, Veneziani G, Esposto S, Urbani S. ...Taticchi A. (2023). Recovery and valorization of food industry by-products through the application of *Olea europaea* L. leaves in kombucha tea manufacturing. *Food Bioscience*, 53(2023), 1-8. DOI.org/10.1016/j.fbio.2023.102551
- Leal JM, Suárez LV, Jayabalan R, Oros JH ve Escalante-Aburto A (2018). A review on health benefits of kombucha nutritional compounds and metabolites. *CyTA-Journal of Food*, 16(1): 390-399. DOI.org/10.1080/19476337.2017.1410499
- Lee, J.-Y., Kim, C.-J. ve Kunz, B., 2006. Identification of lactic acid bacteria isolated from kimchi and studies on their suitability for application as starter culture in the production of fermented sausages. *Meat Science* 72: (3), 437-45. DOI.org/10.1016/j.meatsci.2005.08.013
- Lešnik S, Furlan V ve Bren U (2021). Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.): extraction techniques, analytical methods and health-promoting biological effects. *Phytochemistry Reviews*, 20(6), 1273-1328. DOI.org/10.1007/s11101-021-09745-5
- Li S, Liu R, Jing Z, Guo Y ve Wang Z (2025). Enhancing functional metabolites and antioxidant activity of a novel alternative kombucha-like beverages: Tailor-made symbiotic microbial consortium for apple juice fermentation. *Food Bioscience*, 68(2025), 1-12. DOI.org/10.1016/j.fbio.2025.106615
- Lobo RO, Dias FO ve Shenoy CK (2017). Kombucha for healthy living: evaluation of antioxidant potential and bioactive compounds. *International Food Research Journal*, 24(2):541-546. Erişim Adresi: [http://www.ifrj.upm.edu.my/24%20\(02\)%202017/\(10\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/24%20(02)%202017/(10).pdf) Malbaša RV,
- Malbaša RV, Milanović SD, Lončar ES, Djurić MS, Carić MĐ ve Ilić MD, Kolarov L (2009). Milk-based beverages obtained by Kombucha application. *Food Chemistry*, 112(1): 178-184. DOI.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.055
- May A, Narayanan S, Alcock J, Varsani A, Maley C ve Aktipis A (2019). Kombucha: a novel model system for cooperation and conflict in a complex multi-species microbial ecosystem. *PeerJ Publishing*, 7: 1-22. DOI.org/10.7717/peerj.7565

- Milanović SD, Lončar ES, Đurić MS, Carić MĐ, Ilić MD., Kolarov L (2009). Milk-based beverages obtained by Kombucha application. *Food Chemistry*, 112(2009): 178-184. DOI.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.055
- Milanović SD, Lončar ES, Đurić MS, Malbaša RV, Tekić MN, Ilić MD. ...Duraković KG (2008). Low Energy Kombucha Fermented Milk-Based Beverages. *Acta Periodica Technologica*, 39(2008): 37-46. DOI.org/10.2298/APT0839037M
- Miraj S, Kopaei R ve Kiani S (2017). *Melissa Officinalis L*: A Review Study With an Antioxidant Prospective. *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*, 22(3), 385-394. DOI.org/10.1177/2156587216663433
- Moradkhani H, Sargsyan E, Bibak H, Naseri B, Sadat-Hosseini M, Fayazi-Barjin A. ...Meftahizade H (2010). *Melissa officinalis L.*, a valuable medicine plant: A review. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(25), 2753-2759. Erişim Adresi: <http://www.academicjournals.org/JMPR>
- Morales D (2020). Biological activities of kombucha beverages: The need of clinical evidence. *Trends in Food Science & Technology*, 105: 323-333. DOI.org/10.1016/j.tifs.2020.09.025
- Mousavi SM, Hashemi SA, Zarei M, Gholami A, Lai CW, Chiang WH. ... Mazraedoost S (2020). Recent Progress in Chemical Composition, Production, and Pharmaceutical Effects of Kombucha Beverage: A Complementary and Alternative Medicine. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1-14. DOI.org/10.1155/2020/4397543
- Murphy TE, Walia K ve Farber JM (2018). Safety Aspects and Guidance for Consumers on the Safe Preparation, Handling and Storage of Kombucha — A Fermented Tea Beverage. *Food Protection Trends*, 38(5): 329-337. Erişim Adresi: <https://www.foodprotection.org/files/food-protection-trends/sep-oct-18-murphy.pdf>
- Neffe-Skocińska K, Sionek B, Ścibisz I ve Kołożyn-Krajewska D (2017). Acid contents and the effect of fermentation condition of Kombucha tea beverages on physicochemical, microbiological and sensory properties. *Cyta-journal of food*, 15(4), 601-607. DOI.org/10.1080/19476337.2017.1321588
- Nikolić M, Glamočlija J, Ferreira IC, Calhelha RC, Fernandes Â, Marković T. ...Soković M (2014). Chemical composition, antimicrobial, antioxidant and antitumor activity of *Thymus serpyllum L.*, *Thymus algeriensis* Boiss. and Reut and *Thymus vulgaris L.* essential oils. *Industrial Crops And Products*, 52(2014), 183-190. DOI.org/10.1016/j.indcrop.2013.10.006
- Nummer BA (2013). Kombucha Brewing Under the Food and Drug Administration Model Food Code: Risk Analysis and Processing Guidance. *Journal Of Environmental Health*, 76(4): 8-11. Erişim Adresi: <https://www.jstor.org/stable/26329709>

- Nyhan LM, Lynch KM, Sahin AW ve Arendt EK (2022). Advances in Kombucha Tea Fermentation: A Review. *Applied Microbiology*, 2(1), 73-103. DOI.org/10.3390/applmicrobiol2010005
- Ochoa-Chantaca CA, Márquez-Reyes JM, Aguirre-Loredo R, Luna-Maldonado AI ve García-Gómez C (2024). Phytochemical and antioxidant evaluation of *Moringa oleifera* and *Aloe vera* in the fermentation of kombucha. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 23(2):257-265. DOI.org/10.17306/J.AFS.001227
- Özcan MM ve Matthäus B (2017). A review: benefit and bioactive properties of olive (*Olea europaea* L.) leaves. *European Food Research and Technology*, 243(1), 89-99. DOI.org/10.1007/s00217-016-2726-9
- Özdemir N ve Çon AH (2017). Kombucha and health. *Journal of Health Science*, 5:244-250. DOI.org/10.17265/2328-7136/2017.05.005
- Özgen Özkaya Ş (2021). Yaşam kalitesi ve işlevsel besinler. *Fenerbahçe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 1(1): 62-68. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2041615>
- Öztürk AI ve Özdemir ZÖ (2024). Isırgan Otunun Biyoaktif Bileşenleri ve Bu Bileşenlerin Analizinde Kullanılan Analitik Yöntemler. *Bütünleyici ve Anadolu Tıbbi Dergisi*, 5(1), 40-50. DOI.org/10.53445/batd.1309813
- Pan SY, Nie Q, Tai HC, Song XL, Tong YF, Zhang LJF. ...Liang C (2022). Tea and tea drinking: China's outstanding contributions to the mankind. *Chinese medicine*, 17(1), 1-40. DOI.org/10.1186/s13020-022-00571-1
- Parto N (2015). Case study: pathogens and spices. Erişim Adresi: https://www.publichealthontario.ca/en/eRepository/Case_Study_%20Pathogens_Spices_2016.pdf. Accessed 12 January 2018.
- Pazır F ve Alper Y (2016). Keçiboynuzu Meyvesi *Ceratonia siliqua* L. ve Sağlık. *Akademik Gıda*, 14(3), 302-306. Erişim Adresi: <http://www.academicfoodjournal.com>
- Permatasari HK, Nurkolis F, Augusta PS, Mayulu N, Kuswari M, Taslim NA. ...Gunawan WB (2021). Kombucha tea from seagrapes (*Caulerpa racemosa*) potential as a functional anti-ageing food: in vitro and in vivo study. *Heliyon*, 7(9): 1-9. DOI.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07944
- Phan TG, Duggin G, Estell J, Beer I, Smith D ve Ferson MJ (1998). Lead poisoning from drinking Kombucha tea brewed in a ceramic teapot. *Australian Medical Journal*, 169(11): 644-646. DOI.org/10.5694/j.1326-5377.1998.tb123448.x

- Pradhan S, Prabhakar MR, Karthika Parvathy KR, Dey B, Jayaraman S, Behera B, ... Paramasivan B. (2023). Metagenomic and physicochemical analysis of Kombucha beverage produced from tea waste. *Journal of Food Science and Technology*, 60(3), 1088-1096. DOI.org/10.1007/s13197-022-05476-3
- Pyrovolou K, Konteles S, Strati E, Tataridis P, Gouti M, Saroufim M. ... Batrinou A (2024). Fermentation of carob syrup (*Ceratonia siliqua* L.) by SCOBY to produce a polyphenol-rich kombucha. Erişim Adresi: <https://sciforum.net/manuscripts/20750/slides.pdfhyp>
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M ve Rice-Evans C (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9):1231–1237. DOI.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3
- Rugini E, Mencuccini M, Biasi R ve Altamura MM (2005). Olive (*Olea Europaea* L.). *Protocol for Somatic Embryogenesis in Woody Plants*, 77(2005), 345-360. Erişim Adresi: https://link.springer.com/chapter/10.1007/1-4020-2985-3_27
- Saimaiti A, Huang SY, Xiong RG, Wu SX, Zhou DD, Yang ZJ. ... Li HB (2022). Antioxidant capacities and polyphenol contents of kombucha beverages based on vine tea and sweet tea. *Antioxidants*, 11(9): 1-15. DOI.org/10.3390/antiox11091655
- Sarkaya P, Akan E ve Kinik O (2021). Use of kombucha culture in the production of fermented dairy beverages. *Lwt*, 137(2021):1-8. DOI.org/10.1016/j.lwt.2020.110326
- Shabnum S ve Wagay MG (2011). Essential Oil Composition Of *Thymus Vulgaris* L. and their Uses. *Journal of Research & Development*, 11(2011), 83-94. Erişim Adresi: <https://dsagrow.com/wp-content/uploads/2020/05/Essential-Oil-Composition.pdf>
- Shahbazi H, Hashemi Gahrue H, Golmakani MT, Eskandari MH ve Movahedi M (2018). Effect of medicinal plant type and concentration on physicochemical, antioxidant, antimicrobial, and sensorial properties of kombucha. *Food Science & Nutrition*, 6(8): 2568-2577. DOI.org/10.1002/fsn3.873
- Shakeri A, Sahebkar A ve Javadi B. (2016). *Melissa officinalis* L.—A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*, 188(2016), 204-228. DOI.org/10.1016/j.jep.2016.05.010
- Silva KA, Uekane TM, de Miranda JF, Ruiz LF, da Motta JCB, Silva CB. ... ve Lima AR (2021). Kombucha beverage from non-conventional edible plant infusion and green tea: characterization, toxicity, antioxidant activities and antimicrobial properties. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 34(2021):1-9. DOI.org/ 10.1016/j.bcab.2021.102032
- Sknepnek A, Tomić S, Miletić D, Lević S, Čolić M, Nedović V. ... Nikšić M(2021). Fermentation characteristics of novel *Coriolus versicolor* and *Lentinus edodes* kombucha beverages

and immunomodulatory potential of their polysaccharide extracts. *Food Chemistry*, 342:1-10. DOI.org/10.1016/j.foodchem.2020.128344

Soares MG (2021). *Propriedades emergentes, aplicações e uso terapêutico do Kombucha e seu SCOBY: uma revisão* (Unpublished doctoral dissertation). Universidade Federal De Uberlândia, Patos de Minas, Brasil.

Soto SA, Beaufort S, Bouajila J, Souchard JP ve Taillandier P (2018). Understanding Kombucha Tea Fermentation: A Review. *Journal Of Food Science*, 83(3):580-588. DOI.org/10.1111/1750-3841.14068

Srihari T ve Satyanarayana U (2012). Changes in free radical scavenging activity of kombucha during fermentation. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 4(11): 1978-1981. Erişim Adresi: <https://research.kombuchabrewers.org/wp-content/uploads/kk-research-files/changes-in-free-radical-scavenging-activity-of-kombucha-during-fermentation.pdf>

Sun TY, Li JS ve Chen C (2015). Effects of blending wheatgrass juice on enhancing phenolic compounds and antioxidant activities of traditional kombucha beverage. *Journal of food and drug analysis*, 23(4): 709-718. DOI.org/10.1016/j.jfda.2015.01.009

Şahinler SŞ, Yılmaz BS, Sarıkürkcü C ve Tepe B (2022). The importance of *Lavandula stoechas* L. in pharmacognosy and phytotherapy. *International Journal of Secondary Metabolite*, 9(3), 360-376. DOI.org/10.21448/ijsm.1098975

Şatır G (2023). Siyah ve yeşil çay kullanımının kombu çayı fermantasyonu üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 60(3), 465-472. DOI.org/10.20289/zfdergi.1333999

Şener A, Gümüş A, Göker B, Arbak S, Özşavcı D ve Yurtsever E (2010). Isırgan otu (*Urtica dioica* L.) Tohumu Ekstresinin Hepatoprotektif ve Antioksidatif Etkileri. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Tıp Dergisi*, 24(3), 167-172. Erişim Adresi: <http://www.fusabil.org>

Şener Ö ve Taze BH (2022). Fonksiyonel Bir Gıda Bileşeni Olarak Keçiyoynuzu: Özellikleri ve Gıda Uygulamaları. *Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(1), 45-66. DOI.org/ 10.47137/usufedbid.1130043

Talebi M, Frink LA, Patil RA ve Armstrong DW (2017). Examination of the Varied And Changing Ethanol Content Of Commercial Kombucha Products. *Food Analytical Methods*, 10: 4062-4067. DOI.org/10.1007/s12161-017-0980-5

Tapias YAR, Di Monte MV, Peltzer MA ve Salvay AG (2022). Bacterial cellulose films production by Kombucha symbiotic community cultured on different herbal infusions. *Food Chemistry*, 372(2022), 1-11. DOI.org/10.1016/j.foodchem.2021.131346

- Tarhan K (2017). *Kombucha çayı üretiminde farklı substrat kaynaklarının kullanımı* (Yüksek Lisans Tezi). Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye.
- Taşlıgil N (2011). Geographical Distribution And Economical Features Of Carob Tree (*Ceratonia siliqua* L.). *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 2(3), 252-266. Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/273557>
- Taylor JRN (1995). Carbohydrate analysis. In Nielsen SS. (Ed.), *Food Analysis*. Springer.
- Terzaghi BE ve Sandine WE (1975). Improved medium for lactic streptococci and their bacteriophages. *Applied Microbiology*, 29(6): 807–813. DOI.org/10.1128/am.29.6.807-813.1975
- Tosun İ ve Karadeniz B (2005). Çay Ve Çay Fenoliklerinin Antioksidan Aktivitesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(1), 78-83. DOI.org/10.7161/anajas.2005.20.1.78-83
- Trevisanato S ve Kim Y (2000). Tea and Health. *Nutrition Review*, 58(1), 1-10. DOI.org/10.1111/j.1753-4887.2000.tb01818.x
- Tu C, Tang S, Azi F, Hu W ve Dong M (2019). Use of kombucha consortium to transform soy whey into a novel functional beverage. *Journal of Functional Foods*, 52: 81–89. DOI.org/10.1016/j.jff.2018.10.024
- Tyl C ve Sadler GD (2017). Food Analysis. Suzanne Nielsen (Eds.), pH ve Titrasyon Asitliği (389-406).
- Ulusoy A (2019). *KARAYEMIŞ (Prunus laurocerasus), Siyah Havuç (Daucus Carota L. Ssp. Sativus Var. Atorubens Alef.), Güvem (Prunus Spinosa) ve Ahududu (Rubus İdaeus) Kullanılarak Üretilen Kombucha Çaylarının Antioksidan Aktivitelerininin Araştırılması ve Antosiyanin Miktarının Belirlenmesi* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Uludağ Üniversitesi, Bursa. Türkiye
- Velićanski AS, Cvetković DD, Markov SL, Tumbas Šaponjac VT ve Vulić JJ (2014). Antioxidant and Antibacterial Activity of the Beverage Obtained by Fermentation of Sweetened Lemon Balm (*Melissa Offi Cinalis* L.) Tea with Symbiotic Consortium of Bacteria and Yeasts. *Food Technology and Biotechnology*, 52(4), 420-429. DOI.org/10.17113/ftb.52.04.14.3611
- Wang B, Rutherford-Markwick K, Zhang XX ve Mutukumira AN (2022). Kombucha: Production and Microbiological Research. *Foods*, 11(21), 1-18. DOI.org/10.3390/foods11213456

- Watawana MI, Jayawardena N, Gunawardhana CB ve Waisundara VY (2015). Health, Wellness, and Safety Aspects of the Consumption of Kombucha. *Journal of Chemistry*, 1-11. DOI.org/10.1155/2015/591869
- Watawana MI, Jayawardena N, Ranasinghe SJ ve Waisundara VY (2015). Evaluation Of The Stability of The Total Antioxidant Capacity, Polyphenol Contents, and Starch Hydrolase Inhibitory Activities of Kombucha Teas Using an In Vitro Model Of Digestion. *Journal of Chemistry*, 1-9. DOI.org/10.1155/2016/2560103
- Xia X, Dai Y, Wu H, Liu X, Wang Y, Yin L. ... Zhou J (2019). Kombucha fermentation enhances the health-promoting properties of soy milk beverage. *Journal of Functional Foods*, 62: 1-13. DOI.org/10.1016/j.jff.2019.103549
- Xiong RG, Wu SX, Cheng J, Saimait A, Liu Q, Shang A. ... Li HB (2023). Antioxidant Activities, Phenolic Compounds, and Sensory Acceptability of Kombucha-Fermented Beverages from Bamboo Leaf and Mulberry Leaf. *Antioxidants*, 12(8): 1-16. DOI.org/10.3390/antiox12081573
- Yang CS ve Landau JM (2000). Effects of Tea Consumption on Nutrition and Health. *American Society for Nutritional Sciences*, 130 (10), 2409-2412. DOI.org/10.1093/jn/130.10.2409
- Yang ZW, Ji BP, Zhou F, Li B, Luo Y, Yang L. ... Li T (2009). Hypocholesterolaemic and antioxidant effects of kombucha tea in high-cholesterol fed mice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(1): 150-156. DOI.org/ 10.1002/jsfa.3422
- Yıldız E, GÜLDAŞ M ve GÜRBÜZ O (2020). Determination of in-vitro phenolics, antioxidant capacity and bio-accessibility of Kombucha tea produced from black carrot varieties grown in Turkey. *Food Science and Technology*, 41(1):180-187. DOI.org/10.1590/fst.00320
- Yuan J, Nie Q, Pan W, Liu Z, Wu J, Liu Z. ... Cai S (2025). Microbial composition, bioactive compounds, and sensory evaluation of Kombucha prepared with green tea and black tea. *Beverage Plant Research*, 5(1), 1-10. DOI.org/10.48130/bpr-0025-0001
- Zhao ZJ, Sui YC, Wu HW, Zhou CB, Hu XC ve Zhang J (2018). Flavour chemical dynamics during fermentation of kombucha tea. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 30(9), 732-741. DOI.org/ 10.9755/ejfa.2018.v30.i9.1794
- Zhou DD, Saimaiti A, Luo M, Huang SY, Xiong RG, Shang A. ... Li HB (2022). Fermentation with tea residues enhances antioxidant activities and polyphenol contents in kombucha beverages. *Antioxidants*, 11(155):1-17. DOI.org/10.3390/antiox11010155
- Zubaidah E, Afgani CA, Kalsum U, Srianta I ve Blanc PJ (2019). Comparison of in vivo antidiabetes activity of snake fruit Kombucha, black tea Kombucha and metformin. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 17:465-469. DOI.org/10.1016/j.bcab.2018.12.026

Zubaidah E, Nisak YK, Susanti I, Widyaningsih TD, Srianata I ve Tewfik, I (2021). Turmeric Kombucha vv as effective immunomodulator in Salmonella typhi-infected experimental animals. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 37: 1-5. DOI. [org/10.1016/j.bcab.2021.102181](https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102181)



EKLER

Ek 1: ETİK KURUL ONAYI

T.C.
MUĞLA SITKI ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BESLENME VE DİYETETİK ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA
MUĞLA

14.07.2021 tarihli 608 toplantı sayılı Üniversitemiz senato kararı gereği ‘insan ve hayvan üzerine yapılmayan tez çalışmalarında, literatür taramalarında, derleme çalışmalarında, kitap ve benzeri kaynak incelemesinde’ etik kurul kararı alma zorunluluğunun kaldırılması hususu göz önünde bulundurularak danışmanlığımı yürüttüğüm 2244110009 numaralı Şeyma KAYA isimli öğrencinin ‘**ÇEŞİTLİ BİTKİ ÇAYLARINDAN ELDE EDİLEN KOMBUCHA ÇAYLARININ BAZI KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ**’ başlıklı tez önerisi için Etik Kurul kararı gerekli değildir. Gereğini arz ederim.

27/05/2024
Dr. Öğretim Üyesi Nilgün ÖNCÜL

Ek 2: KURUM İZİN ONAYI

T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Fethiye Sağlık Bilimleri Fakültesi Dekanlığı



Sayı : E-71696498-819-781832
Konu : Laboratuvar Çalışması

23.07.2024

BESLENME VE DİYETETİK BÖLÜM BAŞKANLIĞINA

İlgi : 19.07.2024 tarihli ve E-28461430-819-780696 sayılı yazınız

Bölümünüz öğretim üyesi Dr.Öğr.Üyesi Nilgün ÖNCÜL'ün danışmanlığını yürüttüğü 2244110009 numaralı yüksek lisans öğrencisi Şeyma KAYA'nın, Bölümünüz Araştırma Laboratuvarında danışmanı tarafından kendisine yapılan gerekli bilgilendirmeler doğrultusunda Laboratuvar çalışmalarını gerçekleştirmesi Dekanlığımızca uygun görülmüştür.

Bilgilerini ve gereğini rica ederim.

Prof. Dr. Ali SÜLÜN
Dekan V.

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu: MGWVN4-KP65/AS

Belge Doğrulama Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/msku-ebys>

Çalıcı Mevkii: Karaçulha 48300 Fethiye/MUĞLA

Telefon No: (0252) 211 1326 Faks No: (0252) 211 1352

e-Posta: fethiyes@mu.edu.tr İnternet Adresi: <http://www.fsyu.mu.edu.tr/>

Kep Adresi: muglaskunivitesi@hs01.kep.tr

Bilgi için: Bengü ÖZEL

Telefon No: 02522115534



Ek 3: FORMLAR (VERİ / KAYIT FORMLARI / ANKET FORMLARI / vb.)**Ek 3.1: Çalışmada Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması****Ek 3.1.1. Titrasyon Asitliği İçin Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması****Fenolftalein çözeltisinin hazırlanması (%1)**

0.2 gram fenolftalein indikatörü tartılıp 20 ml %95'lik etil alkol çözeltisinde çözündürülür.

Etil Alkol Çözeltisinin Hazırlanması (%95)

75 ml etil alkol 20 ml su ile karıştırılır.

NaOH çözeltisinin hazırlanması (0.1 N)

4 g NaOH, 1000 ml'lik balon jojeye aktarılıp üzeri saf su ile tamamlanır.

Ek 3.1.2. Protein Tayininde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması**NaOH Çözeltisinin Hazırlanması (%10)**

5 gram NaOH, 50 ml'lik balon jojeye aktarılıp üzeri saf su ile tamamlanır.

Biuret Reaktifinin Hazırlanması

Önce 0.15 gram bakır(II)sülfat pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) sonra da 0.60 gram potasyum sodyum tartarat ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 100 ml'lik balon jojeye aktarılır ve üzerine 50 ml saf su eklenerek çözündürülür. Karışıma 30 ml %10'luk NaOH ilave edilip balon çizgisine kadar saf su ile tamamlanır.

Bovine Serum Albumin (BSA) Çözeltisi

1 gram BSA 100 ml'lik balon jojeye aktarılıp üzeri saf su ile tamamlanır.



Ek 3.1.3. Karbonhidrat Tayininde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması**HCl Asit Çözeltisinin Hazırlanması (2.5 N)**

100 ml'lik balon jojenin tabanını kaplayacak kadar saf su konulur, çeker ocakta %37'lik HCl asitten 9.1112 ml ilave edilip üzeri saf su ile tamamlanır.

NaOH Çözeltisinin Hazırlanması (%40)

40 gram NaOH, 100 ml'lik balon jojeye aktarılıp üzeri saf su ile tamamlanır.

Fenol çözeltisinin hazırlanması (%5)

5 g fenol tartılır ve 100 ml'lik balonjojeye konarak saf suyla tamamlanır. Bu çözelti günlük olarak hazırlanmalıdır.



Ek 3.1.4. Mikrobiyolojik Analizlerde Kullanılan Çözelti ve Besiyerlerinin Hazırlanması

Peptonlu su hazırlanması (%0.1)

1 gram pepton tartılır ve 1000 ml'lik balonjojeye aktarılarak saf su ile tamamlanır.

Tartarik asit çözeltisinin hazırlanması (%10)

10 g tartarik asit tartılır ve 100 ml'lik balon jojede saf suyla tamamlanır.



Ek 3.1.5. Toplam Fenolik Madde Tayininde Kullanılan Çözeltilerinin Hazırlanması

Folin-Ciocaltue çözeltisinin hazırlanması (%10)

100 ml Folin-Ciocaltue çözeltisi 1000 ml'lik balonjojeye konulur ve saf suyla tamamlanır.

Na₂CO₃ çözeltisinin hazırlanması (%20)

20 g Na₂CO₃ 100 ml'lik balonjojeye aktarılır, çözündürülür ve saf suyla tamamlanır.



Ek 3.1.6. FRAP Yönteminde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması**Asetat (pH 3.60) çözeltisinin hazırlanması (0.10 mol/L)**

1.03 g $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ tartılıp içinde bir miktar saf su bulunan 1000 ml'lik balonjojeye aktarılır. Üzerine 5.33 ml glasiyel CH_3COOH ilave edilir ve çeker ocakta saf suyla balon çizgisine tamamlanarak asetat çözeltisi hazırlanır.

TPTZ çözeltisinin hazırlanması (10 mmol/L)

100 ml'lik balonjojeye önce bir miktar saf su konulur ardından 0.31234 g TPTZ tartılarak aktarılır. Üzerine 331.2 μL HCl (%37'lik) konulduktan sonra çeker ocakta saf suyla balon çizgisine kadar tamamlanır.

Demir (III) Klorür Hekzahidrat çözeltisinin hazırlanması (20 mmol/L)

0.5406 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6(\text{H}_2\text{O})$ 100 ml'lik balon jojeye tartılır. Ardından saf suyla tamamlanıp çözündürülür.

Ek 4: ÖZ GEÇMİŞ

Adı Soyadı	: Şeyma Kaya
Yabancı Dili	: İngilizce
Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)	
Lise	: Aydın Atatürk Anadolu Lisesi (2012-2016)
Lisans	: Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü (2016-2019)
Yüksek Lisans	: Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans (2022-Devam Ediyor)
Çalıştığı Kurum / Kurumlar ve Yıl	: Aydın Güzelhisar Kredi Yurtlar Kurumu (2024-Devam Ediyor)
Yayınları (SCI ve diğer)	: Kaya, Ş. , Öncül, N. 2023. Kombucha. 6. Uluslararası Tarım, Çevre ve Sağlık Kongresi, 19-21 Ekim, Aydın.
Diğer Konular	: