

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

**KOMBUCHA ÇAYI ÜRETİMİNDE FARKLI SUBSTRAT KAYNAKLARININ
KULLANIMI**

Kübra TARHAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

2017

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

**KOMBUCHA ÇAYI ÜRETİMİNDE FARKLI SUBSTRAT KAYNAKLARININ
KULLANIMI**

Kübra TARHAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
tarafından FYL-2015-1229 nolu proje ile desteklenmiştir.**

2017

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KOMBUCHA ÇAYI ÜRETİMİNDE FARKLI SUBSTRAT KAYNAKLARININ
KULLANIMI

Kübra TARHAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 16 /06/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. İrfan TURHAN

Yrd. Doç. Dr. Muammer DEMİR

Yrd. Doç. Dr. Gamze TOYDEMİR ŞEN

T. Zabel
M. Demir
G. Toydemir Şen

ÖZET

KOMBUCHA ÇAYI ÜRETİMİNDE FARKLI SUBSTRAT KAYNAKLARININ KULLANIMI

Kübra TARHAN

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. İrfan TURHAN
Haziran 2017, 130 sayfa

Kombucha çayı, hafif ekşimsi-tatlı lezzete sahip fermente bir içecek olarak tanımlanmaktadır. Çeşitli bakteri ve mayaların simbiyotik birlikteliğinden oluşan Kombucha mantarı ile elde edilmektedir. Kombucha çayı ülkemizde ne yazık ki çok fazla bilinmemektedir. Ayrıca bu konu ile ilgili bilimsel çalışmaların literatürde yok denecek kadar az olduğu dikkat çekmektedir. Bu çalışma kapsamında; farklı bitki-meyve çayları ve kahvede Kombucha mantarının gelişiminin incelenmesi ve çeşitli şeker kaynakları ile gelişimdeki farklılıkların belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışmada 6 farklı çay olarak siyah çay, yeşil çay, adaçayı, nar (hibiskus) çayı, yaban mersini çayı, kuşburnu çayı ve kahve; şeker kaynakları olarak da glukoz, fruktoz, ksiloz, laktoz, sakkaroz (70 g/L) kullanılmıştır.

Araştırma sonucu verilerine göre; tüm örneklerin pH değeri fermentasyon boyunca azalmıştır. Meyve çayları kullanılarak elde edilen fermentasyon örneklerinin asitlik değeri, bitki çayları ve kahve Kombucha çaylarına oranla daha yüksek bulunmuştur. Fermentasyon sonunda elde edilen Kombucha çayının fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivitesi, önemsenecek düzeyde ürün olabilme potansiyelini ortaya koymuştur. Biyokütle gelişimi çay örneklerinde genel olarak en fazla glukoz ve sakkaroz şekerinde, en az ise fruktoz şekerinde belirlenmiştir. Kahve örneğinde ise laktoz şekerinde biyokütle miktarı en fazla iken fruktoz şekerine ait örneklerde biyokütle miktarı en az bulunmuştur. Siyah çayda en aktif kullanılan şeker glukoz iken, diğer tüm kaynaklarda en çok fruktoz şekeri tüketilmiştir. Tüm çaylarda ksiloz ve laktoz şekerlerinin kullanım miktarları en az bulunmuştur. Nar çayına ait örneklerin fermentasyonu sonucu renk değerlerinde değişim gözlemlenmemiştir. Yaban mersini ve kuşburnu Kombucha çaylarında, ksiloz şekeri kullanılarak elde edilen fermentasyon örneklerinin L (açıklık koordinatı 0 (geçirgenlik yok) ve 100 (tamamen geçirgenlik)), a (kırmızı/ yeşil koordinatı (a^*/a kırmızılık ($-a^*/-a$, yeşillik)), b (sarı/ mavi koordinatı (b^*/b sarılık ($-b^*/-b$, mavilik)) değerlerinin fermentasyon ile değiştiği belirlenmiştir. Bitki çaylarında ise glukoz, ksiloz ve fruktoz şekerlerinde L , a , b değerlerinin fermentasyon ile değiştiği ve bu değişimlerin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir.

Kombucha çay örneklerinin organik asit profilinde; okzalik asit varlığı glukoz ve sakkaroz şekerinde artarken, diğer karbon kaynaklarında fermentasyon ile azalma göstermiştir. Tartarik asit değerlerinin fermentasyon ile arttığı belirlenmiştir. Kombucha örneklerinde genellikle fermentasyon öncesi malik asit varlığı gözlemlenmezken fermentasyon ile malik asit oluşumu saptanmıştır. Meyve çayları, adaçayı ve kahve örneklerinde başlangıçta laktik asit bulunmadığı, fermentasyon ile laktik asit oluşumunun gerçekleştiği belirlenmiştir. Siyah çay ve yeşil çay örneklerinde

ise glukoz şekerinde gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda mevcut laktik asit miktarının arttığı, diğer karbon kaynaklarında ise azaldığı gözlemlenmiştir. Sitrik asit varlığı ise nar çayı haricinde tüm karbon kaynaklarında fermentasyon sonrası tespit edilmiştir. Süksinik asit, meyve çaylarında gerçekleştirilen fermentasyon sonucu elde edilmiş ve miktarı artmıştır. Yeşilçay ve kahve örneklerinde ise glukoz şekerinde azalma belirlenmiştir. Siyah çay örneklerinde fumarik asit varlığına rastlanmamıştır. Yaban mersini, kuşburnu, yeşilçay ve kahve örneklerinin fruktoz şekerinde fermentasyon sonucu fumarik asit oluşumu tespit edilmiştir. Nar çayında glukoz, ksiloz ve fruktoz, adaçayında ise sakkaroz, ksiloz, laktoz, fruktoz şekerlerinde fumarik asit oluşumu gözlemlenmiştir. Fermentasyon sonucunda örneklerin hiçbirinde etanol varlığına rastlanmamıştır. Duyusal analiz sonucuna göre en beğenilen ürün nar (hibiskus) Kombucha çayı iken, en az tercih edilen fermente çayın ise adaçayı ile elde edilen Kombucha çayı olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışma sonucunda farklı meyve, bitki çayları ve kahve ekstraktı kullanılarak farklı substratlarda Kombucha çaylarının üretimi gerçekleştirilmiştir. Böylelikle farklı tüketim olanakları oluşturulmuş ve elde edilen ürünlerin kimyasal kompozisyonları incelenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Kombucha çayı, fermentasyon, asetik asit, organik asit profili, antioksidan

JÜRİ: Doç. Dr. İrfan TURHAN (Danışman)
Yrd. Doç. Dr. Muammer DEMİR
Yrd. Doç. Dr. Gamze TOYDEMİR ŞEN

ABSTRACT

USE OF DIFFERENT SUBSTRATE RESOURCES IN THE PRODUCTION OF KOMBUCHA TEA

Kübra TARHAN

MSc Thesis in Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İrfan TURHAN

June 2017, 130 pages

Kombucha tea is defined as a fermented beverage with lightly sour- sweet flavor. It is obtained by Kombucha fungus which consisting of symbiotic association of various bacteria and yeast. Kombucha tea is unfortunately not much known in our country. Moreover, it is noteworthy that scientific studies related to this subject are rarely mentioned in the literature. This scope of work; The examination of the development of different plant-fruit tea and coffee Kombucha mushrooms and the determination of the differences in development with various sugar sources. In this study; 6 different teas including black tea, green tea, sage tea, pomegranate (hibiscus) tea, blueberries tea, rosehip tea and coffee; glucose, fructose, xylose, lactose, sucrose (70 g/L) were also used as a carbon sources.

As a results of research; The pH value of all products decreased during fermentation. Fermentation samples obtained from fruit teas had a higher acidity than herbal teas and coffee. The amount of phenolic substance and antioxidant activity of the Kombucha tea obtained at the end of fermentation revealed the potential to be a product of considerable level. Biomass development was generally determined in the tea samples, most in glucose and sucrose sugar, at the least in fructose sugar. In the case of coffee, the amount of biomass is the highest in lactose sugar whereas the amount of biomass is the least in samples of fructose sugar. While the most active sugar used in black tea is glucose, other all sources is consumed fructose. The amounts of xylose and lactose sugars were found to be the least in all teas. Color change were not observed in samples of pomegranate as a result of fermentation. L, a, b values of blueberry and rosehip Kombucha tea samples were changed by fermentation for using xylose. It has been determined that, L, a, b values of herbal tea were changed by fermentation in glucose, xylose and fructose sugar medium and these changes are statistically significant.

In the organic acid profile of the Kombucha tea samples; oxalic acid presence increased in glucose and sucrose sugar while decreased in other carbon sources by fermentation. Tartaric acid values were determined to be increased with fermentation. Generally, malic acid was not detected before fermentation and malic acid formation was observed with fermentation. Lactic acid was not initially present in fruit teas, sage tea and coffee samples but the end of fermentation, lactic acid acid formation occurred. In case of black tea and green tea samples, the amount of lactic acid increased in glucose media and decreased other carbon sources by fermentation. Citric acid was detected all carbon sources after fermentation except for pomegranate tea. Succinic acid was obtained as a result of fermentation in fruit teas and the amount of succinic acid was increased. This organic acid amount decreased in green tea and coffee samples which

prepared with glucose. No fumaric acid presence was found in black tea samples. At the end of fermentation, fumaric acid formation was detected in blueberry, rosehip, green tea and coffee samples with fructose. Fumaric acid presence was observed in pomegranate tea with prepared glucose, xylose and fructose and sage tea with prepared presucrose, xylose, lactose and fructose. None of samples showed no presence of ethanol at the end of fermentation. According to the results of sensory analysis, it is determined that the most popular product is pomegranate (hibiskus) Kombucha tea while the least preferred fermented tea is Kombucha tea obtained with sage tea.

As a result of this work, the production of Kombucha teas was carried out on different substrates using different fruits, herbal teas and coffee extracts. Thus, different consumption possibilities were established and the chemical compositions of the products obtained were examined.

KEYWORDS: Kombucha tea, fermentation, acetic acid, organic acid profile, antioxidant

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. İrfan TURHAN (Supervisor)
Asst. Prof. Dr. Muammer DEMİR
Asst. Prof. Dr. Gamze TOYDEMİR ŞEN

ÖNSÖZ

Günümüzde tarımsal faaliyetler, teknoloji vb. birçok alanda gerçekleştirilen olumlu gelişmeler olumsuz etkileri de beraberinde getirmiştir. Sağlık alanında birçok aşı ve tedavi yöntemleri geliştirilse de her geçen gün farklı hastalıklar ortaya çıkmakta ve toplum hayatını olumsuz yönde etkilemektedir. Bunun yanı sıra üretici bir toplum olmaktan ziyade tüketimin artması, insanların hem iş hayatı hem de sosyal hayatta daha aktif hale gelmesi beslenme alışkanlıklarını da değiştirmiştir. Buna bağlı olarak da özellikle son zamanlarda, insanların doğal gıdalara, organik tüketim seçeneklerine, bitkisel ürünlere büyük ölçüde geri dönüşü başlamıştır. Kombucha çayı yüzyıllardan beri süre gelen, doğal fermente bir içecektir.

Ülkemizde Kombucha çayı ne yazık ki pek fazla bilinmemektedir. Ayrıca bu konu ile ilgili bilimsel çalışmaların yok denecek kadar az olduğu dikkatlerden kaçmamaktadır. Daha önce gerçekleştirilen çalışmalarda; Kombucha çayının genellikle siyah çay ve yeşilçayda üretiminin gerçekleştirildiği gözlemlenmiştir. Karbon kaynağı olarak ise sakkaroz şekerinin kullanıldığı belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda pH, antioksidan aktivitesi, fenolik madde miktarı analizlerinin ağırlıklı olarak gerçekleştirildiği, birkaç çalışmada ise biyokütle miktarı, kullanılan şeker miktarı ve sınırlı sayıda organik asit varlığını belirlemeye yönelik araştırmaların bulunduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada ise nar (hibiskus), yaban mersini ve kuşburnu olmak üzere 3 farklı meyve çayı; siyah çay, yeşilçay ve adaçayı olmak üzere 3 farklı bitki çayı ve kahve ekstraktı kullanılmıştır. Ayrıca sakkaroz şekerine alternatif olarak glukoz, laktoz, ksiloz ve fruktoz şekerlerinin kullanımını gerçekleştirilmiştir. Proje içerisinde kullanılan farklı bitki- meyve çayları, kahve ve çeşitli karbon kaynaklarının kullanımını da proje özgünlüğünü oluşturmaktadır. Elde edilen Kombucha kaynaklarında; pH, fenolik madde miktarı, antioksidan aktivitesi, renk ölçümü, kullanılan toplam şeker miktarı, biyokütle miktarı, organik asit profilinin belirlenmesi, etanol miktarının belirlenmesine yönelik analizler ve örneklerin duyu analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu araştırma sonucunda Kombucha çayının farklı ekstrat çeşitleri ve karbon kaynağı kullanımını ile farklı tüketim seçeneklerinin oluşturulması, Kombucha çayına ait lezzetin farklı substrat kullanımını ile geliştirilerek daha geniş kitlelere hitap etmesi ve antioksidan, antikanserojenik, ürün olabilme potansiyeli ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Ayrıca, Kombucha ile ilgili yeni bilgilere ulaşılması açısından ilgilenen ve çalışmak isteyen diğer araştırmacılar tarafından da yararlanılacak bir kaynak olması amaçlanmaktadır.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca ve tez çalışmalarım esnasında yardımını ve desteğini esirgemeyen, fikirleri ile her zaman yol gösterici olan ve anlayışını hiç eksik etmeyen değerli danışmanım Sayın Doç. Dr. İrfan TURHAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım esnasında benden yardımını esirgemeyen ve her zaman destek olan Öğretim Görevlisi Ercan YATMAZ' a, değerli arkadaşlarım Araştırma Görevlisi Mustafa GERMEÇ'e, Gıda Yüksek Mühendisi Handan BAŞÜNAL GÜLMEZ'e, Gıda Yüksek Mühendisi Emrah EROĞLU'na ve Gıda Mühendisi Merve ILGIN'a teşekkür ederim. Yüksek lisans tezim için gerekli bütçeyi sağlayan Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi manevi desteklerini esirgemeyen, her koşulda yanımda olan, bana güvenen ve eğitim hayatımdaki en büyük destekçilerim kıymetli babam İsmail TARHAN, değerli annem Hatice TARHAN ve sevgili kardeşim Bahadır TARHAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmalarım boyunca manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Muhsin KUZU'ya çok teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI	3
2.1. Kombucha Nedir?	3
2.2. Kombucha Fermentasyon Metabolizması.....	4
2.3. Kombucha Üretimi.....	6
2.4. Üretime Etki Eden Faktörler	8
2.4.1. Karbon kaynakları	8
2.4.1.1.Glukoz	9
2.4.1.2.Fruktoz	9
2.4.1.3.Sakkaroz.....	10
2.4.1.4.Laktoz.....	11
2.4.1.5.Ksiloz	11
2.5. Fermentasyon Ortamında Kullanılan Çaylar ve Kahve	12
2.5.1. Nar (hibiskus) çayı	12
2.5.2. Yaban mersini.....	13
2.5.3. Kuşburnu	14
2.5.4. Siyah çay	14
2.5.5. Yeşil çay	15
2.5.6. Adaçayı.....	16
2.5.7. Kahve.....	17
2.6. Kombucha İle İlgili Yapılan Çalışmalar	18
3. MATERYAL VE METOT	23
3.1. Materyallerin Temini	23
3.2. METOT	23

3.2.1. Stok kültür ve ön kültür hazırlama	23
3.2.2. Ekstraksiyon ve substrat (besiyeri) içeriğinin hazırlanması.....	24
3.2.3. İnokülasyon ve fermentasyon.....	25
3.3. Analiz Metodları	26
3.3.1. pH ölçümü	26
3.3.2. Fenolik madde analizi	26
3.3.3. Antioksidan aktivitesi analizi	27
3.3.4. Renk ölçümü	27
3.3.5. Toplam biyokütle tayini	28
3.3.6. Organik asit analizi.....	29
3.3.7. Etanol analizi	31
3.3.8. Şeker analizi	32
3.3.9. Örneklerin duyu analizi	34
3.4. İstatistiksel Analizler	35
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	36
4.1. Nar (Hibiskus) Çayı.....	36
4.1.1. Nar (hibiskus) Kombucha çayında pH değişimi	36
4.1.2. Nar (hibiskus) Kombucha çayında toplam fenolik madde miktarının değişimi.....	37
4.1.3. Nar (hibiskus) Kombucha çayında antioksidan aktivitesi değişimi.....	38
4.1.4. Nar (hibiskus) Kombucha çayında toplam biyokütle miktarı.....	39
4.1.5. Nar (hibiskus) Kombucha çayında fermentasyon süresince şeker tüketimi	40
4.1.6. Nar (hibiskus) Kombucha çayında renk değerleri.....	41
4.1.6.1. <i>L</i> (açıklık- koyuluk) değeri değişimi.....	41
4.1.6.2. <i>a</i> (kırmızılık- yeşillik) değeri değişimi	42
4.1.6.3. <i>b</i> (sarılık- mavilik) değeri değişimi.....	43
4.2. Yaban Mersini Çayı.....	44
4.2.1. Yaban mersini Kombucha çayında pH değişimi.....	44
4.2.2. Yaban mersini Kombucha çayında toplam fenolik madde miktarının değişimi.....	45
4.2.3. Yaban mersini Kombucha çayında antioksidan aktivitesinin değişimi	46
4.2.4. Yaban mersini Kombucha çayında toplam biyokütle miktarı.....	47

4.2.5. Yaban mersini Kombucha çayında fermentasyon süresince şeker tüketimi.....	48
4.2.6. Yaban mersini Kombucha çayında renk değerleri	50
4.2.6.1. <i>L</i> (açıklık- koyuluk) değeri değişimi.....	50
4.2.6.2. <i>a</i> (kırmızılık- yeşillik) değeri değişimi.....	50
4.2.6.3. <i>b</i> (sarılık- mavilik) değeri değişimi.....	51
4.3. Kuşburnu Çayı	52
4.3.1. Kuşburnu Kombucha çayında pH değişimi.....	52
4.3.2. Kuşburnu Kombucha çayında toplam fenolik madde miktarının değişimi	53
4.3.3. Kuşburnu Kombucha çayında antioksidan aktivitesi değişimi	54
4.3.4. Kuşburnu Kombucha çayında toplam biyokütle miktarı.....	55
4.3.5. Kuşburnu Kombucha çayında fermentasyon süresince şeker tüketimi	56
4.3.6. Kuşburnu Kombucha çayında renk değerleri.....	58
4.3.6.1. <i>L</i> (açıklık- koyuluk) değeri değişimi.....	58
4.3.6.2. <i>a</i> (kırmızılık- yeşillik) değeri değişimi.....	58
4.3.6.3. <i>b</i> (sarılık- mavilik) değeri değişimi.....	59
4.4. Siyah Çay	61
4.4.1. Siyah çay Kombucha çayında pH değişimi	61
4.4.2. Siyah çay Kombucha çayında toplam fenolik madde miktarının değişimi	62
4.4.3. Siyah çay Kombucha çayında antioksidan aktivitesi değişimi.....	63
4.4.4. Siyah çay Kombucha çayında toplam biyokütle miktarı.....	64
4.4.5. Siyah çay Kombucha çayında fermentasyon süresince şeker tüketimi	64
4.4.6. Siyah çay Kombucha çayında renk değerleri.....	67
4.4.6.1. <i>L</i> (açıklık- koyuluk) değeri değişimi.....	67
4.4.6.2. <i>a</i> (kırmızılık- yeşillik) değeri değişimi.....	67
4.4.6.3. <i>b</i> (sarılık- mavilik) değeri değişimi.....	68
4.5. Yeşil Çay.....	70
4.5.1. Yeşil çay Kombucha çayında pH değişimi	70
4.5.2. Yeşil çay Kombucha çayında toplam fenolik madde miktarının değişimi	70
4.5.3. Yeşil çay Kombucha çayında antioksidan aktivitesi değişimi	71

4.5.4. Yeşil çay Kombucha çayında toplam biyokütle miktarı.....	72
4.5.5. Yeşil çay Kombucha çayında fermentasyon süresince şeker tüketimi .	73
4.5.6. Yeşil çay Kombucha çayında renk değerleri.....	75
4.5.6.1. <i>L</i> (açıklık- koyuluk) değeri değişimi.....	75
4.5.6.2. <i>a</i> (kırmızılık- yeşillik) değeri değişimi	76
4.5.6.3. <i>b</i> (sarılık- mavilik) değeri değişimi.....	76
4.6. Adaçayı.....	78
4.6.1. Adaçayı Kombucha çayında pH değişimi.....	78
4.6.2. Adaçayı Kombucha çayında toplam fenolik madde miktarının değişimi.....	78
4.6.3. Adaçayı Kombucha çayında antioksidan aktivitesi değişimi.....	79
4.6.4. Adaçayı Kombucha çayında toplam biyokütle miktarı.....	80
4.6.5. Adaçayı Kombucha çayında fermentasyon süresince şeker tüketimi ...	81
4.6.6. Adaçayı Kombucha çayında renk değerleri	83
4.6.6.1. <i>L</i> (açıklık- koyuluk) değeri değişimi.....	83
4.6.6.2. <i>a</i> (kırmızılık- yeşillik) değeri değişimi	83
4.6.6.3. <i>b</i> (sarılık- mavilik) değeri değişimi.....	84
4.7. Kahve.....	86
4.7.1. Kahve Kombucha çayında pH değişimi.....	86
4.7.2. Kahve Kombucha çayında toplam fenolik madde miktarının değişimi	86
4.7.3. Kahve Kombucha çayında antioksidan aktivitesi değişimi.....	87
4.7.4. Kahve Kombucha çayında toplam biyokütle miktarı.....	89
4.7.5. Kahve Kombucha çayında fermentasyon süresince şeker tüketimi.....	89
4.7.6. Kahve Kombucha çayında renk değerleri.....	91
4.7.6.1. <i>L</i> (açıklık- koyuluk) değeri değişimi.....	91
4.7.6.2. <i>a</i> (kırmızılık- yeşillik) değeri değişimi	91
4.7.6.3. <i>b</i> (sarılık- mavilik) değeri değişimi.....	92
4.8. Tüm Çaylarda ve Kahvede Geliştirilen Kombucha Örneklerinin Organik Asit Profilleri ve Miktarları	94
4.8.1. Nar (hibiskus) Kombucha çayında organik asit miktarının incelenmesi.....	94
4.8.2. Yaban mersini Kombucha çayında organik asit miktarının incelenmesi.....	97
4.8.3. Kuşburnu Kombucha çayında organik asit miktarının incelenmesi....	100

4.8.4. Siyah çay Kombucha çayında organik asit miktarının incelenmesi.....	103
4.8.5. Yeşil çay Kombucha çayında organik asit miktarının incelenmesi.....	106
4.8.6. Adaçayı Kombucha çayında organik asit miktarının incelenmesi	109
4.8.7. Kahve Kombucha çayında organik asit miktarının incelenmesi	112
4.9. Kombucha Çaylarında Gerçekleştirilen Etanol Analizi Sonuçları	115
4.10. Kombucha Çaylarında Gerçekleştirilen Duyusal Analiz Sonuçları.....	115
5. SONUÇ.....	117
6. KAYNAKLAR.....	121
7. EKLER	129
Ek 1: Fenolik Madde Analizinde Kullanılan Kurve ve Veriler.....	129
Ek 2: Toplam İndirgen Şeker Analizinde Kullanılan Sakkaroz Standart Kurvesi ve Verileri	130

ÖZGEÇMİŞ

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

α	Alfa
β	Beta
C	Karbon
Cu	Bakır
CO ₂	Karbondioksit
Fe	Demir
H	Hidrojen
H ₂ O	Su
O	Oksijen
pH	Asitlik- bazlık derecesi
Zn	Çinko
°C	Derece

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ADP	Adenozin difosfat
ATP	Adenozin trifosfat
ATTC	Amerikan Tıp Kültür Koleksiyonu (American Type Culture- Collection)
CIP	Eğitim Programlarının sınıflandırılması (Classification of Instructional Programs)
DAD	Diyot Dizi Dedektörü (Diode Array Dedector)
dk	Dakika
DNSA	Dinitro salisilik asit
DPPH	2,2-difenil-1-pikrilhisrazil
DSL	D-sakkarit asit-1,4-lakton
g	Gram
HPLC	Yüksek Sıvı Kromatografisi (High Liquid Chromatography)
L	Litre
M	Molar

m	Metre
ml	Mililitre
μ L	Mikrolitre
mm	Milimetre
μ m	Mikrometre
mM	Milimolar
mg GAE	Miligram gallik asit eşdeğeri
MÖ	Milattan Önce
MS	Milattan Sonra
N	Normalite
NAD	Nikotinamid Dinükleotit
NCIMB	Endüstriyel Gıda ve Deniz Bakterileri Ulusal Koleksiyonu (National Collection of Industrial Food and Marine Bacteria)
NRRL	Kuzey Bölge Araştırma Laboratuvarı (Northern Regional Research Laboratory)
nm	Nanometre
ppm	Milyon başına parça (Parts per million)
s	Saniye
<i>sp.</i>	species
yy	Yüzyıl
YPED	Maya Özütü Pepton Dekstroz (Yeast Extract Peptone Dextrose)
vb.	ve benzeri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kombucha mantarının yapısı	4
Şekil 2.2. Fosfoketolaz metabolik yolu.....	5
Şekil 2.3. Trikorboksilik asit döngüsü	6
Şekil 2.4. Kombucha üretim şeması	7
Şekil 2.5. Fermentasyon sonrası süzülen örneklerden elde edilen disk yapısı.....	8
Şekil 2.6. Glukozun yapısı.....	9
Şekil 2.7. Fruktozun yapısı	10
Şekil 2.8. Sakkarozun yapısı.....	10
Şekil 2.9. Laktozun yapısı.....	11
Şekil 2.10. D- ksiloz yapısı.....	12
Şekil 2.11. Nar çiçeği (hibiskus) bitkisi.....	13
Şekil 2.12. Yaban mersini meyvesi.....	13
Şekil 2.13. Kuşburnu meyvesi	14
Şekil 2.14. Siyah çay.....	15
Şekil 2.15. Yeşil çay bitkisi	16
Şekil 2.16. Adaçayı bitkisi	17
Şekil 2.17. Kahve bitkisi	18
Şekil 3.1. Kombucha kültürü ve hazırlanması	24
Şekil 3.2. Ekstraksiyon için tartım işleminin gerçekleştirilmesi.....	24
Şekil 3.3. Ekstraksiyon sonrası örneklerin süzülmesi.....	25
Şekil 3.4. Steril kabin ortamında inokülasyon işleminin gerçekleştirilmesi.....	25
Şekil 3.5. İnkübatörde fermentasyonu gerçekleşen örnekler	26
Şekil 3.6. pH ölçümü	26
Şekil 3.7. Kombucha örneklerinde fenolik madde tayini	27
Şekil 3.8. Renk ölçüm cihazı ve kalibrasyon İşleminin gerçekleştirilmesi	28

Şekil 3.9. UltraScan VIS HunterLab cihazında renk ölçümü	28
Şekil 3.10. Örneklerin süzülmesi	29
Şekil 3.11. Süzülmüş kombucha kültürleri	29
Şekil 3.12. Boş ve süzülmüş filtre kâğıtlarının desikatöre alınması ve tartımı	29
Şekil 3.13. HPLC örneklerinin hazırlanması	30
Şekil 3.14. ThermoScientific Dionex Ultimate 3000 (HPLC cihazı)	31
Şekil 3.15. HPLC analizi örnek alımı	31
Şekil 3.16. DNSA metodu ile şeker analizleri	33
Şekil 3.17. Şeker analizi	35
Şekil 4.1. Nar çayında farklı karbon kaynaklarına göre biyokütle-kullanılan şeker miktarı.....	41
Şekil 4.2. Yaban mersini çayında farklı karbon kaynaklarına göre biyokütle-kullanılan şeker miktarı.....	49
Şekil 4.3. Kuşburnu çayında farklı karbon kaynaklarına göre biyokütle-kullanılan şeker miktarı	59
Şekil 4.4. Siyah çayda farklı karbon kaynaklarına göre biyokütle-kullanılan şeker miktarı.....	66
Şekil 4.5. Yeşil çayda farklı karbon kaynaklarına göre biyokütle-kullanılan şeker miktarı.....	74
Şekil 4.6. Adaçayında farklı karbon kaynaklarına göre biyokütle-kullanılan şeker miktarı.....	82
Şekil 4.7. Kahvede farklı karbon kaynaklarına göre biyokütle-kullanılan şeker miktarı.....	90

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. YPED Broth Besiyeri Bileşimi	23
Çizelge 3.2. HPLC cihazı için uygun kromotografik şartlar	30
Çizelge 3.3. Etanol analizi için uygun kromotografik şartlar	32
Çizelge 4.1. Nar çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarına göre pH değişimi	36
Çizelge 4.2. Nar çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam fenolik madde miktarı değişimi (mg GAE/L)	37
Çizelge 4.3. Nar çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki antioksidan aktivitesi değişimi (% inhibisyon)	38
Çizelge 4.4. Nar çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam biyokütle miktarı (g/L)	39
Çizelge 4.5. Nar çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarında fermentasyon boyunca kullanılan şeker miktarı (g/L)	40
Çizelge 4.6. Nar çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki <i>L</i> (açıklık-koyuluk) değeri değişimi	42
Çizelge 4.7. Nar çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki <i>a</i> (kırmızılık-yeşillik) değeri değişimi	43
Çizelge 4.8. Nar çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki <i>b</i> (sarılık-mavilik) değeri değişimi	43
Çizelge 4.9. Yaban mersini çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarına göre pH değişimi	44
Çizelge 4.10. Yaban mersini çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam fenolik madde miktarı değişimi (mg GAE/L)	45
Çizelge 4.11. Yaban mersini ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki antioksidan aktivitesi değişimi (% inhibisyon)	46
Çizelge 4.12. Yaban mersini çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam biyokütle miktarı (g/L)	47
Çizelge 4.13. Yaban mersini çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarında fermentasyon boyunca kullanılan şeker miktarı (g/L)	48
Çizelge 4.14. Yaban mersini çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki <i>L</i> (açıklık-koyuluk) değeri değişimi	50
Çizelge 4.15. Yaban mersini çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki <i>a</i> (kırmızılık-yeşillik) değeri değişimi	51

Çizelge 4.16. Yaban mersini çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki <i>b</i> (sarılık- mavilik) değeri değışimi	52
Çizelge 4.17. Kuşburnu çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarına göre pH değışimi	53
Çizelge 4.18. Kuşburnu çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam fenolik madde miktarı değışimi (mg GAE/L)	53
Çizelge 4.19. Kuşburnu ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki antioksidan aktivitesi değışimi (% inhibisyon).....	54
Çizelge 4.20. Kuşburnu çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam biyokütle miktarı (g/L)	55
Çizelge 4.21. Kuşburnu çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarında fermentasyon boyunca kullanılan şeker miktarı (g/L)	56
Çizelge 4.22. Kuşburnu çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki <i>L</i> (açıklık- koyuluk) değeri değışimi	57
Çizelge 4.23. Kuşburnu çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki <i>a</i> (kırmızılık- yeşillik) değeri değışimi.....	59
Çizelge 4.24. Kuşburnu çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki <i>b</i> (sarılık- mavilik) değeri değışimi	60
Çizelge 4.25. Siyah çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarına göre pH değışimi	61
Çizelge 4.26. Siyah çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam fenolik madde miktarı değışimi (mg GAE/L).....	62
Çizelge 4.27. Siyah çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki antioksidan aktivitesi değışimi (% inhibisyon).....	63
Çizelge 4.28. Siyah çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam biyokütle miktarı (g/L)	64
Çizelge 4.29. Siyah çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarında fermentasyon boyunca kullanılan şeker miktarı (g/L)	65
Çizelge 4.30. Siyah çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki <i>L</i> (açıklık- koyuluk) değeri değışimi.....	67
Çizelge 4.31. Siyah çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki <i>a</i> (kırmızılık- yeşillik) değeri değışimi	68
Çizelge 4.32. Siyah çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki <i>b</i> (sarılık- mavilik) değeri değışimi.....	69

Çizelge 4.33. Yeşil çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarına göre pH değişimi	70
Çizelge 4.34. Yeşil çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam fenolik madde miktarı değişimi (mg GAE/L)	71
Çizelge 4.35. Yeşil çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki antioksidan aktivitesi değişimi (% inhibisyon).....	72
Çizelge 4.36. Yeşil çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki biyokütle miktarı (g/L)	73
Çizelge 4.37. Yeşil çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarında fermentasyon boyunca kullanılan şeker miktarı (g/L)	74
Çizelge 4.38. Yeşil çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki <i>L</i> (açıklık-koyuluk) değeri değişimi.....	75
Çizelge 4.39. Yeşil çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki <i>a</i> (kırmızılık-yeşillik) değeri değişimi	76
Çizelge 4.40. Yeşil çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki <i>b</i> (sarılık-mavilik) değeri değişimi.....	77
Çizelge 4.41. Adaçayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarına göre pH değişimi	78
Çizelge 4.42. Adaçayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam fenolik madde miktarı değişimi (mg GAE/L)	79
Çizelge 4.43. Adaçayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam antioksidan aktivitesi değişimi (% inhibisyon)	80
Çizelge 4.44. Adaçayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam biyokütle miktarı (g/L).....	81
Çizelge 4.45. Adaçayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarında fermentasyon boyunca kullanılan şeker miktarı (g/L)	81
Çizelge 4.46. Adaçayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki <i>L</i> (açıklık-koyuluk) değeri değişimi.....	83
Çizelge 4.47. Adaçayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki <i>a</i> (kırmızılık-yeşillik) değeri değişimi	84
Çizelge 4.48. Adaçayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki <i>b</i> (sarılık-mavilik) değeri değişimi.....	85
Çizelge 4.49. Kahve örneklerinde farklı şeker kaynaklarına göre pH değişimi	86

Çizelge 4.50. Kahve örneklerinde farklı şeker kaynaklarındaki toplam fenolik madde miktarı değişimi (mg GAE/L).....	87
Çizelge 4.51. Kahve örneklerinde farklı şeker kaynaklarındaki toplam antioksidan aktivitesi değişimi (% inhibisyon).....	88
Çizelge 4.52. Kahveye ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam biyokütle miktarı değişimi (g/L).....	89
Çizelge 4.53. Kahveye ait örneklerde farklı şeker kaynaklarında fermentasyon boyunca kullanılan şeker miktarı (g/L)	90
Çizelge 4.54. Kahveye ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki <i>L</i> (açıklık-koyuluk) değeri değişimi.....	91
Çizelge 4.55. Kahveye ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki <i>a</i> (kırmızılık-yeşillik) değeri değişimi	92
Çizelge 4.56. Adaçayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki <i>b</i> (sarılık-mavilik) değeri değişimi	93
Çizelge 4.57. Nar (hibiskus)-Kombucha çayına ait örneklerin organik asit profili (ppm)	96
Çizelge 4.58. Yaban mersini-Kombucha çayına ait örneklerin organik asit profili (ppm)	99
Çizelge 4.59. Kuşburnu-Kombucha çayına ait örneklerin organik asit profili (ppm)	102
Çizelge 4.60. Siyah çay-Kombucha çayına ait örneklerin organik asit profili (ppm)...	105
Çizelge 4.61. Yeşil çay-Kombucha çayına ait örneklerin organik asit profili (ppm) ...	108
Çizelge 4.62. Adaçayı-Kombucha çayına ait örneklerin organik asit profili (ppm)	110
Çizelge 4.63. Kahve-Kombucha çayına ait örneklerin organik asit profili (ppm)	113
Çizelge 4.64. Panelistlerin duyuusal değerlendirme sonucu elde edilen puan cetveli	115
Çizelge 4.65. Panelistler tarafından tercih edilen örneklere ait toplam puanlar ve Tukey HSD Çoklu Karşılaştırma Testi'ne göre örneklerin istatistiksel değerlendirilmesi	116

1. GİRİŞ

Dünyada farklı isimlerle adlandırılan ve Doğu Asya kökenli fermentasyon ürünü olan Kombucha çayı hafif ekşimsi- tatlı lezzete sahip fermente bir içecektir (Kumar vd 2008). Kombucha çayı, çeşitli bakteri ve mayaların simbiyotik birlikteliğinden oluşan bir kültürün besiyerine inokülasyonu ve uygun şartlarda geliştirilmesi ile oluşmaktadır. Bu simbiyoz kültür, geliştikçe oluşan katmanların birleşmesi ve kalınlaşması ile düz diske benzeyen yapıysından dolayı genellikle “Kombucha Mantarı” olarak adlandırılır. Kombucha mantarı jelatinimsi bir görüntü taşımaktadır. (Malbaşa vd 2008).

Özellikle Uzak Doğu ve Kafkasya bölgelerinde tüketimi oldukça fazla olan Kombucha kültürü içeriğinde maya olarak *Saccharomyces* türleri, bakteri olarak da *Gluconacetobacter xylinus* ve asetik asit bakterileri gibi mikroorganizmalar bulunmaktadır (Anonim 2016b). Kombucha mantarı içerisinde bulunan mayalar, besiyeri bileşimindeki karbon kaynaklarını kullanarak etanol (etil alkol) üretimi gerçekleştirmektedir. Anaerob olarak gerçekleştirilen alkol fermentasyonu sonucunda üretilen etanol, oksijen yardımıyla bakteriler tarafından kullanılarak asetik asit ve çeşitli organik asitlere dönüştürülmektedir (Elgün 2011).

Kombucha çayının yüzyıllardır süre gelen geleneksel üretimi için; öncelikle kaynamış su içerisine siyah çayın eklenmesi ve demlenmesi sağlanmaktadır. Yaklaşık 5 dk demlenmenin sonucunda çay yapraklarından arındırılarak içerisine karbon kaynağı (sakkaroz şekeri) ilavesi gerçekleştirilmektedir. Çayın inokülasyon için oda sıcaklığına gelmesi beklenmektedir. Fermentasyon için uygun asitlik ortamının sağlanması ve Kombucha kültürünün daha çabuk ortama adapte olması amacıyla bir önceki fermentasyondan elde edilen Kombucha çayının bir kısmı mayalama amacıyla eklenmektedir. Disk şeklinde gelişen Kombucha mantarının da bu karışıma eklenerek uygun koşullarda bekletilmesi şeklinde oluşturulmaktadır (Jayabalan vd 2014). Uzun yıllardır geleneksel tüketimi olan Kombucha çayı ile ilgili birçok araştırma yapılmakta ve buna bağlı olarak elde edilen olumlu çalışmalar sonucu endüstriyel anlamda üretimi gerçekleştirilmektedir.

Kombucha çayı milattan önceki dönemde Asya’da tedavi amaçlı ortaya çıkmıştır. Zamanla farkedilen faydalı özellikleri ve zinde tutucu etkisi ile savaşlarda askerlerin kullandığı bir içecek haline gelmiştir. 19. yy’ın ilk dönemlerinde Avrupa kıtasına ve oradan tüm dünyaya yayılan Kombucha, tarih boyunca farkedilen birçok faydalı özelliği sayesinde bugüne kadar uzanmıştır (Anonim 2013).

Kombucha çayı ile ilgili yapılan çalışmalara göre; kanseri engelleyici, mikrobiyal rahatsızlıklara karşı koruyucu ve buna bağlı olarak bağışıklık sistemini kuvvetlendirici, depresyon riskine karşı rahatlatıcı, antioksidan, diyabete karşı koruyucu- önleyici, gastrit ve ülser gibi hastalıkları tedavi edici etkilerinin olduğu yapılan bilimsel araştırmalar sonucu belirlenmiştir (Bhattacharya vd 2013). Yapılan çalışmalar sonucunda sağlık açısından olumsuz bir özelliğine rastlanmaması bazı bölgelerde tüketimini arttırmış, Kombucha çayına karşı merak ve ilgi uyandırmıştır. (Kutluer 2009).

Daha önce gerçekleştirilen çalışmalarda; Kombucha çayının genellikle siyah çay ve yeşilçayda üretiminin gerçekleştirildiği gözlemlenmiştir. Karbon kaynağı olarak ise sakkaroz şekerinin kullanıldığı belirlenmiştir. Bu çalışmada ise nar (hibiskus), yaban mersini ve kuşburnu olmak üzere 3 farklı meyve çayı; siyah çay, yeşilçay ve adaçayı olmak üzere 3 farklı bitki çayı ve kahve ekstraktı kullanılmıştır. Ayrıca sakkaroz şekerine alternatif olarak glukoz, laktoz, ksiloz ve fruktoz şekerlerinin kullanımı gerçekleştirilmiştir. Geçmiş araştırmalarda; pH, antioksidan aktivitesi, fenolik madde miktarı analizlerinin ağırlıklı olarak gerçekleştirildiği, birkaç çalışmada ise biyokütle miktarı, kullanılan şeker miktarı, etanol ve sınırlı sayıda organik asit varlığını belirlemeye yönelik araştırmaların bulunduğu tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen Kombucha kaynaklarında; pH, fenolik madde miktarı, antioksidan aktivitesi, renk ölçümü, kullanılan toplam şeker miktarı, biyokütle miktarı, organik asit profilinin belirlenmesi, etanol miktarının belirlenmesine yönelik analizler ve örneklerin duyu analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu araştırma sonucunda Kombucha çayının farklı ekstre çeşitleri ve karbon kaynağı kullanımı ile farklı tüketim seçeneklerinin oluşturulması, Kombucha çayına ait lezzetin farklı substrat kullanımı ile geliştirilerek daha geniş kitlelere hitap etmesi hedeflenmiştir.

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

2.1. Kombucha Nedir?

Manchurian çayı, çay mantarı, Kargasok çayı (Anonim 2015a) gibi farklı isimlerle dünyanın birçok yerinde tüketilen ve yapılan araştırmalar sonucunda birçok faydalı özelliğe sahip olduğu belirlenen Kombucha, hafif tatlımsı ekşi lezzete sahip özellikle Asya ülkeleri olmak üzere dünyanın pek çok yerinde kabul görmüş geleneksel fermente bir içecektir (Cvetkovic vd 2008). Günümüzde hala oldukça fazla bir tüketimi olan Kombucha çayı, dünya genelinde yıllık 3,5 milyon ton ile önemli bir üretim miktarına sahiptir (Kumar vd 2008).

Kombucha'nın tarihi kaynaklara göre ilk kullanımı MÖ 221 yılında Çin İmparatoru Tsin Han'ın tedavisiyle başlamış ve elde edilen olumlu etkisinden ötürü ölümsüzlük iksiri olarak adlandırılmıştır. MS 414 yılında Koreli Doktor Kombu tarafından tedavi amaçlı Japonya'ya getirilmiş ve Kombucha çayı adı ile tüketilmiştir (Anonim 2013). Çayın zinde tutucu, kuvvetlendirici ve hastalıkları önleyici özellikleri fark edilmiş, bu etkisinden dolayı günlük tüketimin yanı sıra savaşlarda askerler tarafından kullanılmasına özen gösterilmiştir. Japonya, Kore ve Çin kökenli olduğu düşünülen bu içecek önce ticari ilişkiler ile Rusya'ya gelmiştir. İkinci dünya savaşının ekonomiyi olumsuz etkilemesi sonucu Kombucha yeteri kadar gelişmemiş ve yayılması yavaşlamıştır (Anonim 2013a). Bu dönemden sonra Sovyetler birliğinde çeşitli hastalıkların özellikle de kanser vakalarının arttığı tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak çeşitli bölgelerde araştırmaların yapılması planlanmıştır. Bu araştırmalar neticesinde birçok bölgede hastalığın seyrinin aynı olmasına rağmen Batı Urallar çevresinin Ssolikamsk ve Beresniki olarak bilinen bölgelerinde neredeyse bu hastalıkların hiç bulunmadığı, kanser olan kişilerin ise bölge dışarısında bulunup sonradan gelenlerden oluştuğu belirlenmiştir. Bölgede bunun nasıl başarıldığını anlamak amacıyla gerekli araştırmalar ve takipler yapıldıktan sonra yerel halkın farklı olarak her gün "tea kvass" olarak adlandırdıkları çayı tükettikleri ortaya çıkmıştır. Bu çayın ise Kombucha çayı olduğu tespit edilmiştir (Kubilyay 2014).

Savaşın ardından İtalya'da 1950 yıllarında oldukça fazla bilinen ve tüketilen bir içecek haline gelen Kombucha "Funko Cinese" olarak adlandırılmıştır. 1960 yıllarında Kombucha çayı ile ilgili İsviçre'de yapılan bilimsel araştırmalar neticesinde Kombucha'nın yoğurt gibi tüketilmesi faydalı bir ürün olduğu ve çeşitli yararlarının belirtilmesi bilinirliğini daha da arttırmıştır. Günümüzde Kombucha ticari olarak oldukça önemli bir gıda haline gelmiştir ve her geçen gün daha geniş tüketim alanlarına yayılmaktadır (Hartmann vd 2000).

Kombucha mantarı, *Gluconacetobacter xylinum* tarafından metabolik ürün olarak oluşturulan düz disk yapısında jelatine benzer bir zardan oluşmaktadır (Vitas vd 2013). Kombucha kültürü asetik asit bakterileri ve ozmofilik mayaların simbiyotik birlikteliğinden oluşur (Malbaşa vd 2008). *Gluconacetobacter xylinum* aerobik mikroorganizmadır ve substrat içinde selülozik yapıda olan Kombucha mantarı tabakasını oluşturur. Bu tabaka sıvı- hava arasında bir ara yüz oluşturur (Nguyen vd 2010). İçeriğindeki mikroorganizmalar şekeri kullanarak gelişmekte ve zamanla sıvı içinde gelişen mantar tabakası kalınlaşmaktadır. Bakteri ve mantar simbiyozundan oluşan jel yapısındaki film şeker ve çay ile hazırlanmış besleyici sıvıda gelişir. Gelişim

süresince genellikle çayın yüzeyinde bulunan zar yapı bazen sıvı ortamın tabanında da bulunabilir (Anonim 2016). Çay mantarı olarak da adlandırılan Kombucha, bakteri ve mayalardan meydana gelen simbiyotik bir birliktelikten oluşur. Kombucha simbiyozu *Acetobacter xylinum*, *Acetobacter xylinoides*, *Bacterium gluconicum*, *Acetobacter aceti*, *Acetobacter pasteurianus* bakterileri ve *Schizosaccharomyces pombe*, *Saccharomyces ludwigii*, *Kloeckera apiculata*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Zygosaccharomyces bailii*, *Torulasporea delbrueckii*, *Brettanomyces bruxellensis*, *Brettanomyces lambicus*, *Brettanomyces custersii*, *Candida stellata* gibi mayalardan oluşmaktadır (Battikh vd 2012). Ayrıca *Candida* ve *Pichia* türleri de bulunmaktadır (Chu ve Chen 2006).

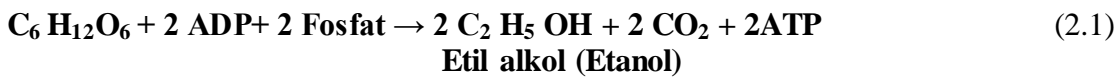


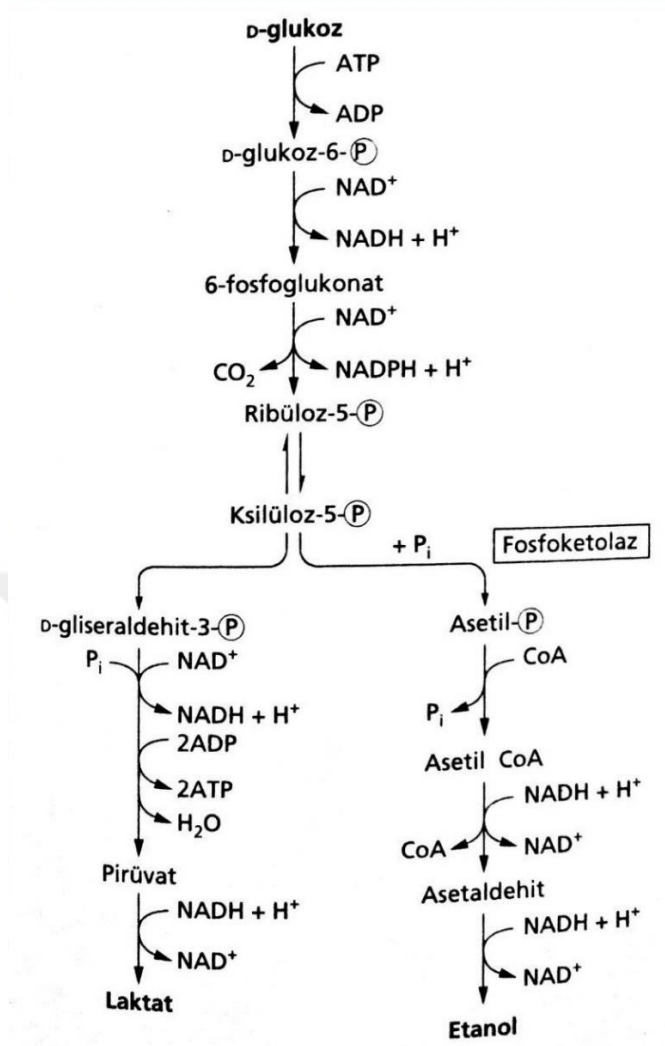
Şekil 2.1. Kombucha mantarının yapısı

2.2. Kombucha Fermentasyon Metabolizması

Fermentasyon diğer adıyla mayalanma, anaerobik şartlarda gerçekleşen, glukoz yoluyla canlılık için oldukça önemli olan ATP enerjisi üretimini sağlayan biyokimyasal bir süreçtir. Fermentasyonun son basamağında enerji üretilememesi durumunda bile glukozun pirüvata dönüşümünde harcanan nikotinamid adenin dinükleotit'in (NAD⁺) üretimini sağlayarak glikoliz döngüsünün devamını sağlar (Anonim, 2017). Bir başka tanım ile fermentasyon işlemi; enerji bakımından zengin olan organik maddelerin, anaerobik ortamda mikroorganizmalar tarafından enzimatik-kimyasal olarak daha az enerjiye sahip organik maddelere parçalanması işlemidir (Özçelik 2009).

Kombucha mantarı karbon kaynağını öncelikle etanol'e, ardından asetik asit ve çeşitli organik asitlere dönüştürerek fermentasyon işlemini gerçekleştirir. Kombucha içeriğinde bulunan *Saccharomyces cerevisiae* sp. suşlarının, anaerob ortamda fermentasyonu yoluyla etanol elde edilir. Karbonhidrat kaynaklarının fermentasyonu sonucunda etil alkol ve karbondioksit (CO₂) açığa çıkmaktadır (Elgün 2011). Etil alkol reaksiyonu aşağıdaki gibidir;





Şekil 2.2. Fosfoketolaz metabolik yolu (Waites vd 2001)

Etil alkol üretiminden sonra devam eden fermentasyon sonrasında sirke üretimine benzer bir şekilde asit fermentasyonu (asetik asit üretimi) gerçekleşmektedir. Ortamda bulunan etanol ve oksijenin, asetik asit bakterileri sayesinde asetik asit ve suya oksidasyonu işlemidir (Aran 2010).

Kombucha mantarı yapısında önemli bir yeri olan *Acetobacter* ve *Gluconacetobacter* asetik asit bakterileri Kombucha çayının oluşumunu tamamlamanın yanı sıra önemli tat ve koku maddelerini meydana getirmektedir.

Etil alkolün asetik aside dönüşümü (Ergün 2011).

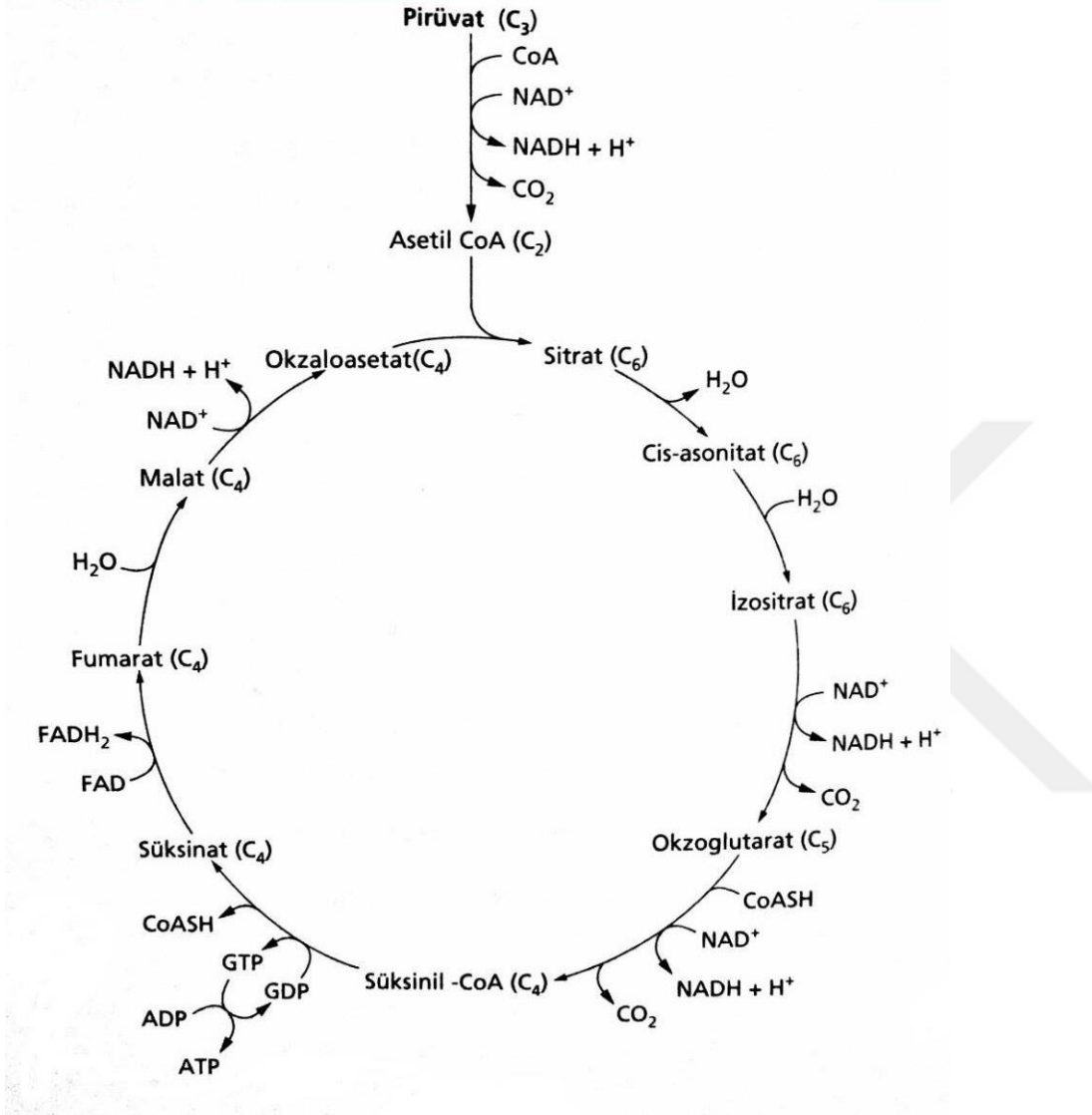
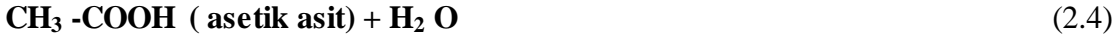
- Etil alkol hava oksijeniyle oksitlenip, asetaldehit oluşur.



- Asetaldehit su alarak hidro asetaldehite dönüşür.



- Hidro asetaldehit yıkılarak asetik asit ve suya parçalanır.

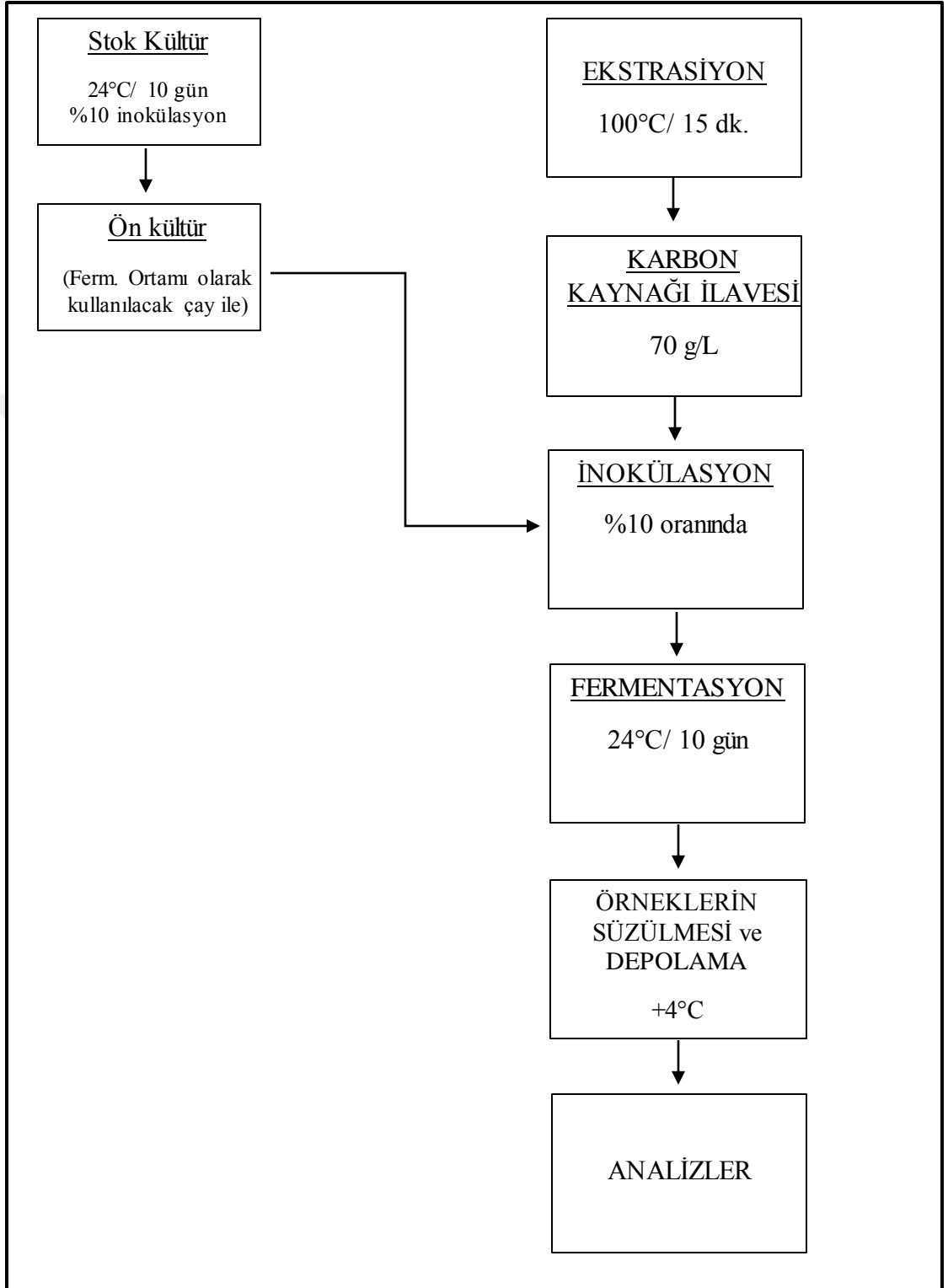


Şekil 2.3. Trikarboksilik asit döngüsü (Waites vd 2001)

2.3. Kombucha Üretimi

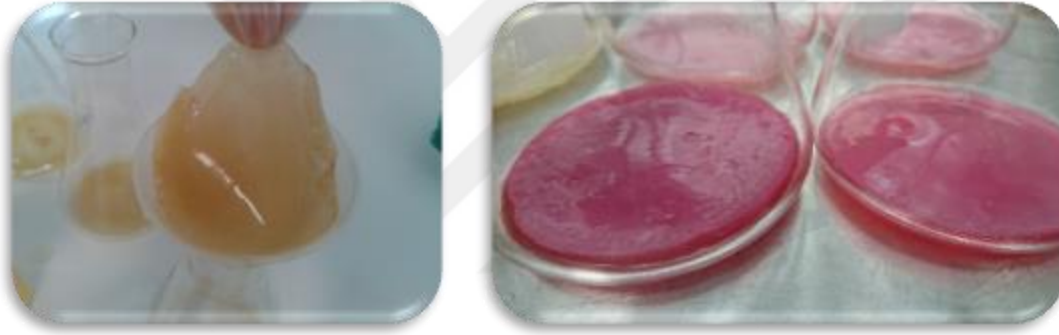
Geleneksel üretim ve araştırmalar dikkate alındığında Kombucha çayı üretiminde substrat kaynağının büyük kısmını siyah çay ve yeşil çay oluşturmaktadır. Karbon kaynağı olarak ise sakkaroz (çay şekeri) kullanılmaktadır. Kaynamış suya çay yapraklarının ilavesi ile 5 dakikalık bir demleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Demlenen çay süzülerek yapraklarından arındırılmaktadır. Şeker kaynağı ilavesi gerçekleştirildikten sonra inokülasyon için uygun sıcaklığa gelmesi beklenmektedir. Önceki fermentasyondan bir miktar Kombucha çayı elde edilen ekstrakta ilave edilmektedir. Kombucha mantarı ilavesi ile fermentasyon işlemi gerçekleştirilmektedir (Jayabalan vd 2014). Kombucha çayının; fermentasyonun 4. günü şıra oluşumu, 7. gün

sonunda alkol oluşumu, 10. Günün sonunda ise sirke oluşumu şeklinde gerçekleştiği belirtilmektedir (Anonim 2016).



Şekil 2.4. Kombucha üretim şeması

Kombucha, ekstrakte edilen çaya şeker eklenmesi ve inokülasyon sonrasında uygun koşullarda fermente edilmesiyle oluşmaktadır. Besiyeri ortamında azot kaynağı olarak kullanılan çayda bulunan kateşin flavonoidleri elde edilen fermente çayın antioksidan özelliği bakımından daha zengin olmasını sağlar. Yapılan birçok araştırma neticesinde bu bileşenlerin kanseri önleyici etkisi olduğu belirtilmektedir (Jayabalan vd 2007; Bhattacharya vd 2013; Wang 2010; Gharib 2014). Fermentasyon ile şeker mayalar tarafından CO₂, etanol ve çeşitli organik asitlere dönüştürülür. Ayrıca bakteriler tarafından ekşimsi tadından sorumlu olan asetik asit ve asetaldehit üretilmektedir (Marsh vd 2014). Fermentasyon süreci ile polifenol, glukonik asit, laktik asit, vitamin, antibiyotik vb. olmak üzere birçok faydalı bileşen oluşmaktadır (Jayabalan vd 2008). Bu bileşenler sayesinde Kombucha'nın antioksidan, antimikrobiyal, antistres, bağışıklık sistemini güçlendirici, diyabete karşı koruyucu-önleyici, gastrit ve ülser gibi hastalıkları tedavi edici etkilerinin olduğu yapılan bilimsel araştırmalar sonucu belirlenmiştir. Ayrıca Kombucha'nın kanser önleyici ve hastalığı tedavi edici özelliğinin olduğu da belirtilmiştir (Bhattacharya vd 2013). Yapılan çalışmalar sonucunda sağlık açısından hiçbir zararının bulunmaması Kombucha'ya olan ilgiyi arttırmıştır (Kutluer 2009).



Şekil 2.5. Fermentasyon sonrası süzülen örneklerden elde edilen disk yapı

2.4. Üretime Etki Eden Faktörler

2.4.1. Karbon kaynakları

Karbonhidratlar başka bir deyişle şeker kaynakları, C, H ve O moleküllerinin 1:2:1 oranında birleşmesi ile oluşan organik yapıda bileşiklerdir. Karbonhidratların genel formülü " $C_n (H_2O)_n$ " şeklinde ifade edilir. Formüldeki "n" değeri 3 ile 1000 arasında değişmektedir. Buna bağlı olarak karbonhidratlar adlandırılır ve çeşitli sınıflara ayrılır (Cemeroğlu 2011). Biyolojik açıdan en önemli olanlar ise 4, 5, 6 ve 7 karbonlu (n değerine) sahip şeker kaynaklarıdır (Özçelik 2009).

Karbonhidratlar basit şekerler ve bileşik şekerler olmak üzere iki temel gruba sahiptir. Basit şekerler, monosakkarit olarak adlandırılmaktadır ve daha küçük parçalara ayrılamazlar. Bileşik şekerler ise iki veya daha fazla basit şekerin birleşmesiyle oluşur (Cemeroğlu 2011). Disakkaritler, iki monosakkaritin kovalent bir bağ olan glukozidik bağ ile birleşmesi sonucu oluşur. Monosakkaritler gibi hidrolize edilebilirler. En çok bilinen disakkaritler sakkaroz, laktoz ve maltozdur. Monosakkaritler ve disakkaritler tatlı yapıdadır. Polisakkaritler, birçok monosakkarit

ve disakkaritin birleşmesi ile oluşan büyük yapıdaki karbonhidratlardır. Polisakkaritler tatlı yapıda değildir (Aran 2010).

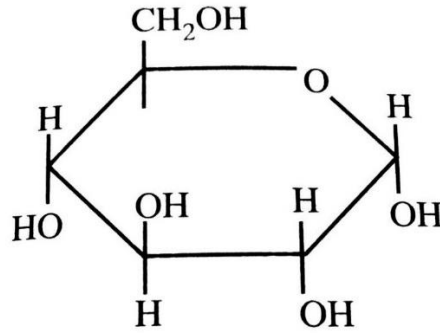
Karbonhidratlar bitkilerin fotosentezi sonucu oluşan organik bileşiklerdir. Bitkisel dokuların yapılarında yer almaktadır. Meyve ve sebzelerin en önemli bileşenlerinden biridir. Meyvelerin yapısında sebzelere oranla daha fazla karbonhidrat bulunmaktadır. Meyvelerde %3- 20 iken sebzelerde %3- 7 civarında karbonhidrat vardır.

Şeker kaynakları oksidasyonu sonucu enerji elde edilmektedir. Bu açıdan canlıların yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmesi amacıyla oldukça büyük önem taşımaktadır. Kanda bulunan glukoz, insanlar ve hayvanlar için enerji kaynağıdır.

2.4.1.1. Glukoz

Üzüm şekeri, kan şekeri ve dekstroz gibi çeşitli isimlerle adlandırılan glukoz canlılar için oldukça önemlidir (Cemeroğlu 2011). Glukoz 6 karbon, 12 hidrojen ve 6 oksijen atomundan oluşan, aldehit grubuna sahip olduğu için aldohexoz olarak adlandırılan bir şekerdir (Anonim 2017a). Canlılar için temel enerji kaynağı olmasının yanı sıra polisakkaritlerin de temelini oluşturmaktadır (Kutluer 2009).

Karbonhidratların yıkım sonucu monosakkaritler ve disakkaritler elde edilir. En küçük parçaya ayrılan glukoz, glikoliz ve ardından trikarboksilik asit döngüsü ile CO₂ ve H₂O şeklinde oksitlenir ve bunun sonucunda yaşamsal faaliyet için gerekli ATP enerjisi ortaya çıkar. Glukozun formaldehitten oluşabilen yapısı sayesinde en ilkel biyokimyasal sistemler de dahi rahatlıkla kullanılabilir.

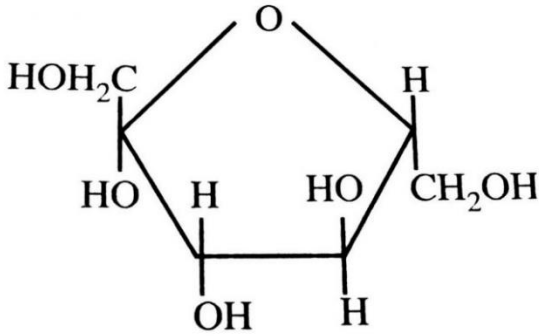


Şekil 2.6. Glukozun yapısı (Cemeroğlu 2011)

2.4.1.2. Fruktoz

Meyve şekeri, levüloz gibi isimlerle de bilinen fruktoz şekeri, glukozla birlikte bitkilerde en çok rastlanan karbonhidrat türüdür. Glukoz şekerinde olduğu gibi 6 karbon, 12 hidrojen ve 6 oksijen atomundan oluşur (Cemeroğlu 2011). Fruktoz şekeri, glukoz ve galaktozun izomeridir (Kutluer 2009). Moleküler formülü açısından benzerlik gösterse de glukoz şekeri ve fruktoz şekeri birbirinden farklıdır. Bu farklılığın nedeni ise, halkasal yapıdaki oksijen ve hidrojen moleküllerinin durumlarından kaynaklanmaktadır.

Fruktoz suda kolay çözünür. Ancak diğer şekerlere göre daha zor kristalize olmaktadır. Ayrıca mikroorganizmaların fermentasyonu sırasında, glukoz şekerine oranla daha yavaş parçalanmaktadır (Cemeroğlu 2011). Maya ve bakteriler aracılığıyla anaerobik fermentasyonu sağlanabilir. Fermentasyon ile mayalar, fruktozu etanol ve karbondioksite çevirerek enerji üretirler (Anonim 2016c).



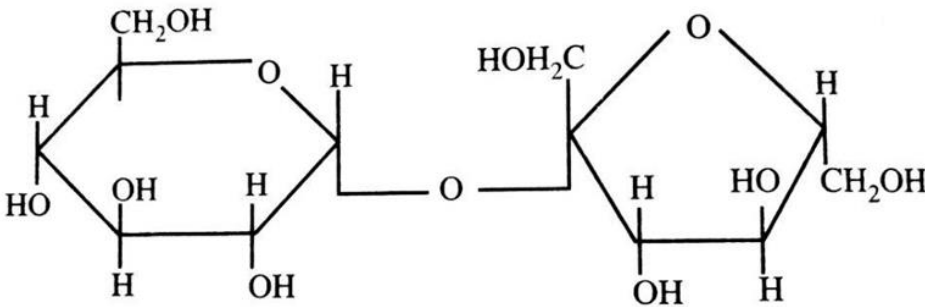
Şekil 2.7. Fruktozun yapısı (Cemeroğlu 2011)

2.4.1.3. Sakkaroz

Sakkaroz şekeri, çay şekeri ve sükroz olarak da adlandırılmaktadır. 12 karbon, 22 hidrojen ve 11 oksijen ($C_{12}H_{22}O_{11}$) molekülünden oluşur (Kutluer 2009).

Meyve ve sebzelerde en çok bulunan disakkarittir. 1 mol glukoz ve 1 mol fruktozun birleşmesiyle oluşur. Sakkaroz şekeri yapısından dolayı doğrudan fermentasyonda kullanılamaz. Mayalarda bulunan enzimler sayesinde önce glukoz ve fruktoza parçalanır. Bu şekilde monosakkarit olarak fermentasyona uygundur. Ayrılma sonucunda eşit sayıda fruktoz ve glukoz meydana gelmektedir. Sakkarozun enzimatik ya da kimsyasal yolla parçalanması işlemine inversiyon, işlem sonucu elde edilen karbon kaynağına da invert şeker adı verilmektedir (Cemeroğlu, 2011).

Saf sakkaroz kristalli yapıda, beyaz, tatlı, kokusuz olarak tanımlanabilir. Sadece bitkiler tarafından üretilmektedir (Anonim 2016d). Sakkaroz tatlılık derecesi olarak 100 kabul edildiği durumda, glukozun 74 ve fruktozun ise 173 olduğu belirlenmiştir. Bu sonuca göre sakkarozdan elde edilen invert şekerin saf sakkarozdan daha tatlı olduğu tespit edilmiştir (Cemeroğlu 2011).

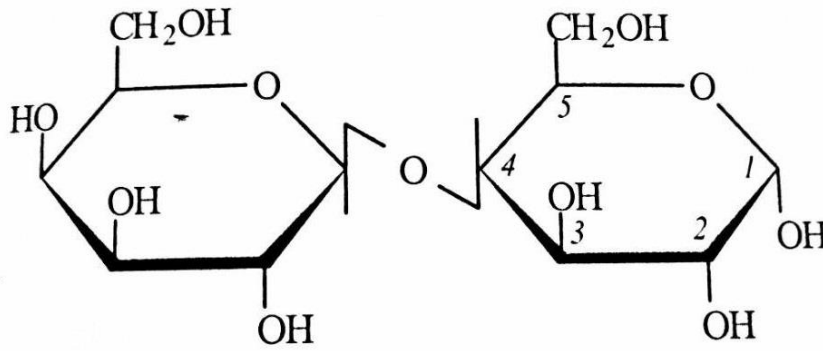


Şekil 2.8. Sakkarozun yapısı (Cemeroğlu 2011).

2.4.1.4. Laktoz

Laktoz şekeri sütte bulunan ve aynı zamanda süt şekeri olarak da tanımlanan bir karbonhidrattır. Süt aromasında oldukça önemlidir. Glukoz ve galaktozun glukozit bağı ile birleşmesi sonucu meydana gelen disakkarit yapısıdır. Bazı bakteriler fermentasyon esnasında laktoz şekerini kullanarak alkol üretimi gerçekleştirirler (Kutluer 2009; Anonim 2016e).

Laktoz, suda ağır çözünen bir şekerdir. Hidrolizi asitli ortamlarda gerçekleşebilmektedir. Tatlılık derecesi sakarozu göre oldukça düşüktür. Sakkaroz şekeri tatlılık oranı 100 birim olarak kabul edildiğinde laktozun tatlılık birimi 27 olarak kabul edilmiştir.

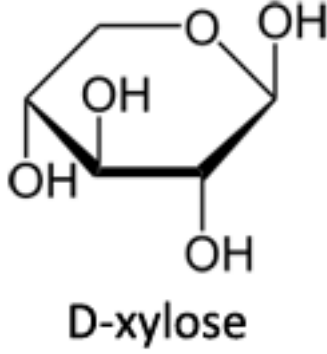


Şekil 2.9. Laktozun yapısı (Saldamlı 2007)

2.4.1.5. Ksiloz

Odun şekeri olarak da adlandırılan ksiloz şekeri, beş karbonlu pentoz şekerler olarak sınıflandırılmaktadır. Kompleks polisakkaritlerin yapıtaşı olarak bulunurlar 5 karbon, 10 hidrojen ve 5 oksijen molekülünden meydana gelen ksiloz şekeri, tatlı yapıda bir karbon kaynağıdır (Anonim 2016f).

Ksiloz şekeri, birçok bitkinin tohumunda bulunmaktadır. Odun, saman, mısır koçanı, kepek gibi selülozik yapılarda yer almaktadır. Aynı zamanda şeftali, armut, erik ve kiraz gibi meyvelerin bileşeninde de karbohidrat kaynağı olarak bulunur. Selülozik materyallerde bulunan ksiloz şekeri hidroliz ile elde edilir. Pentoz şeker grubundan olduğu için mayalar tarafından fermente edilmesi hemen hemen yok denecek kadar azdır. Daha gelişmiş organizmalar da ise kullanımının kısıtlı olduğu belirtilmektedir (Bilişli 2009).



Şekil 2.10. D- ksiloz yapısı (Anonim 2013b)

2.5. Fermentasyon Ortamında Kullanılan Çaylar ve Kahve

2.5.1. Nar (hibiskus) çayı

Nar çayı olarak da bilinen ve dünyanın birçok yerinde tüketilen *Hibiscus sabdariffa*, *Malyaceae* familyasına aittir. Farklı bölgelere göre farklı isimlendirilen hibiskus çayı; İran’ da ekşili bitki-içecek, İngiltere’ de Roselle veya kırmızı yonca, Arap bölgelerinde ise Karkade adıyla bilinmektedir (Mozaffari-Khosravi vd 2009).

Narçiçeği hafif ekşi- tatlı tada sahip, fazla soğuk olmayan bölgelerde yetişen, kırmızı renkte etli gövdeye sahip bir meyvedir (Yılmaz 2011). Nar meyvesinin üst kısmından çiçek olarak meydana gelen bu kısım geçmişten bugüne özellikle içecek olmak üzere, reçel, çay, jöle gibi çeşitli gıda ürünlerinde kullanılmaktadır (Zhen vd 2016).

Yapılan araştırmalara göre hibiskus çeşitli alkaloidleri, L- askorbik asit, anisaldehit, β - karoten, β - sitosterol, mukopolisakkarit, siyanidin- 3 rutinosit, pektin gibi bileşenlerin yanı sıra yağ asidi olan stearik asit, organik asit olan sitrik asit, fenolik asit olan protokatekuiik asidi bulundurmaktadır (Mozaffari-Khosravi vd 2009). Mevcut bileşenler sonucu çeşitli çalışmalara konu olmuş ve birçok faydalı özelliği tespit edilmiştir. Diyabet hastalığı tedavisinde (Saxena ve Vikram 2004), hiperlipidemi ve hipertansiyon tedavisinde (Hopkins vd 2013), mineraller, C vitamini ve polifenoller bakımından zengin olduğu ve bu bileşenler ile birlikte insan sağlığına olumlu etkileri (Ali vd 2005) antioksidan ve antibakteriyel özelliklere sahip olmasının yanında enfeksiyona bağlı rahatsızlıkların tedavisi ve sitotoksik özelliklere sahip olduğu denekler üzerinde yapılan çalışmalar sonucu belirtilmiştir (Ali vd 2011).



Şekil 2.11. Narçiçeği (hibiskus) bitkisi (Anonim 2014; Anonim 2016h)

2.5.2. Yaban mersini

Dünya tarımında 20. yy döneminde ortaya çıkan yaban mersini organik maddece zengin, mikroklima iklimine sahip bölgelerde yetişmektedir. Ülkemizde özellikle Karadeniz Bölgesi başta olmak üzere kısmen Marmara ve Doğu Anadolu Bölgelerinde de yetiştirilir (Göktaş 2013). Yetiştirilmek üzere özellikle kuzey ve güney bölgelerine ait olan yüksek boylu çalı şeklindeki yaban mersini (*Vaccinium corymbosum L.*), tavşangözü yaban mersini (*Vaccinium ashei Rehd.*) ve alçak boylu çalılık şeklinde olan yaban mersini (*Vaccinium angustifolium*) olarak 3 tür tercih edilmektedir (Yıldız 2015).

Eriaceae (fundagiller- çalılık) familyasına ait olan yaban mersini *Vaccinium* cinsine aittir ve birçok türe sahip olan üzümü meyveler grubunda bulunmaktadır (Göktaş 2013). Yaban mersini içeriğinde bulunan on beş farklı antosiyanidin ve çeşitli fenolik maddelerle bu meyveye antioksidan en zengin bahçe bitkisi olma özelliği katmıştır. İçeriğindeki ellagik asit sayesinde antikanserojen, melatonin ile hipofiz bezinin sağlıklı çalışmasında etkilidir. Ayrıca çeşitli organik asitler, glukozitler, flavonid ve C vitamini içermektedir.

Yapılan araştırmalara göre 100 g yaban mersini meyvesinin %83'ü su iken geri kalanın % 0,7'si protein, % 0,5'i yağ, % 15'i karbonhidrat, % 1,5'i liften oluşur ve 100 g yaban mersini tüketimi sonucunda vücuda 62 kalori alımı sağlanır (Doğanay 2014).



Şekil 2.12. Yaban mersini meyvesi (Anonim 2015; Anonim 2017b)

2.5.3. Kuşburnu

Yaban gülü, gül elması, gül burnu gibi çeşitli isimlerle de anılan kuşburnu *Rosaceae* (gülgiller) familyasına ait *Rosa* cinsi çok yıllık funda bitkisidir. Oldukça dayanıklı olan kuşburnu bitkisi bu özelliği sayesinde birçok bölgede yetişebilmektedir. Meyve oluşumundan önce çiçeklenen ve bu çiçeklerin etlenmesi ile meyve oluşumuna başlayan kuşburnu kızılığa benzer bir görünüm almaktadır (Demir 2012). Kuşburnu meyvesinin çok çekirdekli ve dikenimsi tüylere sahip olmasından dolayı işlem görmeden tüketilmesi oldukça zordur. Bu yüzden temizleme işlemiyle birlikte meyve suyu, marmelat, reçel gibi ürünlere dönüştürülerek tüketilmektedir. Bunun yanı sıra kurutulup çay olarak da kullanımı mevcuttur (Şahin 2013).

Kuşburnu meyvesi gibi fenolik bileşenler, çeşitli mineral maddeler, organik asitler, aminoasitler, pektin, C vitamini, B vitamini, P vitamini, folik asit ve önemli yağ asitleri gibi maddelerce zengindir. Mevcut fenolik maddeler sayesinde yüksek antioksidan kapasiteye sahiptir (Murathan 2016; Şahin 2013). Kuşburnu meyvesi domates ve limona göre 30- 40 kat, elmadan ise 300 kat daha fazla C vitamini içermektedir. Bu sayede daha küçük miktarda tüketim ile vitamin ihtiyacının karşılanmasına olanak sağlar (Şahin 2013).

Kuşburnu meyvesinin antioksidan kapasitesinden dolayı sinir sistemi, kardiyovasküler, hipolipidemik hastalıklar açısından tedavi amaçlı kullanılabilceği belirtilmiştir (Stragula vd 2016). Mevcut yararlı bileşenleri sayesinde kanser hücrelerinin oluşumunu önleyici, astım, sindirim bozukluğu, baş ağrısı gibi hastalıkların tedavisinde kullanıldığı çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir. Sağlık sektörüne ilaveten sektöründe de antioksidan özelliği esas alınarak depolama koşullarının iyileştirilmesi adına çeşitli araştırmalar bulunmaktadır (Su 2007).



Şekil 2.13. Kuşburnu meyvesi (Anonim 2015b; Anonim 2016g)

2.5.4. Siyah çay

Çay dünyada sudan sonra en fazla tüketilen içecek olarak bilinmektedir. Bilimsel adı *Camellia Sinensis L.* olan çay bitkisinin yaprakları yılın her mevsimi yeşildir (Demir 2011). Sonbahar ve ilkbahar aylarında olmak üzere yılda iki sefer hasat işlemi gerçekleştirilmektedir (Choi vd 2016). *Theaceae* familyasına ait çay nemli ve yağışlı iklim koşullarında yetişmektedir. Tomurcuk ve yaprak kısımları içecek olarak kullanılmaktadır (Anonim 2016a).

Dünyada yıllık çay üretimi yaklaşık 2,5 milyon ton civarındadır. Bunlar kendi içerisinde tam fermente edilmiş siyah çay, yarı fermente edilmiş oolong çayı ve fermente işlemi görmemiş yeşil çay olarak üçe ayrılmaktadır. En fazla üretim siyah çay, en az üretim ise oolong çayı olarak gerçekleştirilmektedir (Demir 2011). 30'dan fazla ülkede yetiştiriciliği yapılan çay bitkisinden elde edilen hasadın %75'ini siyah çay oluşturmaktadır. Dünya nüfusunun 2/3' ü tarafından tüketilen çay üretiminin yarısı Çin ve Hindistan tarafından gerçekleştirilmektedir.

Çay içeceği yüzyıllardan beri özellikle şifa kaynağı olarak kullanılmıştır. Günümüzde de içecek olarak tüketimi devam eden çayın oldukça faydalı özelliklerinin olması da yüzyıllardır süregelmesinde etkili olmuştur. Çayın bileşiminde; proteinler, serbest aminoasitler, polifenoller, mineral maddeler, kafein, lipitler bulunmaktadır. Çayda bulunan ve oldukça önemli olan polifenollerin miktarı bitkinin erginlik özellikleri, ışık, yağmur, toprağın besin özellikleri, hasada kadar beklenen süreç, işleme yöntemleri ve işlem sırasında maruz bırakılan sıcaklık gibi çeşitli etkilere bağlı olarak değişmektedir (Güzel 2011). İçeriğindeki fenolik maddeler antioksidan aktivitesinin oldukça güçlü olmasını sağlar. Farklı türdeki fenolik maddelerden en önemli ikisi kateşinler ve flavanollerdir. Yeşil çayda oldukça yüksek oranda bulunan kateşinler, oksidasyon sonucu elde edilen siyah çay yapraklarında daha karmaşık yapıda olan theaflavin ve thearibujin haline dönüşürler. Bu reaksiyon sonucu çayda kırmızımsı renk, parlaklık ve tadında hafif burukluk meydana gelir (Kelebek 2016).

Çay üzerine yapılan çeşitli araştırmalar içeceğin antioksidan, antimutajenik, antibakteriyal, yaşlanmayı geciktirici, obezite etkilerini sınırlayıcı, diyabetik olumsuzlukları önleyici gibi yararlı özelliklerinin olduğu bildirilmiştir. Çay tüketiminin kalp hastalığını kısmen azalttığı ve olumsuz etkilerinin hafifletildiği tespit edilmiştir. Sigara kullanımıyla oluşan toksik etkileri azaltıcı buna bağlı olarak ağız kokusunu önleyici, kan damarlarını güçlendirici ve özellikle son zamanlarda görülme olasılığı artan Alzheimer ve Parkinson'a karşı önleyici etkisi yapılan çalışmalarda yer almıştır (Güzel 2011).



Şekil 2.14. Siyah çay (Anonim 2015c; Anonim 2017c)

2.5.5. Yeşil çay

Yeşil çay, *Camellia Sinensis* yapraklarının farklı işleme teknolojisi ile elde edilen ve dünyada oldukça fazla miktarda tüketilen bir içecektir. İşleme teknolojisi ilk kurutma, buhar verme (steaming), kıvrma, son kurutma işlemleri olarak

sıralanmaktadır (Choi vd 2016). *Camellia Sinensis* bitkisinden elde edildiği için yetiştirme koşulları, hasat edilmiş çayın mevcut bileşenleri, iklim koşulları, hasat dönemleri vb. özellikleri siyah çay ile aynıdır. Yeşil çayın farklılığını üretim esnasında gerçekleştirilen işlem basamakları oluşturmaktadır.

Polifenoller gibi biyoaktif bileşenlerden faydalanabilme kapasitesi karşılaştırıldığında yeşil çayın, siyah çay ve oolong çayına göre daha faydalı olduğu ve antioksidan bileşenlerin daha yüksek miktarda bulunduğu tespit edilmiştir. Ancak tadının daha acı ve buruk olmasının yanı sıra kokusunun da diğer çaylara oranla daha az güzel olması çayın olumsuz özelliği olarak belirtilmiştir (Han 2016).

Yeşil çay içeriğinde gallik asit, kafeik asit ve klorojenik asitler gibi fenolik asitler, mirisetin ve kuarsetin gibi flavonoller bulunmaktadır. Fenolik madde miktarı yüksek olan yeşil çayın antioksidan kapasitesi de yüksektir (Fournier-Larente vd 2016). Yeşil çay yapraklarında bulunan bir önemli bileşen de polikosanol' dur. İçeriğinde barındırdığı kateşinler, fenolik asitler sıcak su ile çözülebilir forma dönüşmektedir. Düzenli şekilde tüketimi sayesinde kolesterol, yüksek tansiyon, kalp rahatsızlıkları, kanser gibi hastalıklara yakalanma riskini azaltıcı ve bedeni koruyucu etki sağlamaktadır. Depresyon gibi ruhsal rahatsızlıkların olumsuz etkilerinin de azaltılmasına yardımcı olduğu belirtilmektedir (Choi vd 2016).



Şekil 2.15. Yeşil çay bitkisi (Anonim 2016a; Anonim 2017d)

2.5.6. Adaçayı

Lamiaceae (Ballıbabagiller) familyasına ait olan adaçayı bitkisi *Salvia* cinsine ait ve tüm dünya genelinde ortalama 900 türü bulunan kokulu bir bitkidir. Ülkemizde 92 *Salvia* türü bulunmakta ve bunların yarısı sadece bölgeye özgü olarak yetişmektedir. Bahçe adaçayı olarak adlandırılan *Salvia officinalis* birçok türe sahip adaçayı bitkisinin genel adını oluşturmaktadır (Yağcıoğlu 2015). *Salvia sclarea* Anadolu' da kendiliğinden gelişen ve sahip olduğu uçucu asitlerden dolayı İngiltere, Almanya, İtalya, İspanya gibi Avrupa ülkelerinin yanı sıra ABD'de de ekonomik değere sahip bir adaçayı türüdür.

Genellikle tek yıllık bir bitki olan adaçayı uzunluğu 0,6 m-1,8 m aralığında değişen güçlü kokuya sahip bir bitkidir. Düzenli dizilmiş farklı renklerde çiçekleri ilkbahar sonundan yaz ortasına kadar açar. Yassı yuvarlak şekilde olan tohumları yüksek antioksidan ve antiradikal özelliğinden dolayı oldukça kıymetlidir. İçerdiği

faydalı bileşenler ile besin takviyesi olarak kullanılmaktadır. Özellikle gıda koruyucu olarak kullanımı ve ürünlerin dayanıklılığının artırılması konusunda uygulamalar ve devam eden çalışmalar mevcuttur. Endüstride adaçayımdan gam eldesi ve gıda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Kutlu 2015). Geleneksel tüketimde kurutulmuş adaçayı yapraklarının sıcak su ile ekstrakt haline getirilerek tüketimi geçmişten günümüze halen geçerliliğini korumaktadır (Zimmermann vd 2011). İlaç, kozmetik ve parfümeri endüstrisinde de oldukça etkin bir yeri bulunmaktadır. İçeriğindeki polifenoller (rosmarinik asit, karnosolik asit gibi), esansiyel asitler, yağ asitleri (linoleik asit, palmitik asit, stearik asit gibi), demir, magnezyum, fosfor, kalsiyum gibi çeşitli bileşenler ile koruyucu, bağışıklık sistemini destekleyici, antimikrobiyal, kanser oluşumunu önleyici olarak kullanılmaktadır (Pavlić vd 2016; Kutlu 2015).



Şekil 2.16. Adaçayı bitkisi (Anonim 2017f; Anonim 2017e)

2.5.7. Kahve

Kahve, 500 cins ve 6000'in üzerinde tür içeren *Rubiaceae* (kökboyasığıllar) familyasına ait bir bitkidir (Yücesen 2012). Her daim yeşil olan kahve ağacının yasemin kokulu beyaz çiçeklerinin yanı sıra kirazı andıran meyveleri ve bu meyvelerden elde edilen 2 küçük kahve taneleri bulunur. Bu meyveler parşömene benzeyen zar ile çevrilidir (Başarrı 2005).

Kahve dünyada oldukça fazla tüketimi bulunan, yılda 800 milyar fincandan fazla tüketimi bulunan bir içecektir (Yücesen 2012). Ham petrolden sonra 2. Sırada yer alan ticari bir ürün olması, gerek ticari kazanç gerekse gıda tüketim maddesi olarak oldukça kıymetli bir materyal haline gelmesini sağlamıştır (Özkara 2012).

Yeşil kahve bileşiminde % 50 polisakkarit, % 13 protein ve % 12 civarında yağ bulunmaktadır. Bu oranlar kahvelerin farklı türlerine göre değişmektedir. Bunların yanı sıra klorojenik asitler, karboksilik asitler, çeşitli mineral maddeler (potasyum, manganez, demir, bakır), alifatik asitler ve uyarıcı etkiyi göstermekte olan kafein maddeleriyle birlikte 800' ün üzerine uçucu bileşenlerin bulunduğu ifade edilmektedir (Kıvançlı 2011).

Kahve meyveleri uygun kavurma, öğütme gibi işlemler ile muamele edildikten sonra su ve süt ile ekstraksiyonu gerçekleştirilerek tüketilmektedir. Bu da özellikle kahve ve kahve tüketiminin insan sağlığına etkileri ile ilgili araştırmaların yapılmasına olanak sağlamıştır. Yapılan araştırmalar neticesinde düzenli kahve tüketiminin ileriye

yönelik Alzheimer, Parkinson, tip 2 diyabet, kalp hastalığı riskini azalttığı, safra kesesi açısından faydalı olduğu, kafeinin uyarıcı etkisine bağlı olarak zihinsel aktiviteyi olumlu yönde etkilediği ve ağrı kesici, laksatif-diüretik etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca kahve içeriğinde bulundurduğu fenolik maddeler ile antioksidan, kahveol- kafestol maddeleri ile antikanserojenik ve antimutajenik faydalarının olduğu ifade edilmiştir (Kıvançlı 2011).



Şekil 2.17. Kahve bitkisi (Anonim 2008; Anonim 2014a).

2.6. Kombucha İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Kombucha ile ilgili literatürde; Kombucha çayının genellikle siyah çay ve yeşilçay ekstraktlarında üretiminin gerçekleştirildiği gözlemlenmiştir. Karbon kaynağı olarak ise sakkaroz şekerinin kullanıldığı belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda pH, antioksidan aktivitesi, fenolik madde miktarı analizlerinin ağırlıklı olarak gerçekleştirildiği, birkaç çalışmada ise biyokütle miktarı, kullanılan şeker miktarı ve sınırlı sayıda organik asit varlığını belirlemeye yönelik araştırmaların bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca günümüz teknolojisinin getirdiği elektromanyetik dalgaların zararlarına karşı Kombucha çayının etkisinin incelenmesi gibi çeşitli araştırmalara rastlanmaktadır.

Kombucha kültürünün farklı oranlarda çay (4.4 g/L, 8.7 g/L, 17 g/L, 35 g/L, 70 g/L) kullanılarak elde edilen ekstraktlarda geliştirilmesi ve elde edilen fermente edilmiş, fermente edilmemiş ve nötralize edilmiş örneklerin *Staphylococcus aureus* NRRL B-1317, *Staphylococcus aureus* NRRL B-1318, *Escherichia coli* serotype H10 (non-pathogenic) NRRL B-2207, *Escherichia coli* serotype H48 (pathogenic) NRRL B-3704, *Salmonella choleraesuis* serotype typhimurium NRRL B-4420, *Bacillus cereus* NRRL B-14720, *Bacillus cereus* NRRL B-14725, *Candida albicans* NRRL Y-12983, *Agrobacterium tumefaciens* mikroorganizmalarına karşı antimikrobiyal etkileri incelenmek üzere bir çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada en etkili oran 70 g/L olarak belirlenmiştir. Ancak bu oranda gerçekleştirilen fermentasyon sonucu elde edilen üründe istenmeyen tat ve tüketimi zorlaştıran acılığın olduğu tespit edilmiştir. Tüketime en uygun oran 4,4 g/L çay oranı olduğu ancak bu oranda istenilen antimikrobiyal etkinin elde edilemediği belirlenmiştir. Elde edilen örneklerde 33 g/L toplam asitlik olduğu ve bunun 7g/L' sinin asetik asit olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen Kombucha örneklerinin antimikrobiyal etkisinin organik asitlere bağlı olduğu belirtilmiştir (Greenwalt vd 1998).

Kombucha çayının serbest radikal oluşumunu engelleyici özelliğinin araştırıldığı bir çalışmada siyah çay, yeşilçay ve çay atığı ekstraksiyonları şeker kaynağı ile zenginleştirilerek fermentasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. 24°C 18 gün boyunca devam eden fermentasyon sonucunda örneklerde pH miktarı, hidrosil radikali uzaklaştırma yeteneği, anti-lipid peroksidasyon yeteneği azalırken, toplam fenolik madde miktarı, antioksidan etki, linoleik asit oksidasyonunu önleyici etkisi zamanla artmıştır. Fermentasyon süresinin uzun olması serbest radikallerin uzaklaştırılması bakımından olumlu etki sağlamasına rağmen organik asitlerin aşırı birikmesinden dolayı doğrudan tüketimi olumsuz etkileyeceği belirtilmiştir (Jayabalan vd 2008)

Farklı konsantrasyonlarda (35, 50, 70 g/L) karbon kaynağı olarak melas kullanımı ile gerçekleştirilen bir çalışmada düzenli olarak alınan örneklerle çeşitli analizler gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre; pH miktarının ve kullanılan toplam şeker miktarının zamanla azaldığı gözlemlenmiştir. Ortamda laktik asit ve asetik asetik üretimi meydana gelmiştir. Araştırma sonucunda en iyi sonuçlar 70 g/L şeker konsantrasyonundan elde edilmiştir (Malbaša vd 2008a).

Malbaša vd (2009) tarafından yapılan bir çalışmada Kombucha, kültürün vakum evaporasyonu uygulanarak elde edilen siyah çay, yeşilçay ve yerelmasında geliştirilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Evaporasyon sonucu elde edilen ve karbon kaynağı ile zenginleştirilmiş örnekler % 10 ve %15 oranlarında süte eklenerek fermentasyona bırakılmıştır. Kontrol örneği olarak yoğurt starter kültürleri kullanılmış ve tüm örneklerde pH 4,4' e ulaşana kadar fermentasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Fermentasyon sonucu elde edilen örnekler birbirleriyle benzer özellikler göstermiştir. Depolama boyunca Kombucha kültürü kullanılarak geliştirilen örneklerde asitliğin değişmediği ve yoğurda göre daha stabil bir ürün olduğu belirtilmiştir.

Geleneksel Kombucha üretimi ve modifiye edilmiş Kombucha üretimi yapılarak karşılaştırılması gerçekleştirilen bir çalışmada; Geleneksel Kombucha üretiminde 500 ml şeker ilaveli siyah çay içerisine 100 ml bir önceki Kombucha sıvısı eklenerek 30°C'de 8 gün fermentasyona bırakılmıştır. Modifiye edilmiş Kombucha üretiminde ise 500 ml şeker ilaveli siyah çay içerisine 50 ml *Gluconacetobacter* sp. A4 inokülasyonu gerçekleştirilmiş ve aynı koşullarda inkübasyona bırakılmıştır. *Gluconacetobacter* sp. A4 Kombucha için oldukça önemli olup D-saccharic acid-1,4-lactone (DSL) üretiminde rol oynamaktadır. DSL Kombucha çayındaki hipokolesterolemik etkiden sorumlu olduğu için modifiye Kombucha çayının geleneksel olana oranla daha etkili olduğu belirtilmiştir. Her iki Kombucha çayı siyah çaya oranla daha fazla antioksidan etkiye sahiptir. (Yang vd 2009).

β -glukuronidaz, glukuronidlerin hidrolizinden sorumludur. D-sakkarik asit-1,4-lakton (DSL), β -glukuronidaz enziminin aktivitesini kısıtlayarak bu zararlı bileşenin oluşmasını önler. Diyot dizisi algılama (DAD) ile yüksek performanslı kapılar elektroforez yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen analizler sonucunda Kombucha'nın DSL içerdiği ve bu sayede enzimin aktivitesini önleyerek zararlı bileşenlerin oluşumunu azalttığı ifade edilmiştir (Wang vd 2010).

Kombucha çayının antimikrobiyal etkisini belirlemek için yapılan bir çalışmada; kekik, limon mine çiçeği, rezene, biberiye, nane olmak üzere 5 farklı bitki çayında 21 gün boyunca fermentasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen örnekler

agar difüzyon metodu kullanılarak *Staphylococcus epidermidis* CIP 106510, *S. aureus* ATCC 25923, *M. luteus* NCIMB, *E. coli* ATCC 35218, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *S. typhimurium* LT2 and *Listeria monocytogenes* ATCC 19115 ve bazı *Candida* türlerine (*Candida albicans*, *Candida krusei*, *Candida tropicalis*, *Candida parapsilosis*, *Candida glabrata*, *Candida dubliniensis* ve *Candida sake*) türlerine karşı antimikrobiyal etkisi gözlemlenmiştir. Fermente edilen, nötralizasyonu gerçekleştirilen (NaOH 1mol/L), ısı işlem (120 °C 20 dk.) muamelesinde bulunulan ve fermente edilmemiş örneklerde antimikrobiyal etki incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda antimikrobiyal etkinin en yüksek fermente edilen örnekte olduğu, ısı muamele sonucunda etkinin azaldığı, nötralize edilen örnekte etkinin %87 baskılandığı ve neredeyse hiç olmadığı belirlenmiştir. Farklı bitki ekstraktlarında gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda antimikrobiyal etkisi en yüksek olan çay, çeşitli patojenler içerisinde 12,5 mm ve 27,5 mm zon oluşturan limon mine çiçeği olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında belirlenen bakterilere karşı belirgin etki gösteren Kombucha çayının mayaların bazı türlerine yeterince etki edemediği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda antimikrobiyal etkinin büyük oranda Kombucha kültürünün faaliyeti sonucu meydana gelen asidik ortamdan kaynaklandığı ifade edilmiştir (Battikh vd 2012).

Kombucha çayında belirlenen potansiyel etkiler fermente çaya olan ilgiyi zamanla arttırmıştır. Özellikle son dönemlerde yapılan çalışmalar sonucu fermente çayın parasetamol kaynaklı hepatotoksisite oluşumunu ve oksidatif strese bağlı olarak yan ürün kromat (VI)'ün meydana gelmesini engellediği belirtilmiştir. Kombucha çayının özellikle *Helicobacter pylori*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Bacillus cereus*, *Shigella sonnei*, *Salmonella enteritidis* and *Escherichia coli* mikroorganizmalarına karşı antimikrobiyal etkisinin olduğu belirtilmiştir (Battikh vd 2012).

Bhattacharya vd (2013) tarafından yapılan bir çalışmada normal siyah çay ve Kombucha kültürü ile fermente edilmiş siyah çayın çeşitli yönlerden karşılaştırılması yapılmıştır. Kombucha çayının toplam fenolik madde ve flavonoid içeriği bakımından sırasıyla % 27,2 ve % 75 siyah çaya oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Fenolik madde ve flavonoidlerin antioksidan bakımından oldukça etkili olduğu belirtilmiştir.

Vukic vd (2014) tarafından bildirildiğine göre; Kombucha' nın süt içinde geliştirilmesi sonucu reolojik özelliklerinin ve tekstür yapısının belirlenmesi üzerine bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Siyah çaya 70 g/L sakkaroz ilavesi yapılarak 29°C 7 gün fermentasyon işlemi gerçekleştirilen Kombucha örneği %10 oranla süte inoküle edilmiş ve fermentasyon süresince pH 5,4, 5,1, 4,8 ve 4,6' da örnek alınmıştır. Kombucha örnekleri yoğurt ve probiyotik ürünler ile karşılaştırılmıştır. Yapılan araştırma neticesinde probiyotik ürünlerin ve yoğurt fermentasyon süresinin Kombucha' ya oranla iki kat hızlı olduğu gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda Kombucha kültürünün yeni fermente ürünlerde kullanılmasının uygun olduğu belirtilmiştir.

Kombucha ile ilgili gerçekleştirilen çeşitli çalışmalarla; elektromanyetik dalgalara maruz kalınmasıyla kaynaklanan olumsuz etkilerin Kombucha ile tedavi edilebilmesi, çevre kirliliğine karşı koruyucu ve bağışıklık sistemini kuvvetlendirici etkisi (Gharib 2014), diyabet hastalığına karşı tedavi edici özelliği (Bhattacharya 2013), aşırı kilo alımını engelleme açısından önemli bir tüketim ve diyet ürünü olduğu (Battikh 2012),

toksik ve kanserojenik bileşenlerin oluşumunu önleyici etkisi (Wang 2010), koroner kalp rahatsızlığı etkenlerinden biri olan yoğunluklu lipoprotein oksidasyonunu inhibe ettici özelliği (Yang vd 2009), lipit peroksidasyonunu önleyici etkisi (Pauline vd 2001) gibi sağlık açısından da önemli etkilerinin olduğu çeşitli araştırmalar sonucunda belirlenmiştir.

Kombucha araştırılmaya çok açık ve bilimsel açıdan fazla eski olmayan bir ürün olduğundan dolayı özellikle son yıllarda ilgi çekici çalışmalar yapılmaktadır. Ancak literatürde özellikle fermentasyon besiyeri içeriği ve çeşitliliği açısından yeterli çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmada; özellikle ülkemizde oldukça az bilinen ve asidik tadın baskın olmasından dolayı içimi zor olan Kombucha çayının farklı meyve- bitki çayları, kahve ve farklı şeker kaynakları kullanılarak fermentasyon yoluyla üretimi gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu araştırma sonucunda Kombucha çayının farklı tüketim seçeneklerinin oluşturulması, tadının farklı substrat kullanımı ile geliştirilerek daha geniş kitlelere hitap etmesi ve antioksidan bileşikler içeren bir ürün olabilme potansiyelinin ortaya koyulabilmesi hedeflenmiştir.

Çalışma kapsamında; farklı çaylarda, farklı karbon kaynakları kullanılarak Kombucha çayı üretilmiştir. Projede farklı bitki- meyve çayları ve kahvede Kombucha mantarının gelişiminin incelenmesi ve çeşitli şeker kaynakları ile gelişimdeki farklılıkların belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışmada 6 farklı çay olarak siyah çay, yeşil çay, adaçayı, nar (hibiskus) çayı, yaban mersini çayı, kuşburnu çayı ve birçok bölgede tüketimi oldukça fazla olan kahve; şeker kaynakları olarak da glukoz, fruktoz, ksiloz, laktoz, sakkaroz (70 g/L) kullanılarak 24° C sıcaklıkta 10 gün boyunca fermentasyon işleminin gerçekleştirilmiştir. Örneklerde pH değeri, toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivitesi, renk ölçümü, biyokütle, toplam şeker, etanol, organik asit profilinin tespiti ve duyusal analizler gerçekleştirilmiştir.

Kombucha çayının kahve ile üretilmesi ve farklı bitki- meyve çayları kullanılarak yeni tüketim seçenekleri oluşturması projenin özgünlüğünü oluşturmaktadır. Ayrıca farklı substrat kaynaklarının kullanımı sonucu organik asit profili çeşitliliğinin daha fazla olacağı öngörülmektedir.

Kahve özellikle batı ülkeleri başta olmak üzere oldukça fazla tüketime sahip olan ve geniş kitlelere hitap eden bir içecektir. Bazı bölgelerde çaydan daha fazla tüketimi bulunan kahve, içeriğinde bulunan fenolik bileşikler, sülfür bileşikler kendine has aromatik ve uçucu bileşenleri (Çağlarırnak ve Ünal 1993) sayesinde Kombucha için uygun olabilecek farklı bir gelişme ortamı sağlamakta ve tüketim açısından farklı seçenekler oluşturmakla birlikte kahve tüketiminin daha yoğun olduğu bölgelerde tüketim açısından daha tanıdık bir ürün oluşturulmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca içerisindeki sülfür bileşenleri ve kahveye ait aromatik bileşenlerin, asetik aside ait koku ve tadın kısmen bastırılmasında faydalı olacağı ve bu sayede kendi başına tüketimine olanak sağlayacağı tahmin edilmektedir.

Bu çalışma ile beklenen yararlar;

1. Farklı karbon kaynakları, çay ve kahvenin Kombucha kültürü tarafından ne derece kullanıldığı ve gelişimini nasıl etkilediğinin belirlenmesi
2. Analizlere bağlı olarak pH miktarının değişimi, kullanılan toplam şeker miktarı, biyokütle miktarı, renk ölçümü, toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivitesi, etanol miktarının belirlenmesi ve organik asit profili belirlenmesi ve duyu analizlerinin gerçekleştirilmesi
3. Kombucha' nın farklı ortamlarda geliştirilmesi sonucu farklı tüketim seçeneklerinin oluşturulması sağlanacaktır.

Ayrıca, Kombucha ile ilgili yeni bilgilere ulaşılması açısından ilgilenen ve çalışmak isteyen diğer araştırmacılar tarafından da yararlanılacak bir kaynak olması amaçlanmaktadır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyallerin Temini

Fermentasyon çalışmalarında kullanılan Kombucha kültürü Samsun’ da bulunmakta olan Comboutea Tema İlaç Vitamin Kozmetik LTD. ŞTİ.'den temin edilmiştir. Çalışma kapsamında adaçayı, siyah çay, yeşil çay, nar çayı, yaban mersini çayı, kuşburnu çayı olarak 6 çeşit meyve-bitki çayı Lipton A.Ş. tarafından sağlanırken kahve (Türk kahvesi) yerel marketlerden satın alınarak tedarik edilmiştir.

3.2. METOT

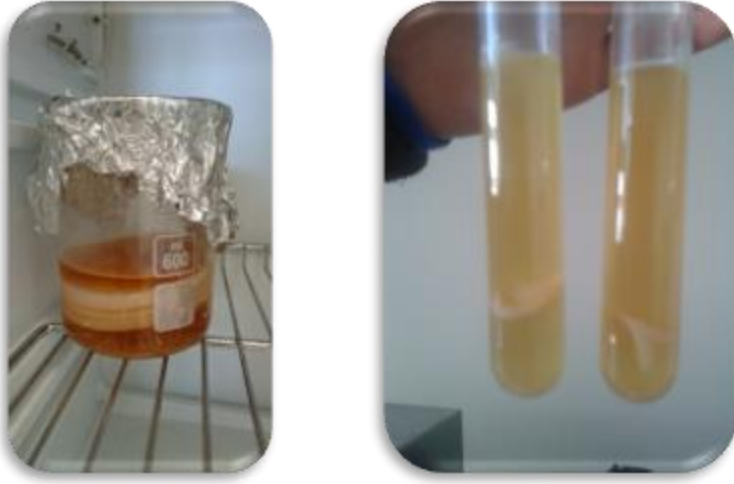
3.2.1. Stok kültür ve ön kültür hazırlama

Kombucha kültürünün geliştirilme ve muhafaza işlemleri, YPED Broth besiyeri hazırlanarak gerçekleştirilmiştir. Çizelge 3.1’ de belirtilen besiyeri bileşimi, saf su ile hazırlanarak manyetik karıştırıcı ile homojen hale getirilmiştir. Kombucha kültürünün asidik koşullarda gelişmesinden dolayı HCl asit (10 M) kullanılarak pH 4’ e ayarlanmıştır. Uygun besiyeri ortamı bulunan tüplere, % 10 oranında kültür inokülasyonu, kabin içerisinde steril koşullarda gerçekleştirilmiştir. İnokülasyonu takiben çalkalama işlemi ile homojenize edilen örnekler bir daha sarsılmamak üzere 24°C sıcaklığa ayarlanan inkübatörlerde 10 gün süreyle fermentasyona bırakılmıştır (Steels 2002). Hazırlanan stok çözeltiler her ay yenilenmiştir.

Çizelge 3.1. YPED Broth Besiyeri Bileşimi (Ismaiel vd 2016)

Bileşenler	g/L
Yeast extract (Maya Özü)	%1 (10 g)
Glukoz	%2 (20 g)
Pepton	%2 (20 g)

Çalışma boyunca stok kültürler ile; fermentasyon ortamı olarak kullanılan adaçayı, siyah çay, yeşil çay, nar çayı, yaban mersini çayı, kuşburnu çayı ve kahve kullanılarak her biri için ön kültür hazırlanmıştır. Fermentasyon işlemi her bir çay için daha önce aynı çay ile hazırlanmış ön kültürün %10 inokülasyonu ile sağlanmıştır.



Şekil 3.1. Kombucha kültürü ve hazırlanması

3.2.2. Ekstraksiyon ve substrat (besiyeri) içeriğinin hazırlanması

Fermentasyon boyunca besiyeri olarak kullanılan çayların özütünü alma işlemi 1L kaynamış suyun 10 g çay ile 15 dk. ekstraksiyonu (Battikh vd 2012) olacak şekilde yapılmıştır. Kahvenin ekstraksiyonu da aynı işlem temel alınarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2. Ekstraksiyon için tartım işleminin gerçekleştirilmesi

Ekstraksiyon işlemi su banyosunda 100°C sıcaklıkta ve belli aralıklarla erlenelerin çalkalanması ile gerçekleştirilmiştir. Kahve için de aynı parametreler ve işlemler uygulanmıştır. Ekstrakte edilen çaylarda ve kahvede kaba filtre kâğıdı kullanılarak katı partiküllerin ayrılması sağlanmıştır. Mevcut tezden önce gerçekleştirilen ve farklı şeker konsantrasyonları hazırlanarak elde edilen Kombucha çayı üretimi ile ilgili analiz sonuçlarına dayanarak; mikroorganizma gelişimi açısından 70 g/L tüm çay ve kahve kaynaklarında başlangıç şeker miktarı olarak belirlenmiştir (Tarhan vd 2013). Ekstraksiyon sonucunda belirlenen karbon kaynağının (glukoz, laktoz, ksiloz, fruktoz, sakkaroz) 70 g/L ilavesi ile uygun ortam hazırlanmıştır. Homojen bir ortam olması amacıyla manyetik karıştırıcıyla şekerin sıvı ortamda

çözünmesi sağlanmıştır. Kültürün çalışması için uygun sıcaklık 23-27°C' dir (Kutluer 2009). Bu nedenle ekstrakte edilen çaylar uygun sıcaklığa geldikten sonra inokülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.3. Ekstraksiyon sonrası örneklerin süzülmesi

3.2.3. İnokülasyon ve fermentasyon

Oda sıcaklığına gelen çaylara ve kahveye steril kabin içerisinde % 10'luk kültür inokülasyonu yapılarak 24°C sıcaklıkta, 10 gün süreyle inkübatörde fermentasyona bırakılmıştır (Kutluer 2009). % 10'luk kültür inokülasyonu, her bir çay için daha önce aynı çay ile hazırlanmış ön kültürün eklenmesi ile sağlanmıştır. Böylece inokülasyon sonrasında kültürün adaptasyon süresi azaltılarak daha verimli çalışması amaçlanmıştır.

Fermentasyon boyunca başlangıç (çay ekstraktı ve şeker), 0 (çay ekstraktı- şeker ve Kombucha kültürü), 2, 4, 6, 8, 10. günlerde steril koşullar sağlanarak örnekler alınmıştır. Bu örnekler analiz anına kadar +4 ° C de muhafaza edilmiştir. Fermentasyon boyunca sonuçların güvenilirliğini arttırmak ve daha sağlam sonuçlara ulaşmak amacıyla her bir örneğin paraleli hazırlanmıştır. Paralellerden elde edilen sonuçların ikisi de karşılaştırılarak ve ortalaması alınarak sonuçların kaydedilmesi sağlanmıştır.



Şekil 3.4. Steril kabin ortamında inokülasyon işleminin gerçekleştirilmesi



Şekil 3.5. İnkübatörde fermentasyonu gerçekleştiren örnekler

Düzenli olarak alınan örneklerde pH, toplam fenolik madde miktarı (Spanos ve Wrolstad 1990), antioksidan aktivitesi (Chu ve Chen 2006), *L, a, b* ile renk ölçümü (Oziyci vd 2013), HPLC kullanılarak organik asit profilinin tespiti, etanol miktarının belirlenmesi, örneklerin duyu analizi, kullanılan toplam şeker miktarının ve biyokütle miktarının belirlenmesi için analizler gerçekleştirilmiştir.

3.3. Analiz Metodları

3.3.1. pH ölçümü

Kalibrasyon işlemi gerçekleştirilen pH metre probu saf su ile yıkanıp kurularak ölçümü yapılmak üzere örneğe daldırılmıştır. Ekranda okunan değer sabitlenene kadar beklenmiş ve denge anındaki değer kaydedilmiştir. Her pH ölçümü sonrasında elektrot saf su ile yıkanıp kurulanmış ve bir sonraki örneğe daldırılmıştır. pH ölçümü her bir örnek için iki kez yapılarak ortalaması alınmıştır. Paralleriyle birlikte bir örnek için 4 pH okuması gerçekleştirilmiştir (Cemeroğlu 2011).



Şekil 3.6. pH ölçümü

3.3.2. Fenolik madde analizi

Toplam fenolik madde miktarı spektrofotometrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, fermentasyon sonucunda elde edilen örnekler 0,5 ml

sızdırmaz kapaklı cam tüplerin içine aktarılarak, üzerine sırasıyla 2,5 ml Folin–Ciocalteu çözeltisi (saf su ile 10 kat seyreltilerek hazırlanmış) ve 0,5 ile 8 dk. arası bekleme süresinden sonra 2ml %7,5'lik Na₂CO₃ çözeltisi eklenmiştir. Vortex yardımıyla homojen hale getirilen örneklerin 50°C'lik su banyosunda 5 dk. inkübasyonundan sonra oda sıcaklığına gelmesi beklenilerek 760 nm dalga boyunda okuması yapılarak gerçekleştirilmiştir. Kontrol örneği olarak örnek yerine saf su kullanılmıştır (Şkerget vd 2005).



Şekil 3.7. Kombucha örneklerinde fenolik madde tayini

3.3.3. Antioksidan aktivitesi analizi

Antioksidan tayin metodu; metanol kullanılarak hazırlanan DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radikal çözeltisi ile antioksidan aktivitesi ölçülmek istenen örneğin ilavesi sonucu örnekte meydana gelen renk azalmasının spektrofotometrik olarak ölçümüdür (Cemeroğlu, 2011). Analiz aşamasında, 0,025 ml örnek 4 ml metanol kullanılarak seyreltilmiştir. 0,6 ml metanol ile hazırlanmış 1 mM α,α -diphenyl- β -picrylhydrazyl (DPPH) solüsyonu eklendikten sonra vortex yardımıyla homojen hale getirilen örnekler 30 dk. oda sıcaklığında karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Kontrol örneği olarak su kullanılarak hazırlanan kör ile 517 nm dalga boyunda ölçümü yapılarak antioksidan kapasitesi % inhibisyon olarak belirlenmiştir (Chu ve Chen 2006).

$$\text{DPPH inhibisyon oranı (\%)} = [(A_0 - A_1)/A_0] \times 100 \quad (3.1)$$

A_0 : Körün absorbansı

A_1 : Örneğin absorbansı

Analiz süresince hazırlanan kimyasalların ışıktan etkilenmemesi için amber cam malzeme içerisinde saklanmış ve uygun koşullarda muhafaza edilmesine dikkat edilmiştir. DPPH çözeltisi ise her analiz için, hemen öncesinde hazırlanmış ve çözeltinin taze olması sağlanmıştır.

3.3.4. Renk ölçümü

Kombucha örneklerinde renk ölçüm spektrofotometresi (UltraScan VIS HunterLab, ABD) kullanılarak (parlaklık (açıklık- koyuluk); 100: beyaz, 0: siyah), a

(+: kırmızı, -: yeşil) ve b (+: sarı, -: mavi) parametrelerine göre renk ölçümü gerçekleştirilmiştir. Cihaza ait siyah ve beyaz plakalar kullanılarak standardizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Ölçüm için kör olarak saf su kullanılarak standardizasyon işlemi tamamlanmıştır.



Şekil 3.8. Renk ölçüm cihazı ve kalibrasyon İşleminin gerçekleştirilmesi

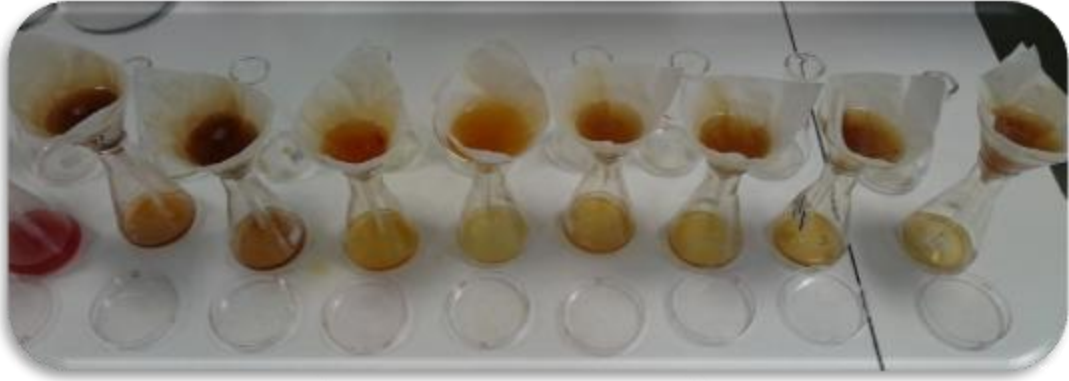
Kalibrasyon ve standardizasyon işlemleri tamamlanan fermentasyon örneklerinin renk ölçümü saf su baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Her okuma işlemi gerçekleştirildikten sonra hazne saf su ile yıkanıp kurularak bir sonraki örnek için hazır hale getirilmiştir. Her bir örnek için paralelleri ile birlikte toplamda 4 okuma yapılmıştır. (Topuz 2008).



Şekil 3.9. UltraScan VIS HunterLab cihazında renk ölçümü

3.3.5. Toplam biyokütle tayini

Fermentasyon boyunca alınan örneklerde mikroorganizma gelişimini takip etmek amacıyla fermentasyonu tamamlanan örneklerde biyokütle miktarı tayini yapılmıştır. Bu amaçla kaba filtre kâğıtları etüvde kurutulup desikatöre alınarak sabit tartıma getirilmiştir. Fermentasyonun 10. günü örnekler bu kaba filtre kâğıtlarından süzülerek 60°C sıcaklıkta sabit tartıma gelene kadar etüvde kurutulmuştur. Etüvden alınan örneklerin desikatörde nem alma işlemi gerçekleştirildikten sonra tartılarak biyokütle miktarı hesaplanmıştır. Böylece fermentasyon boyunca gelişen biyokütle takip edilmiştir (Demirci ve Pometto 1995).



Şekil 3.10. Örneklerin süzülmesi



Şekil 3.11. Süzölmüş kombucha költürleri



Şekil 3.12. Boş ve süzölmüş filtre kâğıtlarının desikatöre alınması ve tartımı

3.3.6. Organik asit analizi

Kombucha çayı örneklerinde oluşan organik asitlerin kompozisyonu ThermoScientific Dionex Ultimate 3000 with DAD (Diode Array Dedector) model yüksek performans sıvı kromatografi (HPLC) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Acclaim OA, 5µm Analytica kolonu ile organik asit tespit edilmiştir.

Homojen haldeki sıvı numuneleri, analiz için farklı oranlarda (10, 25, 50 ve 100 kat) ultra saf su ile seyreltilerek hazırlanmıştır. Numunelerin seyreltme oranı HPLC cihazındaki takibi sonucu elde edilen verilerin karşılaştırılması ile en iyi ayrımın

görüldüğü ve pik büyüklüğünün elde edildiği düzeye göre belirlenmiştir. Buna göre tüm örnekler 0,45 µm membran filtreden geçirilerek viyallere enjekte edilmiştir. Her bir örnek okuması paralleri ile birlikte çift enjeksiyon yapılarak analiz edilmiştir.

Proje kapsamında fermentasyonu gerçekleştirilen örneklerde okzalik asit, tartarik asit, malik asit, izo sitrik asit, laktik asit, asetik asit, sitrik asit, suksinik asit, fumarik asit olmak üzere 9 farklı organik asit içeriği üzerine analiz yapılmıştır. Organik asitlere ait standartlar Sigma- Aldrich firmasından temin edilmiştir.

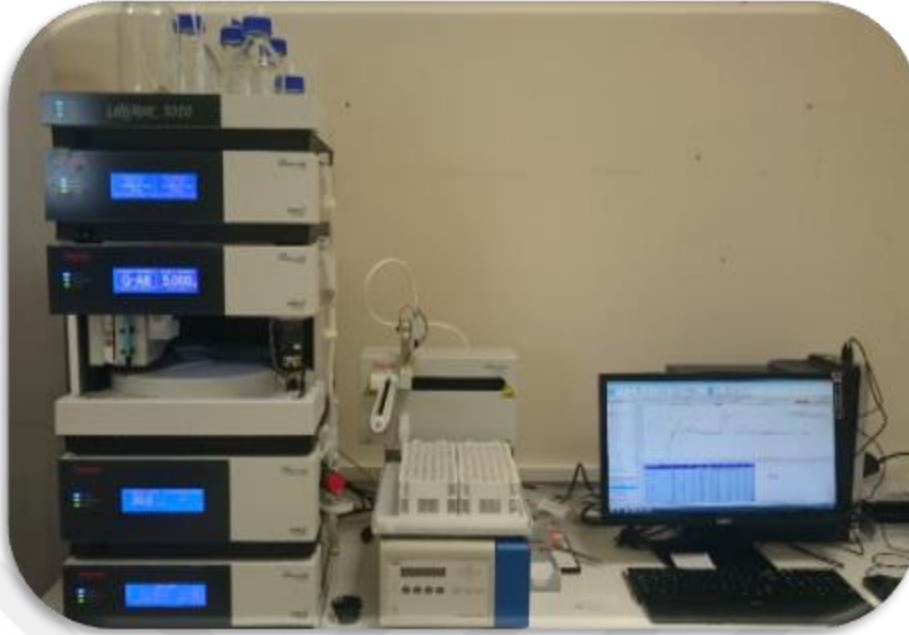


Şekil 3.13. HPLC örneklerinin hazırlanması

HPLC cihazının analitik koşulları; enjeksiyon hacmi 5 µL, akış oranı 0.6 ml/dk ve kolon fırın sıcaklığı 30 °C olarak uygulanarak gerçekleştirilmiştir. HPLC analizine göre örneklerde;

Çizelge 3.2. HPLC cihazı için uygun kromatografik şartlar

Kolon	Acclaim OA, 5µm Analytica, Thermo Scientific, Shanghai
Kolon fırını sıcaklığı	30°C
Akış hızı	0,6 ml / dk
Mobil faz	100 mM Na ₂ SO ₄ , pH 2,65 (pH değeri metasülfonik asit (MSA) ile ayarlanacaktır)
Enjeksiyon hacmi	5 µl
Dalga Boyu	210 nm
Depolama solüsyonu	% 100 Asetonitril



Şekil 3.14. ThermoScientific Dionex Ultimate 3000 (HPLC cihazı)



Şekil 3.15. HPLC analizi örnek alımı

3.3.7. Etanol analizi

Fermentasyon ortamından alınan örneklerde etanol miktarı belirlenmesi amacıyla ThermoScientific Dionex Ultimate 3000 with DAD (Diode Array Dedector) model yüksek performans likit kromatografi (HPLC) cihazı kullanılmıştır. Analiz esnasında RefRefractoMax 520 refractive index dedektör ile ve Transgenomic ICSep ORH-801 kolonu kullanılarak etanol ayrımı tespit edilmiştir.

Homojen haldeki sıvı numuneler analiz öncesinde 0,45 µm membran filtreden viyalere enjekte edilmiştir. Numunelerin seyreltme oranı HPLC cihazındaki takibi sonucu elde edilen verilerin karşılaştırılması, en iyi ayrımın görüldüğü ve etanol varlığının tespit edilebileceği düzeye göre belirlenmiştir. Her bir örnek okuması paralleri ile birlikte çift enjeksiyon yapılarak analiz edilmiştir.

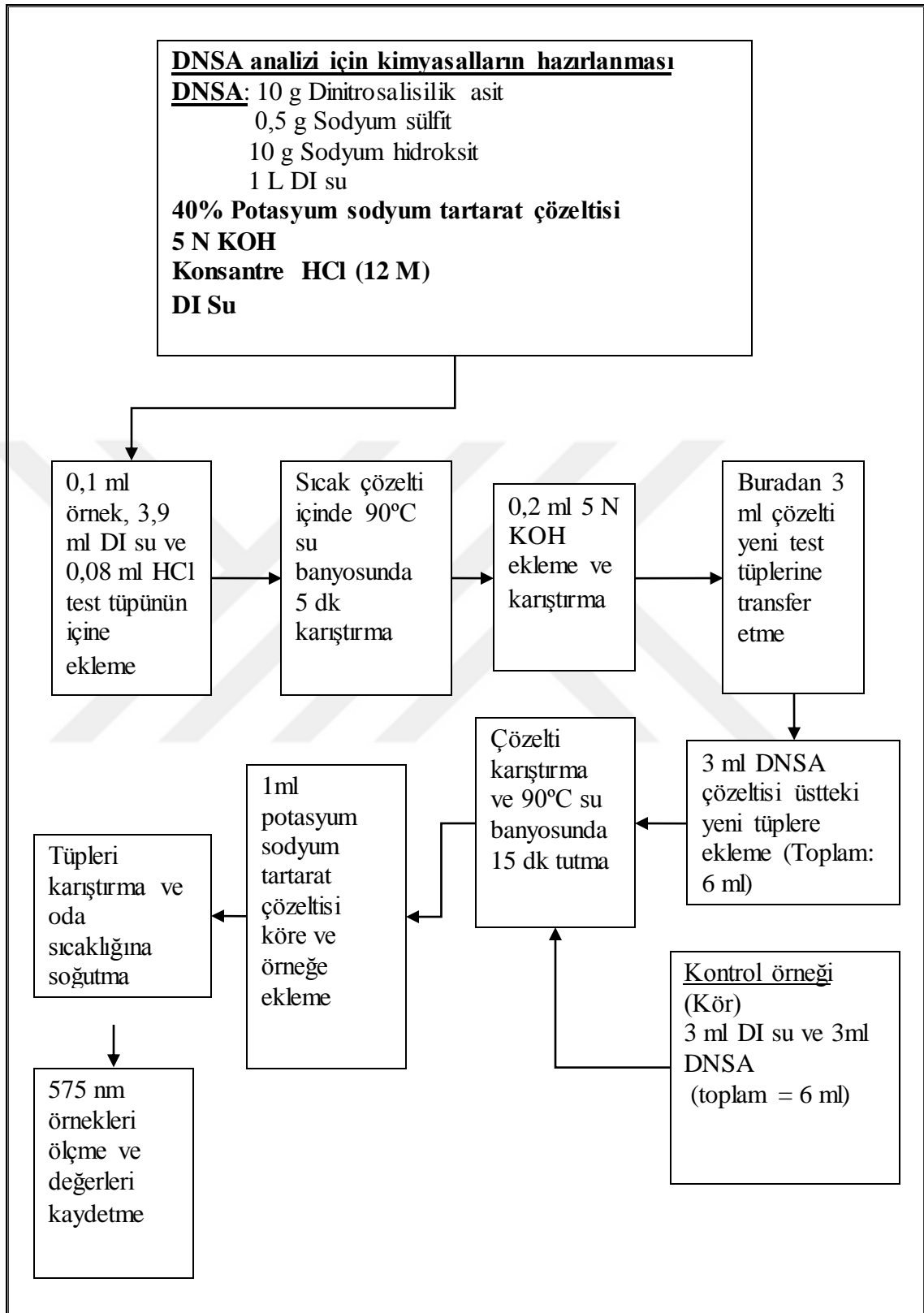
Çizelge 3.3. Etanol analizi için uygun kromatografik şartlar

Kolon	Transgenomic ICSep ORH-801, Apple Valley, MN.
Kolon fırını sıcaklığı	70°C
Akış hızı	0,5 ml / dk
Mobil faz	0,01 N H ₂ SO ₄
Enjeksiyon hacmi	20 µl

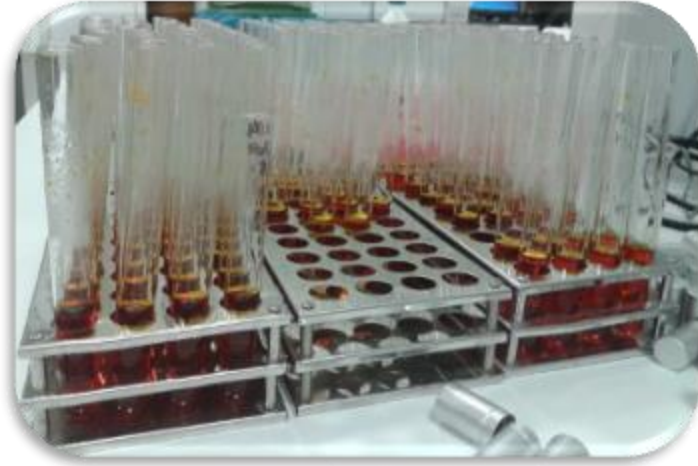
3.3.8. Şeker analizi

Örneklerdeki şeker miktarı 3,5 dinitrosalisilik asit kullanılarak DNSA (Dinitrosalisilik asit) metodu ile belirlenmiştir (Miller 1959). Bu amaçla başlangıç, 0, 2, 4, 6, 8 ve 10. günlerde alınan fermentasyon tüplerinin her birinden paralelleriyle birlikte 0,1 ml örnek deney tüpüne alınmıştır. Sonrasında üzerine 3,9 ml saf su ve 0.08 ml 12 M HCl asit eklenerek vortex yardımıyla karıştırılarak 90°C'lik su banyosunda 5 dakika bekletilmiştir. Bu noktada tüp içerisindeki örneklerin hidroliz sıcaklığında olmasına dikkat edilmiştir. Sıcaklığı kontrol etmek amacıyla analiz örnekleri haricinde termometre yerleştirilmiş bir tüp kontrol olarak kullanılmıştır. Analizin doğruluğu için yöntemde belirtilen sıcaklığa (90°C) ulaştıktan sonra süre başlatılmıştır. Su banyosundan alınan hidrolizat üzerine 0,2 ml 5 N KOH eklenerek karıştırılmış, karışımdan yeni bir tüpe 3 ml alınarak üzerine 3 ml DNSA çözeltisi eklenmiştir. Solüsyon karıştırılarak 90°C'lik su banyosunda 15 dakika bekletilip üzerine 1 ml %40'lık potasyum sodyum tartarat eklenmiştir. Analiz örnekleri spektrofotometre cihazında okumak üzere soğutulmuştur. Okuma işlemi 575 nm dalga boyunda gerçekleştirilmiştir. Standart sakkaroz çözeltisi ile hazırlanmış kurveden şeker miktarı hesaplanmıştır.

DNSA metodu ile şeker analizinde kullanılan DNSA çözeltisi; 10 g NaOH, 10 g DNSA ve 0,5 g sodyum sülfid demineralize suda çözülüp 1 litreye tamamlanarak hazırlanmıştır. Rachele tuz çözeltisi (potasyum-sodyum tartarat çözeltisi); 400 g potasyum-sodyum tartarat 1 L demineralize suda çözündürülerek hazırlanmıştır.



Şekil 3.16. DNSA metodu ile şeker analizleri



Şekil 3.17. Şeker analizi

3.3.9. Örneklerin duyusal analizi

Duyusal değerlendirme işlemini gerçekleştirebilmek amacıyla, her bir meyve-bitki ve kahve ekstraktlarına sakkaroz şekeri ilavesi ve uygun koşullarda fermentasyonu yapılmıştır. 10 günlük fermentasyonu tamamlanan örnekler sırasıyla süzülmuş ve panelistlere hafif soğuk olarak ikram edilmiştir. Kombucha çaylarının duyusal olarak değerlendirilmesi “İkili Gruplanmış Sıralama Testi” (Çeşitli Saydaki Örneklerin Tüm Olası İkilerinin Friedman Analizi ile Karşılaştırılması) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Kombucha çayları kendi aralarında harflendirilerek kodlanmıştır. Bu kodlama her örnek için sırasıyla; A (Hibiskus), B (Yaban mersini), C (Kuşburnu), D (Siyah çay), E (Yeşil çay), F (Adaçayı), G (Kahve) şeklindedir. 7 farklı örnek, tüm olası ikili gruplar olarak (AB, AC, AD, AE, AF, AG, BC, BD, BE, BF, BG, CD, CE, CF, CG, DE, DF, DG, EF, EG, FG) 21 set halinde 12 paneliste sunulmuş ve ikili grupların kendi içerisinde değerlendirilmesinin yapılması istenmiştir. Her bir ikili grup panelistlere ayrı sıralarda ve farklı numaralandırma yapılarak sunulmuştur. Ürünlerin değerlendirilmesi “Tüketici olsaydınız hangi ürünü tercih ederdiniz? Sizce hangisi daha lezzetli?” sorusu yöneltilerek lezzeti en beğenilen ve en çok tercih edilen ürünün tespiti gerçekleştirilmiştir.

Değerlendirilmesi yapılan örneklerde, tercih edilen her Kombucha çayına 1 puan verilmiştir. Bu şekilde 12 panelist için elde edilen puan değerleri (3.2)’deki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Bir örneğe ait toplam} = \text{Satırlar toplamı} + 2(\text{Sütunlar toplamı}) \quad (3.2)$$

Örnek toplamlarında Friedman’s T Testi” uygulanarak T değeri bulunmuştur. T değeri hesaplamada kullanılan formül (3.3)’de verilmiştir. T değeri “Ki-Kare Değerleri Dağılımında Değişik Serbestlik Dereceleri ve Değişik Olasılıklar için Kritik Değerler” tablosundaki T kritik değeri ile karşılaştırılmıştır. Kritik T değeri, örneklere ait T değerinde küçük olduğu için ($T_k < T$) HSD testi (3.3) gerçekleştirilerek örnekler arasındaki farklılıklar belirlenmiştir.

$$T = (4/pt) \sum_{i=1}^t R^2 - (9p[t-1]^2) \quad (3.3)$$

T : Friedman's T değeri
 p : Panelist sayısı
 t : Örnek sayısı
 R^2 : Örnek toplamlarının karesi

$$HSD = q_{\alpha,t,\infty} \sqrt{pt/4} \quad (3.3)$$

HSD: Tukey'in dürüst anlamlılık fark değeri
 $q_{\alpha,t,\infty}$: Tukey HSD Çoklu Karşılaştırma Prosedürü için α üst kritik değerleri
 $q_{0,01,7,\infty} = 4,17$
 p : Panelist sayısı
 t : Örnek sayısı

3.4. İstatistiksel Analizler

Elde edilen sonuçların daha sağlıklı değerlendirilmesi açısından istatistiksel değerlendirilmeleri yapılmıştır. Değerlendirme SAS Institute, Inc., tarafından hazırlanan SAS İstatistik Programı kullanılarak yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Proje kapsamında fermentasyon ortamı için; nar (hibiskus), yaban mersini, kuşburnu, siyah, yeşil çay ve adaçayı olmak üzere 6 farklı bitki ve meyve çayı kullanılmıştır. Bunun yanı sıra geleneksel üretimde hiç kullanılmamış olan kahve kullanılmıştır. Fermentasyonun gerçekleşmesi için gerekli karbon kaynakları ise; glukoz, ksiloz, laktoz, früktoz ve sakkaroz olarak belirlenmiştir.

Kombucha kültürünün çeşitli fermentasyon ortamlarına bağlı olarak elde edilen örneklerde yapılan analizlere ait bulgular her bir çay ortamı ve farklı karbon kaynakları belirtilerek verilmiştir.

4.1. Nar (Hibiskus) Çayı

4.1.1. Nar (hibiskus) Kombucha çayında pH değişimi

Nar (hibiskus) çayının uygun koşullarda ekstraksiyonu gerçekleştirildikten sonra fermentasyon ortamına glukoz, ksiloz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz olmak üzere 5 farklı şeker kaynağının ilave edilmesi ve Kombucha fermentasyonu sonucu; örneklerde yapılan pH değişim ölçümlerine ait sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Nar çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarına göre pH değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
B	2,85 ^a ±0,02	2,79 ^a ±0,01	2,72 ^a ±0,01	2,79 ^a ±0,01	2,85 ^{bc} ±0,01
0	2,88 ^a ±0,01	2,75 ^{ab} ±0,01	2,71 ^a ±0,01	2,77 ^a ±0,01	2,98 ^a ±0,02
2	2,83 ^a ±0,01	2,74 ^{ab} ±0,01	2,69 ^a ±0,01	2,75 ^{ab} ±0,01	2,89 ^b ±0,02
4	2,82 ^{ab} ±0,01	2,75 ^{ab} ±0,01	2,69 ^a ±0,02	2,71 ^{bc} ±0,01	2,86 ^{bc} ±0,01
6	2,76 ^{bc} ±0,02	2,68 ^{bc} ±0,02	2,62 ^b ±0,01	2,80 ^a ±0,01	2,83 ^{cd} ±0,01
8	2,74 ^{cd} ±0,01	2,67 ^c ±0,03	2,60 ^b ±0,00	2,69 ^c ±0,01	2,79 ^d ±0,01
10	2,68 ^d ±0,02	2,62 ^c ±0,02	2,60 ^b ±0,00	2,68 ^c ±0,00	2,74 ^e ±0,01

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P < 0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Elde edilen verilere göre nar (hibiskus) çayında gerçekleştirilen fermentasyon örneklerinde genel olarak pH değerinin zamana bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir. Fermentasyon sonunda en düşük pH değeri fruktoz şekeri bulunan nar çayında 2,60 olarak tespit edilmiştir.

Her bir karbon kaynağının kendi içerisinde günlere bağlı olarak istatistik hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Duncan çoklu karşılaştırma testine bağlı olarak

gerçekleştirilen harflendirme Çizelge 4.1’de verilmiştir. Bütün karbon kaynaklarında fermentasyona boyunca günlere bağlı olarak pH değerlerinde ($P<0,01$) farklılık olduğu ve fermentasyon işleminin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir.

Lončar vd (2006) tarafından siyah çay ve sakaroz şekeri kullanılarak 10 gün boyunca fermentasyonu gerçekleştirilen Kombucha örneklerinde pH değerinin zamanla azaldığı ve bu azalmanın fermentasyon sonucu meydana gelen organik asitlerden kaynaklandığı belirtilmiştir.

Farklı karbon kaynaklarında gerçekleştirilen Kombucha çayının her bir karbon kaynağı için farklı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Bu farklılığın Kombucha kültürünü oluşturan bakteri ve maya simbiyotik karışımından kaynaklandığı belirtilmektedir. Araştırmaya göre en belirgin pH azalışı ve en düşük pH değerinin glukoz şekere kaynağına ait olduğu, en az değişimin ise fruktoz ve laktoz olduğu ifade edilmiştir. Sonuçlar, Kutluer (2009)’un gerçekleştirmiş olduğu tez çalışması ile örtüşmektedir (Kutluer 2009).

4.1.2. Nar (hibiskus) Kombucha çayında toplam fenolik madde miktarının değişimi

Nar (hibiskus) çayında gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda elde edilen verilere göre; başlangıç ve son günler göz önüne alınarak yapılan değerlendirme sonucu glukoz, ksiloz ve sakkaroz şekeri bulunan fermentasyon ortamında fenolik madde miktarı artarken fruktoz ve laktoz şekerinde azaldığı görülmektedir. Analize ait sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Nar çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam fenolik madde miktarı değişimi (mg GAE/L)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
B	284,76 ^{ab} ±0,01	287,19 ^a ±0,03	301,29 ^{ab} ±0,01	270,17 ^{ab} ±0,01	283,79 ^b ±0,01
0	286,71 ^{ab} ±0,00	291,08 ^a ±0,01	298,13 ^{ab} ±0,01	281,11 ^{ab} ±0,01	295,21 ^{ab} ±0,02
2	284,52 ^{ab} ±0,01	281,11 ^a ±0,01	303,72 ^{ab} ±0,01	271,88 ^{ab} ±0,01	317,82 ^{ab} ±0,04
4	295,94 ^a ±0,00	296,67 ^a ±0,01	308,10 ^{ab} ±0,00	276,25 ^{ab} ±0,01	288,16 ^{ab} ±0,01
6	271,39 ^b ±0,01	300,32 ^a ±0,01	311,26 ^a ±0,02	283,06 ^{ab} ±0,01	271,15 ^b ±0,01
8	270,90 ^b ±0,01	317,82 ^a ±0,02	321,95 ^a ±0,02	294,73 ^a ±0,01	272,85 ^b ±0,01
10	290,59 ^a ±0,02	293,27 ^a ±0,01	285,98 ^b ±0,02	266,77 ^b ±0,01	314,90 ^a ±0,01

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Her bir karbon kaynağının kendi içerisinde günlere bağlı Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak istatistik hesaplamaları yapılmıştır. Gerçekleştirilen sonuçlar doğrultusunda; ksiloz şekerinde gerçekleştirilen fermentasyonda günler arasında bir fark olmadığı, zamanın fenolik madde miktarı artış ya da azalışında istatistiksel olarak

önemli bir etken olarak kabul edilemeyeceği tespit edilmiştir ($P>0,01$). Diğer 4 farklı karbon kaynağında ise zamanın fenolik madde miktarı değişimi üzerinde bir etkisi olduğu ve istatistiksel olarak önemli olduğu gözlemlenmiştir ($P<0,01$). En belirgin artış ise sakkaroz şekerinde gerçekleşmiştir.

Fenolik madde miktarlarının farklı karbon kaynakları ile fermentasyonu sonucu; en yüksek fenolik madde miktarı; fruktoz şekerine ait 321,82 mg GAE/L ile 8. günde belirlenmiştir. En düşük fenolik madde miktarı ile 270,17 mg GAE/L değeri ile laktoz şekeri başlangıç örneğine aittir.

Bhattacharya vd (2013) tarafından siyah çay ve yeşilçay ile sakkaroz şekeri kullanılarak 14 gün boyunca gerçekleştirilen fermentasyonda, Kombucha örneklerinin Folin-Ciocalteu yöntemi yardımıyla fenolik madde miktarı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda mayalar ve bakterilerde bulunan enzimlerin, kompleks polifenollerin parçalaması sonucu Kombucha örneklerinin siyah çay ve yeşil çay ekstraktlarından daha fazla fenolik madde içerdiği belirtilmiştir.

4.1.3. Nar (hibiskus) Kombucha çayında antioksidan aktivitesi değişimi

Fermentasyon örneklerinde DPPH yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen antioksidan aktivitesinin belirleme analizi sonuçlarına göre; mevcut Kombucha çaylarında bulunan antioksidan kapasitenin, ekstrakte edilen çay içeriğinde bulunan antioksidan kapasiteden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Farklı karbon kaynaklarına göre antioksidan değişse de genel olarak inokülasyon ve ardındaki günlerde antioksidan aktivitenin arttığı tespit edilmiştir. Sakkaroz şekerinde gerçekleştirilen fermentasyon örneğine bağlı verilerde ise antioksidan aktivitenin azaldığı gözlemlenmiştir. Analize bağlı sonuçlar Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Nar çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki antioksidan aktivitesi değişimi (% inhibisyon)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
B	4,15 ^b ±0,06	9,58 ^c ±0,01	5,90 ^c ±0,01	9,84 ^b ±0,04	14,04 ^a ±0,03
0	13,16 ^a ±0,03	11,29 ^{bc} ±0,02	9,50 ^b ±0,02	12,43 ^{ab} ±0,01	13,60 ^a ±0,02
2	10,84 ^{ab} ±0,01	15,75 ^a ±0,03	12,92 ^a ±0,02	15,88 ^a ±0,03	13,40 ^a ±0,03
4	15,94 ^a ±0,04	14,90 ^{ab} ±0,01	10,56 ^{ab} ±0,02	13,40 ^{ab} ±0,03	7,87 ^a ±0,01
6	9,75 ^{ab} ±0,01	13,06 ^{abc} ±0,03	13,12 ^a ±0,03	10,22 ^b ±0,02	12,66 ^a ±0,01
8	15,49 ^a ±0,01	12,11 ^{abc} ±0,01	10,35 ^{ab} ±0,00	11,09 ^b ±0,01	7,62 ^a ±0,04
10	11,45 ^{ab} ±0,02	9,11 ^c ±0,03	9,53 ^b ±0,06	14,24 ^{ab} ±0,01	8,19 ^a ±0,06

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak her bir karbon kaynağının kendi içerisinde günlere bağlı istatistik hesaplamaları yapılmıştır. Sonuçlar doğrultusunda; Sakkaroz şekerinde gerçekleştirilen fermentasyon örnekleri arasında bir fark olmadığı, zamanın antioksidan aktivitesinde artış ya da azalışında istatistiksel olarak önemli bir etken kabul edilemeyeceği tespit edilmiştir ($P>0,01$). Diğer 4 farklı karbon kaynağında (glukoz, ksiloz, fruktoz ve laktoz) ise zamanın antioksidan aktivitesi üzerinde istatistiksel olarak etkisi olduğu gözlemlenmiştir ($P<0,01$).

Antioksidan aktivitesi en yüksek olan örnek, glukoz şekerinde %15,94 olarak bulunmuştur. En düşük antioksidan aktivitesi ise sakkaroz şekerine ait örneklerde 4. günde %7,87 ve 8. günde %7,62 olarak gözlemlenmiştir.

Chu ve Chen'e (2006) göre, fenolik madde ve antioksidan aktivitenin değişmesinde kültürün bileşimi ve fermentasyon substrat ortamı çok önemli bir etkidir. 8 farklı Kombucha örneğinin 15 gün süreyle fermentasyonu gerçekleştirilmiştir. Çalışmada karbon kaynağı olarak 100 g/L sükröz kullanılmıştır. Bu çalışma sonucunda antioksidan aktivitenin artış gösterdiği ancak her bir ortamda farklı miktarlarda arttığı belirlenmiştir.

4.1.4. Nar (hibiskus) Kombucha çayında toplam biyokütle miktarı

Farklı karbon kaynakları ile elde edilen Kombucha örneklerinde fermentasyon sonunda toplam biyokütle miktarı ölçülmüştür (Çizelge 4.4).

En fazla biyokütle gelişimi laktoz şekerinde 0,44 g/L, en az biyokütle gelişimi ise fruktoz varlığında 0,08 g/L olarak gözlemlenmiştir. Diğer karbon kaynaklarında ise sırasıyla; sakkaroz şekerinde 0,36 g/L, glukozda 0,32 g/L ve ksiloz şekerinde ise 0,26 g/L olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4. Nar çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam biyokütle miktarı (g/L)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
10	0,32 ^{ab} ±0,11	0,26 ^{ab} ±0,06	0,08 ^b ±0,00	0,44 ^a ±0,08	0,36 ^{ab} ±0,01

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak gerçekleştirilen istatistiksel değerlendirme sonucuna göre; Kombucha mantarının farklı karbon kaynaklarında farklı gelişim gösterdiği belirlenmiştir. Fermentasyonu tamamlanan her bir örneğin biyokütle gelişimi ve bu gelişimin farklı karbon kaynaklarındaki farklılıkları karşılaştırılmıştır.

Glukoz, ksiloz ve sakkaroz şekerlerine ait örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz çıkarken ($P>0,01$) kendi arasında benzer bir gelişme gösterirken, fruktoz ve laktoz şekerleri karbon kaynaklarından tamamen farklı biyokütle gelişimi göstermiştir.

Buna bağlı olarak çeşitli karbon kaynakları kullanımının biyokütle gelişimi üzerinde önemli bir etkisi olduğu tespit edilmiştir ($P<0,01$).

Malbaşa vd. (2008) tarafından siyah çayda sakkaroz ve melas kullanılarak gerçekleştirilen Kombucha fermentasyonu sonucunda biyokütle miktarının zamanla arttığı belirlenmiştir. Çalışmada farklı karbon kaynaklarında biyokütle artışının da farklı olduğu belirtilmektedir. Bu da simbiyotik kültürün karbon kaynaklarını kullanabilme kapasitesine bağlıdır. Kutluer (2009) bu durumu şu şekilde açıklamıştır; Kombucha kültüründe bulunan asetik asit bakterileri hidrolaz ve kinaz enzimine sahip olmadıkları için sakkarozu doğrudan kullanamamaktadır. Mayalardaki invertaz enzimi ile sakkarozun inversiyonu sonucunda glukoz ve fruktozun kullanımını gerçekleştirir. Buna bağlı olarak da şeker kullanımını ve biyokütle artışı değişmektedir.

4.1.5. Nar (hibiskus) Kombucha çayında fermentasyon süresince şeker tüketimi

Nar (hibiskus) çayı, önceden belirlenen koşullara uygun olarak ekstrakte edilerek içerisine ayrı ayrı 5 farklı karbon kaynağı (glukoz, ksiloz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz) ilavesi yapılmıştır. Sonrasında Kombucha kültürü ile inokülasyonu yapılarak fermentasyon sonunda şeker miktarı belirlenmiştir.

Çeşitli karbon kaynaklarının Kombucha simbiyoz kültürü tarafından farklı oranlarda kullanıldığı gözlemlenmiştir. Nar (hibiskus) çayı için; fermentasyon süresince en aktif kullanabildiği karbon kaynağı fruktoz (55,79 g/L) iken, en az kullanım laktoz şekerinde (4,64 g/L) gerçekleşmiştir.

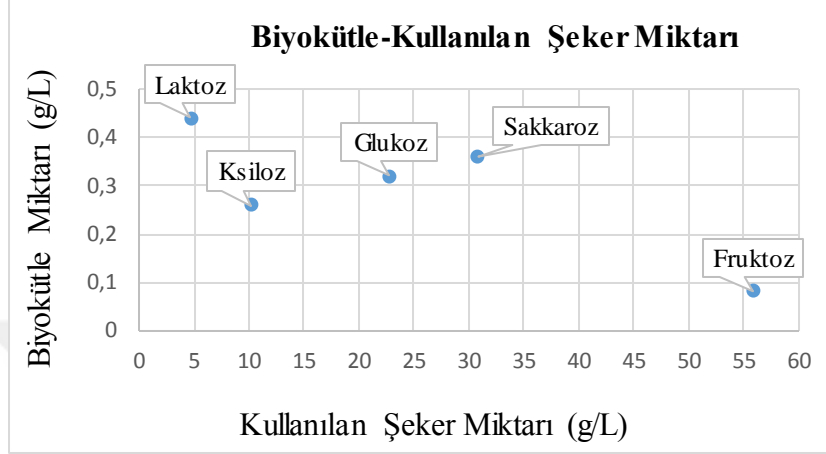
Çizelge 4.5. Nar çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarında fermentasyon boyunca kullanılan şeker miktarı (g/L)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0.gün- 10. gün	22,78 ^c ±0,52	10,20 ^d ±2,98	55,79 ^a ±0,34	4,64 ^d ±1,23	30,84 ^b ±1,36

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Elde edilen verilere göre tüm karbon kaynaklarında kullanılan toplam şeker miktarının fermentasyona bağlı olarak zamanla azaldığı tespit edilmiştir. 10 günlük fermentasyon süresince Kombucha kültürü tarafından her bir karbon kaynağının kullanım miktarlarını ve bu miktarlar üzerinden birbirleri arasındaki farklılıkları belirlemek açısından istatistiksel hesaplamalar yapılmıştır. Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak gerçekleştirilen istatistik sonuçlarına göre; Kombucha kültürü her bir karbon kaynağını farklı miktarlarda kullanmıştır. Ksiloz ve laktoz şekerlerinin kullanım oranları istatistiksel olarak benzerlik gösterse de karbon kaynaklarının çeşitliliği Kombucha kültürü tarafından kullanımını etkilemiştir. Fermentasyon ortamında farklı karbon kaynakları kullanımının şeker tüketim miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,01$).

Kutluer (2009) tarafından yapılan çalışmaya göre; Kombucha mantarının glukoz, ksiloz, laktoz ve sakkaroz şekerinde biyokütle gelişimi takip edilmiştir. Çalışma sonucunda bazı şekerleri doğrudan kullanabildiği gibi bazılarını da parçalayarak kullanmakta olduğunu belirtmiştir. Kombucha kültürü tarafından en iyi glukoz ve sakkaroz şekerinin kullanıldığı, diğer karbon kaynaklarının da Kombucha tarafından kullanılabilirliği tespit edilmiştir.



Şekil 4.1. Nar çayında farklı karbon kaynaklarına göre biyokütle-kullanılan şeker miktarı

Farklı karbon kaynakları kullanılarak nar (hibiskus) çayında gerçekleştirilen Kombucha fermentasyonu sonucuna ait biyokütle-kullanılan şeker miktarı grafiği Şekil 4.1'de verilmiştir. Şeker tüketimi en fazla fruktoz şekerine ait iken en az biyokütle gelişimi de aynı karbon kaynağında gözlemlenmiştir. Laktoz şekerinde ise en az şeker tüketimi, en fazla biyokütle gelişimi tespit edilmiştir. Kullanılan şeker miktarı, fruktoz>sakkaroz>glukoz>ksiloz>laktoz; biyokütle gelişim miktarı, laktoz>sakkaroz>glukoz>ksiloz>fruktoz olarak belirlenmiştir.

4.1.6. Nar (hibiskus) Kombucha çayında renk değerleri

4.1.6.1. L (açıklık- koyuluk) değeri değişimi

Ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiş nar (hibiskus) çayı başlangıç örneklerinde ve fermentasyonu tamamlanmış 10. güne ait örneklerde yapılan renk analizine ait bulgular Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Analiz kapsamında, farklı karbon kaynaklarına bağlı Kombucha fermentasyonunun gerçekleşmesi ve bu gelişime bağlı olarak elde edilen L (açıklık-koyuluk) değerleri gözlemlenmiştir. Renk tayini analizi ile ksiloz şekerinde ait örneğin L değeri artarken, diğer karbon kaynaklarının tamamında değer azaldığı saptanmıştır. Fermentasyonu sonlandırılan çaylarda ksiloz şekerine ait örneğin renginde koyulaşma gerçekleşirken diğer karbon kaynaklarına ait çayların ise renginin açıldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Nar çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki L (açıklık- koyuluk) değeri değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
Başlangıç	16,83 ^a ±0,02	17,95 ^a ±0,47	15,00 ^a ±0,45	16,90 ^a ±0,54	17,14 ^a ±0,32
10	13,86 ^a ±1,04	19,84 ^a ±2,04	14,80 ^a ±0,85	15,89 ^a ±0,28	16,58 ^a ±0,35

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- L^* : Açıklık-Koyuluk Eksen Değeri
 L^*/L , ışık geçirgenlik değerlerini, 0 (geçirgenlik yok) ve 100 (tamamen geçirgenlik)
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

L (açıklık- koyuluk) değeri değişiminin önem seviyesini belirlemek amacıyla Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak örneklerin istatistiksel hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla her bir karbon kaynağının kendi içerisinde fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerine bağlı istatistik hesaplamaları yapılmıştır. Gerçekleştirilen sonuçlar doğrultusunda; bütün karbon kaynakları ile elde edilen örneklerin başlangıç ve son günlerine ait örnekler arasında hiçbir fark olmadığı belirlenmiştir. Nar çayında gerçekleştirilen fermentasyonun, ürünlerin renk değişiminde istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,01$).

4.1.6.2. a (kırmızılık- yeşillik) değeri değişimi

Nar (hibiskus) çay ekstraktı ile gerçekleştirilen, başlangıç ve fermentasyon sonu örneklerinde yapılan renk analizi sonucunda elde edilen a (kırmızılık- yeşillik) değerlerine ait veriler Çizelge 4.7 'de verilmiştir.

Fermentasyon sonucunda, fruktoz şekeri hariç tüm karbon kaynaklarında (glukoz, ksiloz, laktoz ve sakkaroz) a (kırmızılık- yeşillik) değerinin zamanla azaldığı belirlenmiştir. Fruktoz şekere ait nar (hibiskus) Kombucha çayı örneklerinde ise az miktarda da olsa artma gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.7. Nar çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki a (kırmızılık-yeşillik) değeri değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
Başlangıç	47,13 ^a ±0,04	48,16 ^a ±0,64	44,28 ^a ±0,57	46,99 ^a ±0,72	29,47 ^a ±0,55
10	42,85 ^a ±1,43	47,91 ^a ±2,76	44,36 ^a ±1,17	45,81 ^a ±0,41	28,41 ^a ±0,59

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- a^* : Kırmızı-Yeşil Ekseni Değeri (a^*/a kırmızılık ($-a^*/-a$, yeşillik))
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak örneklerin fermentasyona bağlı olarak a (kırmızılık- yeşillik) değeri değişimi değişiminin önem seviyesi incelenmiştir. Bu amaçla her bir karbon kaynağının kendi içerisinde, fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerine bağlı istatistik hesaplamaları yapılmıştır. Gerçekleştirilen sonuçlar doğrultusunda; tüm karbon kaynakları ile elde edilen örneklerin, başlangıç ve son gün verileri arasında hiçbir fark olmadığı belirlenmiştir. Nar çayında gerçekleştirilen fermentasyon işlemi, ürünlerin renk değişiminde istatistiksel olarak önemli değildir ($P>0,01$).

4.1.6.3. b (sarılık- mavilik) değeri değişimi

Nar (hibiskus) Kombucha fermente çayları ile elde edilen örneklerin b (sarılık-mavilik) değeri değişimine ait veriler Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8'deki sonuçlar ksiloz şekeri haricindeki diğer karbon kaynaklarının tümünde (glukoz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz) b değerinin fermentasyona bağlı olarak zamanla azaldığını göstermektedir. Ksiloz şekere ait örneklerde ise artış gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.8. Nar çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki b (sarılık- mavilik) değeri değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0	28,94 ^a ±0,03	30,84 ^a ±0,87	25,70 ^a ±0,83	28,88 ^a ±0,92	29,47 ^a ±0,55
10	23,75 ^a ±1,82	34,07 ^a ±3,63	25,36 ^a ±1,53	27,19 ^a ±0,44	28,41 ^a ±0,59

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- b^* : Sarı-Mavi Ekseni Değeri (b^*/b sarılık ($-b^*/-b$, mavilik))
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Nar (hibiskus) Kombucha çayında, fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerinin *b* (sarılık- mavilik) değeri değişimine ait istatistiksel hesaplamaları Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Her bir örneğin kendi içerisinde fermentasyona bağlı olarak elde edilen değişimlerin analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak bütün karbon kaynaklarına ait örneklerin birbirlerinden bir farkı olmadığı tespit edilmiştir. Nar çayı ile gerçekleştirilen fermentasyon işleminin *b* (sarılık- mavilik) değeri değişiminde istatistiksel olarak önemli bir etkisi olmadığı saptanmıştır ($P>0,01$).

Kombucha fermentasyonu gerçekleştirilen bir başka çalışmada; siyah çay ve sakkaroz şekeri ile geliştirilen Kombucha çayı ve yoğurdun çeşitli alanlarda karşılaştırılması verilmiştir. Bu örneklerde fermentasyona bağlı olarak gerçekleşen renk değişimleri takip edilmiştir. *b* (sarılık- mavilik) değerinin fermentasyona bağlı azaldığı ifade edilmiştir. Ancak *L*, *a*, *b* değerlerinin fermentasyona bağlı olarak çok etkilenmediği ve değişiminin genellikle önemsiz olduğu belirtilmiştir (Hrnjez 2014).

4.2. Yaban Mersini Çayı

4.2.1. Yaban mersini Kombucha çayında pH değişimi

Yaban mersini çayından çeşitli karbon kaynakları kullanılarak gerçekleştirilen Kombuchanın fermentasyonu sırasında pH değişimi Çizelge 4.9'da verilmiştir. Fermentasyon sonucu oluşan organik asitler pH değerinin zamanla azalmasına neden olmuştur.

Çizelge 4.9. Yaban mersini çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarına göre pH değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
B	3,31 ^a ±0,01	3,19 ^a ±0,01	3,15 ^a ±0,03	3,21 ^a ±0,01	3,29 ^a ±0,01
0	3,27 ^a ±0,00	3,16 ^a ±0,00	3,09 ^{ab} ±0,01	3,16 ^{ab} ±0,01	3,30 ^a ±0,01
2	3,14 ^b ±0,04	3,08 ^b ±0,01	3,04 ^{bc} ±0,01	3,10 ^c ±0,02	3,19 ^b ±0,01
4	3,06 ^c ±0,01	3,06 ^b ±0,01	2,99 ^c ±0,01	3,09 ^c ±0,02	3,13 ^c ±0,01
6	2,97 ^d ±0,01	3,03 ^b ±0,02	2,97 ^{cd} ±0,02	3,13 ^{bc} ±0,00	3,09 ^d ±0,01
8	2,94 ^d ±0,01	3,01 ^b ±0,01	2,91 ^{de} ±0,01	3,01 ^d ±0,01	3,01 ^e ±0,01
10	2,86 ^e ±0,00	2,93 ^c ±0,03	2,86 ^e ±0,01	3,00 ^d ±0,01	2,94 ^f ±0,01

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testine bağlı gerçekleştirilen istatistik hesaplamalarına göre fermentasyon sonunda en düşük pH değeri (2,86) glukoz ve fruktoz şekeri örneklerinde gözlemlenmiştir. Farklı karbon kaynaklarında gerçekleştirilen

fermentasyonun pH değişimi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,01$).

Çay ekstraktına 70 g/L sükröz ilavesi ve %10 kültür inokülasyonu ile 28°C 14 gün süreyle Kombucha fermentasyonu gerçekleştirilen örneklerin asitlik değeri zamanla artmıştır. pH metre ile elde edilen sonuçlar doğrultusunda fermentasyonun pH değerinin azalmasında etkili olduğu belirtilmiştir (Cvetković vd 2008).

4.2.2. Yaban mersini Kombucha çayında toplam fenolik madde miktarının değişimi

Yaban mersini çayında gerçekleştirilen fenolik madde miktarı analizlerinde elde edilen veriler Çizelge 4.10'da verilmiştir. Ksiloz, laktoz ve sakkaroz kaynaklarında fermentasyon boyunca fenolik madde miktarında genel olarak bir artış gözlemlenmiştir. Glukoz ve fruktoz şekerinde ise düzenli bir artış görülmemekle birlikte en yüksek fenolik madde miktarı 6. güne ait örneklerde sırasıyla 531,26 mg GAE/L, 572,83 mg GAE/L olarak gözlemlenmiştir. Karbon kaynakları arasında ise fruktoz şekerine ait Kombucha örneklerindeki fenolik madde miktarının diğer karbon kaynaklarına göre daha fazla olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.10. Yaban mersini çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam fenolik madde miktarı değişimi (mg GAE/L)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
B	480,94 ^a ±0,01	496,74 ^a ±0,01	544,63 ^a ±0,02	463,19 ^a ±0,01	422,84 ^a ±0,01
0	484,59 ^a ±0,01	500,15 ^a ±0,02	538,07 ^a ±0,02	494,80 ^a ±0,03	450,80 ^a ±0,01
2	479,00 ^a ±0,01	510,36 ^a ±0,03	549,74 ^a ±0,02	499,66 ^a ±0,07	464,90 ^a ±0,02
4	496,26 ^a ±0,02	547,55 ^a ±0,02	563,11 ^a ±0,01	484,10 ^a ±0,04	499,66 ^a ±0,06
6	531,26 ^a ±0,11	498,44 ^a ±0,00	572,83 ^a ±0,03	503,06 ^a ±0,03	450,80 ^a ±0,01
8	466,60 ^a ±0,01	537,83 ^a ±0,03	545,60 ^a ±0,01	498,69 ^a ±0,01	462,22 ^a ±0,02
10	471,22 ^a ±0,03	516,92 ^a ±0,02	522,02 ^a ±0,02	489,45 ^a ±0,01	474,38 ^a ±0,01

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Yaban mersini Kombucha örneklerinde gerçekleştirilen istatistik hesaplamaları sonucunda bütün karbon kaynakları için fenolik madde miktarı-zaman ilişkisinin önemli olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,01$).

Bhattacharya vd (2013) tarafından siyah çay ve yeşilçay ile sakkaroz şekeri kullanılarak 14 gün boyunca fermentasyonu gerçekleştirilen Kombucha örneklerinin fenolik madde miktarı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda mayalar ve bakterilerde bulunan enzimlerin, kompleks polifenollerini parçalaması sonucu Kombucha

örneklerinin siyah çay ve yeşil çay ekstraktlarından daha fazla fenolik madde içerdiği belirtilmiştir.

4.2.3. Yaban mersini Kombucha çayında antioksidan aktivitesi değişimi

Yaban Mersini örneklerinin, DPPH yöntemi kullanılması ile elde edilen antioksidan kapasitesi analiz bulguları Çizelge 4.11'de verilmiştir. Sakkaroz şekeri dışındaki tüm karbon kaynaklarında, son güne ait örneklerin antioksidan aktivitesinin ekstrakte edilen çay içeriğinde bulunan antioksidan kapasitesinden daha fazla olduğu belirlenmiştir. Farklı karbon kaynaklarına göre antioksidan aktivitesi değişse de genel olarak inokülasyon ve ardındaki günlerde antioksidan aktivitesinin arttığı tespit edilmiştir. Örneklerin fermentasyona ve günlere bağlı olarak antioksidan kapasitesindeki değişimin düzenli olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.11. Yaban mersini ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki antioksidan aktivitesi değişimi (% inhibisyon)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
B	17,42 ^a ±0,06	17,71 ^b ±0,01	14,33 ^b ±0,02	16,89 ^b ±0,08	23,06 ^a ±0,02
0	21,84 ^a ±0,03	17,85 ^b ±0,02	19,63 ^a ±0,02	20,47 ^{ab} ±0,02	20,69 ^a ±0,01
2	20,25 ^a ±0,02	22,91 ^{ab} ±0,03	21,87 ^a ±0,02	23,43 ^a ±0,03	20,47 ^a ±0,01
4	23,59 ^a ±0,01	23,90 ^a ±0,02	20,92 ^a ±0,01	21,23 ^{ab} ±0,01	13,67 ^a ±0,03
6	17,11 ^a ±0,02	23,89 ^a ±0,00	21,20 ^a ±0,01	17,03 ^b ±0,02	20,08 ^a ±0,04
8	22,83 ^a ±0,01	20,01 ^{ab} ±0,03	20,11 ^a ±0,01	21,12 ^{ab} ±0,03	16,72 ^a ±0,02
10	19,71 ^a ±0,00	18,15 ^{ab} ±0,02	20,16 ^a ±0,01	23,45 ^a ±0,03	13,38 ^a ±0,08

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak gerçekleştirilen istatistiksel değerlendirme sonucu Çizelge 4.11'de verilmiştir. Antioksidan aktivitesini belirleme yönelik DPPH analizi gerçekleştirilen örneklerde, her bir karbon kaynağının kendi içerisinde günlere bağlı istatistik hesaplamaları yapılmıştır. Sonuçlar doğrultusunda; glukoz ve sakkaroz şekerinde gerçekleştirilen fermentasyon örnekleri arasında bir fark olmadığı, zamanın antioksidan aktivitesi artış ya da azalışında istatistiksel olarak önemli bir etken olarak kabul edilemeyeceği tespit edilmiştir ($P>0,01$). Ksiloz, fruktoz ve laktoz şekerinde ise zamanın antioksidan aktivitesi değişimi üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu gözlemlenmiştir ($P<0,01$).

Yaban mersini ile elde edilen Kombucha örneklerinde; en yüksek antioksidan aktivitesi ksiloz şekerinin 4 ve 6. günlerine ait, %23,90 ve %23,89 olarak bulunmuştur. En düşük antioksidan kapasite ise 4. günde %13,67 ile sakkaroz şekerinde tespit edilmiştir.

Chu ve Chen (2006) tarafından gerçekleştirilen çalışma sonucunda, fenolik madde ve antioksidan aktivitenin değişmesinde kültürün bileşimi ve fermentasyon substrat ortamının önemli bir etken olduğu belirtilmiştir. 8 farklı Kombucha örneğinin 100 /L sakkaroz ile 15 gün süreyle fermentasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sonucunda antioksidan aktivitenin artış gösterdiği ancak her bir ortamda farklı miktarlarda arttığı belirlenmiştir. Yapılan tez sonucunda antioksidan aktivitenin farklı karbon ortamında farklı sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

4.2.4. Yaban mersini Kombucha çayında toplam biyokütle miktarı

Farklı karbon kaynakları ile elde edilen Kombucha örneklerinin toplam biyokütle miktarının Çizelge 4.12’de verilmiştir.

En yüksek miktarda biyokütle gelişimi sakkaroz şekerinde 0,35 g/L olarak, en az biyokütle gelişimi ise fruktoz şekerinde 0,08 g/L olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.12. Yaban mersini çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam biyokütle miktarı (g/L)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
10	0,29 ^a ±0,04	0,26 ^a ±0,03	0,08 ^b ±0,01	0,31 ^a ±0,02	0,35 ^a ±0,01

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı satırda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak gerçekleştirilen istatistiksel değerlendirmeye göre; Kombucha mantarının glukoz, ksiloz, laktoz ve sakkaroz şekerlerine ait örneklerinde kendi arasında benzer bir gelişme gösterirken, fruktoz şekeri diğer karbon kaynaklarından tamamen farklı biyokütle gelişimi göstermiştir. Buna bağlı olarak farklı karbon kaynaklarının kullanımının biyokütle gelişimi üzerinde etkisi istatistiksel olarak önemlidir. Fruktoz şekeri ile gerçekleştirilen örneklerin biyokütle gelişiminin, diğer karbon kaynaklarına göre daha az olması istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,01$).

Kombucha kültürünün siyah çay ve farklı karbon kaynaklarında geliştirilmesi ve buna bağlı olarak gelişen biyokütle miktarının belirlenmesine yönelik çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sonucunda Kombucha mantarının her karbon kaynağında ve katman halinde zamanla geliştiği gözlemlenmiştir. Çalışmada farklı konsantrasyonda şeker kaynağı kullanımının biyokütle gelişimini önemli derece etkilediği, glukoz için % 30 oranı en verimli iken diğer karbon kaynaklarında % 10 konsantrasyonunun biyokütle gelişimi için en verimli olduğu gözlemlenmiştir (Kutluer 2009). Yaban mersini çayında gerçekleştirilen fermentasyon sonuçlarına göre her karbon kaynağında Kombucha gelişimi gözlemlenmiştir.

4.2.5. Yaban mersini Kombucha çayında fermentasyon süresince şeker tüketimi

Yaban mersini çayının, 5 farklı karbon kaynağı (glukoz, ksiloz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz) ilavesi gerçekleştirilerek Kombucha kültürü ile inokülasyonu yapılmıştır. Fermentasyon sonucunda alınan örneklerde yapılan şeker analizi sonucunda, elde edilen değerler Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4.13. Yaban mersini çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarında fermentasyon boyunca kullanılan şeker miktarı (g/L)

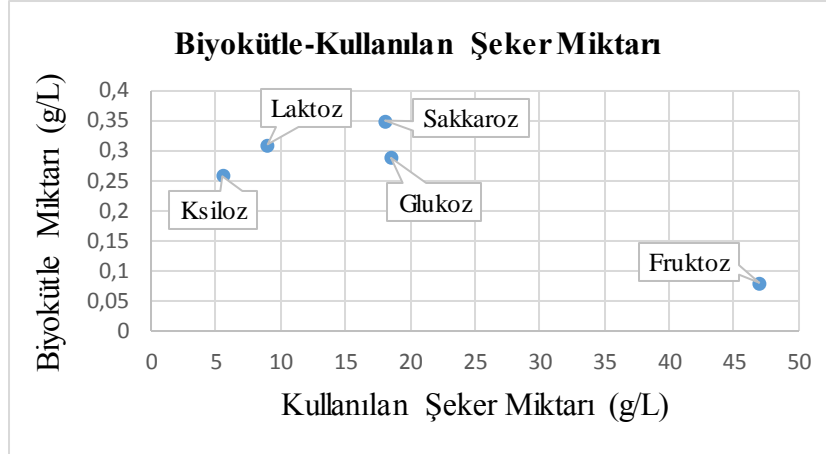
Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0.gün- 10. gün	18,49 ^b ±4,34	5,49 ^c ±0,92	46,90 ^a ±3,42	8,97 ^c ±2,90	18,01 ^b ±4,24

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Yaban mersini-Kombucha çayı kullanılarak gerçekleştirilen şeker analizi sonucunda elde edilen verilere göre; tüm karbon kaynaklarında kullanılan toplam şeker miktarının fermentasyona bağlı olarak zamanla azaldığı gözlemlenmiştir. Fermentasyon sonucunda farklı şeker kaynaklarının biyokütle gelişimi üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. ($P<0,01$).

Çeşitli karbon kaynaklarının Kombucha simbiyoz kültürü tarafından farklı oranlarda kullanıldığı gözlemlenmiştir. Yaban mersini-Kombucha çayı için en yüksek miktarda kullanılan şeker kaynağı fruktoz (46,90 g/L) iken, en az kullanım ksiloz şekerine ait örneklerde (5,49 g/L) olarak belirlenmiştir. Sakkaroz (18,01 g/L) ve glukoz (18,49 g/L) şekerlerinin ise kültür tarafından benzer miktarlarda kullanıldığı gözlemlenmiştir.

Jayabalan vd (2010) tarafından siyah çayda 21 gün gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda Kombucha mantarı tarafından glukoz şekerinin fruktoz şekerine oranla daha hızlı kullanıldığı belirtilmiştir. Fermentasyon ile biyokütle gelişiminin de gerçekleştiği ve zamanla biyokütle miktarının arttığı ifade edilmiştir (Malbaşa vd 2008).



Şekil 4.2. Yaban mersini çayında farklı karbon kaynaklarına göre biyokütle-kullanılan şeker miktarı

Yaban mersini çayında farklı karbon kaynakları kullanılarak gerçekleştirilen Kombucha fermentasyonu sonucuna ait biyokütle-kullanılan şeker miktarı grafiği Şekil 4.2’de verilmiştir. Şeker tüketimi en fazla fruktoz şekerine ait iken en az biyokütle gelişimi de aynı karbon kaynağında gözlemlenmiştir. Biyokütle gelişimi en fazla sakkaroz şekerinde tespit edilmiştir. Kullanılan şeker miktarı, fruktoz>glukoz>sakkaroz>laktoz>ksiloz; biyokütle gelişim miktarı, sakkaroz>laktoz>glukoz>ksiloz>fruktoz olarak belirlenmiştir.

4.2.6. Yaban mersini Kombucha çayında renk değerleri

4.2.6.1. *L* (açıklık- koyuluk) değeri değişimi

Yaban mersini çayının ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiş başlangıç örneklerinde ve fermentasyonu tamamlanmış 10. güne ait örneklerde yapılan renk analizine ait bulgular Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Yapılan çalışmalar neticesinde; çeşitli karbon kaynaklarına bağlı Kombucha fermentasyonunun gerçekleşmesi ve bu gelişime bağlı olarak elde edilen *L* (açıklık- koyuluk) değerleri tespit edilmiştir. Renk tayini analizi ile sakkaroz şekerinde ait örneğin *L* değeri çok az miktarda artar iken, diğer karbon kaynaklarının tamamında değerin azaldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.14. Yaban mersini çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki *L* (açıklık- koyuluk) değeri değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0	20,34 ^a ±0,40	23,00 ^a ±0,47	19,62 ^a ±0,45	19,97 ^a ±0,60	20,54 ^a ±0,61
10	16,60 ^b ±0,60	16,15 ^b ±0,45	19,14 ^a ±0,40	19,18 ^a ±1,00	20,90 ^a ±0,47

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- *L**: Açıklık-Koyuluk Eksen Değeri
*L**/*L*, ışık geçirgenlik değerlerini, 0 (geçirgenlik yok) ve 100 (tamamen geçirgenlik)
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak örneklerin fermentasyona bağlı olarak *L* (açıklık- koyuluk) değeri değişiminin önem seviyesi incelenmiştir. Bu amaçla her bir karbon kaynağının kendi içerisinde fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerine bağlı istatistik hesaplamaları yapılmıştır. Gerçekleştirilen sonuçlar doğrultusunda; glukoz ve ksiloz şekeri haricinde tüm karbon kaynakları ile elde edilen örneklerin, başlangıç ve son gün verileri arasında istatistiksel olarak hiçbir fark olmadığı ve fermentasyon işleminin *L* (açıklık- koyuluk) değeri değişimi açısından istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0,01$). Ksiloz ve glukoz şekerinde ise, 10 günlük fermentasyon sonucunda elde edilen örneğin geçirgenliğinin azaldığı ve koyulaştığı saptanmıştır. Dolayısıyla gerçekleştirilen fermentasyon işleminin, renk geçirgenliği ve açıklık/koyuluk özelliklerini etkilediği belirlenmiştir. Bu etkinin $P<0,01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir.

4.2.6.2. *a* (kırmızlık- yeşillik) değeri değişimi

Estrakte edilmiş yaban mersini çayının başlangıç günü ve fermentasyonu tamamlanmış son güne ait örneklerde gerçekleştirilen renk tayini analizine ait elde edilen veriler Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Fruktoz ve sakkaroz şekeri ile gerçekleştirilen fermentasyon örneklerinde a (kırmızılık- yeşillik) değeri az miktarda da olsa bir artış gözlemlenmiştir. Ancak glukoz, ksiloz ve laktoz şekerlerine ait yaban mersini- Kombucha örneklerinde ise zamana bağlı olarak azalmıştır.

Çizelge 4.15. Yaban mersini çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki a (kırmızılık- yeşillik) değeri değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0	48,51 ^a ±0,42	50,75 ^a ±0,63	47,37 ^a ±0,57	47,70 ^a ±0,71	48,39 ^a ±0,59
10	44,20 ^a ±0,46	45,54 ^a ±0,59	47,79 ^a ±0,46	47,67 ^a ±1,35	49,90 ^a ±0,68

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- a^* : Kırmızı- Yeşil Ekseni Değeri (a^*/a kırmızılık ($-a^*/-a$, yeşillik))
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak istatistiksel hesaplamaları gerçekleştirilen yaban mersini- Kombucha çayı örneklerinin, fermentasyona bağlı olarak a (kırmızılık- yeşillik) değeri değişiminin önem seviyesi incelenmiştir. Bu amaçla her bir karbon kaynağının kendi içerisinde, fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerine bağlı istatistik hesaplamaları yapılmıştır. Gerçekleştirilen sonuçlar doğrultusunda; bütün karbon kaynakları ile elde edilen örneklerin, başlangıç ve son gün verileri arasında hiçbir fark olmadığı, fermentasyonun a (kırmızılık- yeşillik) değeri değişimi üzerinde istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir ($P>0,01$).

4.2.6.3. b (sarılık- mavilik) değeri değişimi

Yaban mersini çayı ekstraksiyonu sonrası alınan 0. güne ait örnekte ve fermentasyonun son günü olan 10. güne ait örneklerde renk tayini analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda yaban mersini- Kombucha fermente çayları ile elde edilen örneklerin b (sarılık- mavilik) değeri değişimine ait veriler Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Analiz sonucunda elde edilen verilere göre sakkaroz şekeri haricinde fermentasyonu gerçekleştirilen örneklerin tümünde b (sarılık- mavilik) değerinin zamanla azaldığı gözlemlenmiştir. Sakkaroz şekerine ait örneklerde ise istatistiksel olarak önemsenmeyecek düzeyde olsa da bir artış tespit edilmiştir.

Çizelge 4.16. Yaban mersini çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki *b* (sarılık- mavilik) değeri değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0	35,47 ^a ±0,59	39,50 ^a ±0,71	33,60 ^a ±0,69	34,15 ^a ±1,04	35,36 ^a ±1,01
10	28,42 ^a ±1,10	27,60 ^b ±0,78	32,80 ^a ±0,74	32,91 ^a ±1,75	35,82 ^a ±0,78

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- *b**: Sarı-Mavi Ekseni Değeri (*b**/*b* sarılık (-*b**/-*b*, mavilik))
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Bütün karbon kaynaklarına ait örneklerin kendi içerisinde fermentasyona bağlı olarak elde edilen değişimlerinin analizi sonucunda ksiloz şekeri haricinde tüm karbon kaynaklarına (glukoz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz) ait örneklerin, birbirlerinden bir farklı olmadığı tespit edilmiştir. Yaban mersini çayı ile gerçekleştirilen fermentasyon işleminin *b* (sarılık- mavilik) değeri değişimine istatistiksel olarak önemli bir etkisi olmadığı saptanmıştır ($P>0,01$). Ksiloz şekerinde gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda ise fermentasyon işleminin *b* (sarılık- mavilik) değeri değişiminde önemli bir etkinin olduğu ve bu etkinin istatistiksel olarak önemli belirlenmiştir ($P<0,01$).

Kombucha fermentasyonu gerçekleştirilen bir başka çalışmada; siyah çay ve sakkaroz şekeri ile geliştirilen Kombucha çayı ve yoğurdun çeşitli alanlarda karşılaştırılması verilmiştir. Bu örneklerde fermentasyona bağlı olarak gerçekleşen renk değişimleri takip edilmiştir. *b* (sarılık- mavilik) değerinin fermentasyona bağlı azaldığı ifade edilmiştir. Ancak *L*, *a*, *b* değerlerinin fermentasyona bağlı olarak çok etkilenmediği ve değişiminin genellikle önemsiz olduğu belirtilmiştir (Hrnjez 2014).

4.3. Kuşburnu Çayı

4.3.1. Kuşburnu Kombucha çayında pH değişimi

Kuşburnu ekstraktından elde edilen Kombucha örneklerinin günlere bağlı pH değişimi Çizelge 4.17'de verilmiştir. Glukoz, ksiloz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz şekerlerinin her biri için pH değerinin fermentasyon sonuna kadar azaldığı gözlemlenmiştir. En düşük pH değeri 2,74 olarak glukoz şekerinde gerçekleştirilen 10. gün örneğinde tespit edilmiştir.

İstatistik karşılaştırma testine göre karbon kaynaklarının kendi aralarında günlere bağlı olarak $P<0,01$ seviyesinde farklılıklarının önemli düzeyde olduğu belirlenmiştir. Fermentasyon boyunca günler arasındaki pH değerlerinin kendi aralarında istatistiksel anlamda önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.17. Kuşburnu çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarına göre pH değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
B	3,51 ^a ±0,01	3,36 ^a ±0,01	3,39 ^a ±0,01	3,46 ^a ±0,02	3,53 ^a ±0,01
0	3,38 ^a ±0,01	3,28 ^b ±0,01	3,22 ^b ±0,01	3,30 ^b ±0,00	3,38 ^b ±0,02
2	3,16 ^b ±0,06	3,22 ^c ±0,01	3,13 ^c ±0,03	3,21 ^c ±0,01	3,27 ^c ±0,02
4	2,95 ^c ±0,01	3,14 ^d ±0,00	3,06 ^{cd} ±0,01	3,18 ^{cd} ±0,01	3,22 ^{cd} ±0,02
6	2,87 ^{cd} ±0,04	3,13 ^d ±0,01	2,99 ^{de} ±0,03	3,21 ^c ±0,00	3,16 ^{de} ±0,01
8	2,79 ^d ±0,03	3,12 ^d ±0,02	2,95 ^{ef} ±0,01	3,10 ^{de} ±0,01	3,07 ^{ef} ±0,04
10	2,74 ^d ±0,00	3,07 ^e ±0,01	2,89 ^f ±0,01	3,07 ^e ±0,01	2,99 ^f ±0,01

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

4.3.2. Kuşburnu Kombucha çayında toplam fenolik madde miktarının değişimi

5 farklı karbon kaynağı kullanılarak kuşburnu çayında gerçekleştirilen fermentasyon ile toplam fenolik madde miktarı değişimine bağlı elde edilen veriler Çizelge 4.18’de verilmiştir. Sonuçlar, zamana bağlı doğrusal bir değişim göstermemekle birlikte; ksiloz, laktoz ve sakkarozu ait örneklerde son güne ait fenolik madde miktarının, başlangıca oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.18. Kuşburnu çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam fenolik madde miktarı değişimi (mg GAE/L)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
B	323,90 ^{ab} ±0,01	323,17 ^a ±0,01	366,93 ^a ±0,01	299,59 ^{ab} ±0,01	313,20 ^b ±0,01
0	324,63 ^{ab} ±0,01	333,62 ^a ±0,01	363,52 ^a ±0,01	344,32 ^a ±0,01	344,32 ^{ab} ±0,02
2	356,47 ^a ±0,07	334,84 ^a ±0,01	373,01 ^a ±0,01	300,56 ^{ab} ±0,02	353,31 ^{ab} ±0,02
4	340,43 ^{ab} ±0,01	316,36 ^a ±0,04	368,63 ^a ±0,02	291,57 ^b ±0,02	350,88 ^{ab} ±0,04
6	299,83 ^{ab} ±0,01	340,43 ^a ±0,02	357,20 ^a ±0,01	327,55 ^{ab} ±0,02	328,52 ^{ab} ±0,03
8	268,72 ^b ±0,01	328,03 ^a ±0,01	363,52 ^a ±0,02	306,40 ^{ab} ±0,01	335,81 ^{ab} ±0,02
10	296,43 ^{ab} ±0,01	326,82 ^a ±0,06	351,61 ^a ±0,03	318,79 ^{ab} ±0,01	392,94 ^a ±0,03

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi gerçekleştirilen kuşburnu-Kombucha örneklerine ait değerlendirme sonucuna göre; ksiloz ve fruktoz şekerine ait örneklerde günler arasında fenolik madde miktarının zamana bağlı değişimi istatistiksel olarak önemsiz kabul edilmiştir ($P>0,01$). Ancak glukoz, laktoz ve sakkarozu ait örneklerde ise zamanın fenolik madde miktarı değişimine istatistiksel olarak etkisi olduğu tespit edilmiştir ($P<0,01$). En belirgin fark ise sakkaroz şekerine aittir.

Kuşburnu-Kombucha çayında elde edilen sonuçlar doğrultusunda; en düşük fenolik madde miktarı glukoz şekerinin 8. gün örneğinde 268,72 mg GAE/L, en yüksek fenolik madde miktarı ise 392,94 mg GAE/L olarak fermentasyonu tamamlanmış (10.gün) sakkaroz şekeri örneğinde tespit edilmiştir.

Siyah çay ve yeşilçay ile sakkaroz şekeri kullanılarak 14 gün boyunca fermentasyonu gerçekleştirilen Kombucha örneklerinin Folin- Ciocalteu yöntemi yardımıyla fenolik madde miktarı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda mayalar ve bakterilerde bulunan enzimlerin, kompleks polifenollerini parçalaması sonucu Kombucha örneklerinin siyah çay ve yeşil çay ekstraktlarından daha fazla fenolik madde içerdiği belirtilmiştir (Bhattacharya vd 2013).

4.3.3. Kuşburnu Kombucha çayında antioksidan aktivitesi değişimi

5 farklı karbon kaynağı kullanılarak kuşburnu çayında gerçekleştirilen fermentasyon sonucu, antioksidan aktivitesi değişimine bağlı elde edilen veriler Çizelge 4.19’da verilmiştir. Sakkaroz ve ksiloz şekeri hariç tüm karbon kaynaklarında antioksidan aktivitesinin, ekstrakte edilen çay içeriğinde bulunan antioksidan kapasitesinden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Farklı karbon kaynaklarına göre antioksidan kapasitesi değişse de genel olarak inokülasyon ve ardındaki günlerde antioksidan aktivitesinin arttığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.19. Kuşburnu ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki antioksidan aktivitesi değişimi (% inhibisyon)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
B	8,70 ^a ±0,08	12,07 ^c ±0,01	8,43 ^c ±0,03	8,35 ^b ±0,01	17,85 ^a ±0,02
0	14,32 ^a ±0,01	13,04 ^{bc} ±0,02	13,11 ^b ±0,02	13,06 ^{ab} ±0,02	17,86 ^a ±0,01
2	13,01 ^a ±0,04	16,70 ^a ±0,01	14,69 ^{ab} ±0,01	19,31 ^a ±0,02	17,44 ^a ±0,01
4	15,74 ^a ±0,02	16,84 ^a ±0,01	13,56 ^b ±0,02	12,41 ^{ab} ±0,03	11,83 ^a ±0,02
6	11,08 ^a ±0,02	15,33 ^{ab} ±0,01	16,74 ^a ±0,01	13,27 ^{ab} ±0,08	14,12 ^a ±0,02
8	16,88 ^a ±0,04	13,43 ^{bc} ±0,00	14,07 ^b ±0,01	14,86 ^{ab} ±0,01	12,58 ^a ±0,01
10	13,95 ^a ±0,02	11,03 ^c ±0,02	13,65 ^b ±0,03	16,44 ^a ±0,01	12,41 ^a ±0,13

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Her bir karbon kaynağının kendi içerisinde günlere bağlı olarak istatistik hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Duncan çoklu karşılaştırma testi ile gerçekleştirilen istatistik hesaplamalarına göre; ksiloz, fruktoz, laktoz şekerine ait örneklerin antioksidan aktivitelerinin birbirinden farklı olduğu, fermentasyonun ve zamanın antioksidan aktivite değişimi üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Glukoz ve sakkaroz şekerinde ise fermentasyon işleminin zamanla antioksidan aktivitesi değişimi üzerine istatistiksel olarak önemli etkisi olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,01$).

Yapılan bir başka çalışmaya göre; fenolik madde ve antioksidan aktivitenin değişmesinde kültürün bileşimi ve fermentasyon substrat ortamı çok önemli bir etkidir. 8 farklı Kombucha örneğinin 15 gün süreyle fermentasyonu gerçekleştirilmiştir. Çalışmada karbon kaynağı olarak 100 /L sükröz kullanılmıştır. Bu çalışma sonucunda antioksidan aktivitenin artış gösterdiği ancak her bir ortamda farklı miktarlarda arttığı belirlenmiştir (Chu ve Chen 2006).

4.3.4. Kuşburnu Kombucha çayında toplam biyokütle miktarı

Farklı karbon kaynakları ile elde edilen Kombucha örneklerinin toplam biyokütle miktarının Çizelge 4.20’de verilmiştir.

En yüksek miktarda biyokütle gelişimi ksiloz şekerinde 0,47 g/L olarak, en az biyokütle gelişimi ise fruktoz şekerinde 0,09 g/L olarak tespit edilmiştir. Glukoz şekerinde biyokütle gelişimi 0,40 g/L, sakkaroz şekerinde 0,32 g/L ve laktoz şekerinde ise 0,26 g/L olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.20. Kuşburnu çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam biyokütle miktarı (g/L)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
10	0,40 ^a ±0,03	0,47 ^a ±0,05	0,09 ^d ±0,01	0,26 ^c ±0,02	0,32 ^{bc} ±0,02

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi ile fermentasyon işlemi tamamlanan Kombucha örneklerinin farklı karbon kaynaklarındaki gelişim farklılıklarına ait istatistik hesaplamaları yapılmıştır. Sonuçlar doğrultusunda; Kombucha mantarının her bir karbon kaynağında farklı gelişim gösterdiği belirlenmiştir. Buna bağlı olarak fermentasyon ortamında kuşburnu ekstraktı kullanılması şartıyla; çeşitli karbon kaynakları kullanımının biyokütle gelişimi üzerinde istatistiksel olarak ($P<0,01$) önemli bir etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Malbaşa vd. (2008a) tarafından siyah çayda sakkaroz ve melas kullanılarak gerçekleştirilen Kombucha fermentasyonu sonucunda biyokütle miktarının zamanla arttığı belirlenmiştir. Çalışmada farklı karbon kaynaklarında biyokütle artışının da farklı

olduğu belirtilmektedir. Bu da simbiyotik kültürün karbon kaynaklarını kullanabilme kapasitesine bağlıdır.

4.3.5. Kuşburnu Kombucha çayında fermentasyon süresince şeker tüketimi

Kuşburnu çayı, önceden belirlenen koşullara uygun olarak ekstrakte edilerek içerisine ayrı ayrı 5 farklı karbon kaynağı (glukoz, ksiloz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz) ilavesi yapılmıştır. Sonrasında Kombucha kültürü ile inokülasyonu yapılarak fermentasyon sonunda şeker miktarı belirlenmiştir.

Çeşitli karbon kaynaklarının Kombucha simbiyoz kültürü tarafından farklı oranlarda kullanıldığı gözlemlenmiştir. Kuşburnu çayı için en aktif kullanabildiği karbon kaynağı diğer çaylarda da olduğu gibi fruktoz (45,09 g/L) iken en az kullanım ksiloz şekerinde (5,36 g/L) gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.21. Kuşburnu çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarında fermentasyon boyunca kullanılan şeker miktarı (g/L)

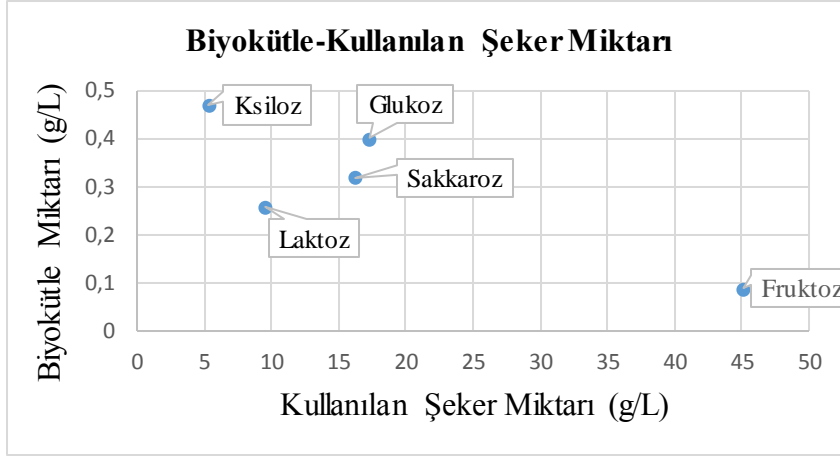
Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0.gün- 10. gün	17,27 ^b ±5,02	5,36 ^b ±1,31	45,09 ^a ±2,69	9,48 ^b ±2,12	16,16 ^b ±4,60

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P < 0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Kuşburnu- Kombucha çayı kullanılarak gerçekleştirilen şeker analizi sonucunda elde edilen verilere göre; tüm karbon kaynaklarında kullanılan toplam şeker miktarının fermentasyona bağlı olarak zamanla azaldığı tespit edilmiştir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak gerçekleştirilen istatistik hesaplamalarına göre; glukoz, ksiloz, laktoz ve sakkaroz şekerleri kullanım miktarları bakımından farklı değerlere sahip olsa da kültür tarafından kullanımının istatistiksel olarak önemli bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir ($P > 0,01$). Buna göre; Kombucha kültürü kullanımı bakımından 4 karbon kaynağının benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Fruktoz şekerin de ise diğer meyve çaylarında olduğu gibi mikroorganizma tarafından en aktif kullanılan şeker kaynağı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Kombucha simbiyoz kültürünün kullanımı açısından diğer karbon kaynaklarından farklı ve bu farklılığın istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir ($P < 0,01$).

Kutluer (2009) tarafından siyah çayda ve glukoz, fruktoz, sakkaroz, laktoz şekerlerinde gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda, Kombucha tarafından en aktif kullanılan karbon kaynağının glukoz ve sakkaroz olduğu belirtilmiştir. Fruktoz ve laktoz şekerinin de Kombucha tarafından kullanılabilirdiği ancak diğer karbon kaynaklarına oranla daha az miktarda kullanılabilirdiği belirtilmiştir.



Şekil 4.3. Kuşburnu çayında farklı karbon kaynaklarına göre biyokütle-kullanılan şeker miktarı

Farklı karbon kaynakları kullanılarak kuşburnu çayında gerçekleştirilen Kombucha fermentasyonu sonucuna ait biyokütle-kullanılan şeker miktarı grafiği Şekil 4.3'te verilmiştir. Şeker tüketimi en fazla fruktoz şekerine ait iken en az biyokütle gelişimi de aynı karbon kaynağında gözlemlenmiştir. Ksiloz şekerinde ise en az şeker tüketimi, en fazla biyokütle gelişimi tespit edilmiştir. Kullanılan şeker miktarı, fruktoz>glukoz>sakkaroz>laktoz>ksiloz; biyokütle gelişim miktarı, ksiloz>glukoz>sakkaroz>laktoz>fruktoz olarak belirlenmiştir.

4.3.6. Kuşburnu Kombucha çayında renk değerleri

4.3.6.1. *L* (açıklık- koyuluk) değeri değişimi

Estrakte edilmiş kuşburnu çayının başlangıç ve fermentasyonu tamamlanmış son güne ait örneklerde gerçekleştirilen renk tayini analizine ait elde edilen veriler Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Yapılan çalışmalar neticesinde; farklı karbon kaynaklarına bağlı Kombucha fermentasyonunun gerçekleşmesi ve bu gelişime bağlı olarak elde edilen *L* (açıklık- koyuluk) değerleri tespit edilmiştir. Renk tayini analizi ile glukoz şekerinde ait örneğin *L* değeri çok az miktarda artar iken, diğer karbon kaynaklarının tamamında değer azaldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.22. Kuşburnu çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki *L* (açıklık- koyuluk) değeri değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0	17,68 ^a ±0,11	23,91 ^a ±0,30	18,92 ^a ±0,16	18,44 ^a ±0,57	17,95 ^a ±0,18
10	17,88 ^a ±0,67	18,30 ^b ±0,64	16,03 ^a ±0,40	16,14 ^a ±0,81	16,57 ^a ±0,67

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- *L**: Açıklık-Koyuluk Ekseni Değeri
*L**/*L*, ışık geçirgenlik değerlerini, 0 (geçirgenlik yok) ve 100 (tamamen geçirgenlik)
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P < 0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak örneklerin fermentasyona bağlı *L* (açıklık- koyuluk) değeri değişiminin önem seviyesi incelenmiştir. Bu amaçla her bir karbon kaynağının kendi içerisinde fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerine bağlı istatistik hesaplamaları yapılmıştır. Gerçekleştirilen sonuçlar doğrultusunda; ksiloz şekeri haricinde tüm karbon kaynakları ile elde edilen örneklerin, başlangıç ve son gün verileri arasında istatistiksel olarak hiçbir fark olmadığı belirlenmiştir. Kuşburnu çayında gerçekleştirilen fermentasyonun, ürünlerin renk değişiminde hiçbir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir ($P > 0,01$). Ksiloz şekerinde ise, 10 günlük fermentasyon sonucunda elde edilen örneğin geçirgenliğinin azaldığı ve koyulaştığı saptanmıştır. Dolayısıyla ksiloz şekerinde gerçekleştirilen fermentasyon işleminin, renk geçirgenliği ve açıklık/koyuluk özelliklerini etkilediği belirlenmiştir. Bu etkinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($P < 0,01$).

4.3.6.2. *a* (kırmızılık- yeşillik) değeri değişimi

Kuşburnu çay ekstraktı ile gerçekleştirilen, başlangıç ve fermentasyon sonu örneklerinde yapılan renk tayini analizi sonucunda elde edilen *a* (kırmızılık- yeşillik) değerlerine ait veriler Çizelge 4.23’te verilmiştir.

Ksiloz şekeri ile gerçekleştirilen fermentasyon örnekleri haricindeki tüm karbon kaynaklarına ait kuşburnu Kombucha örneklerinin, *a* (kırmızılık- yeşillik) değerleri zamanla artış göstermiştir. Glukoz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz şekerlerine ait örneklerde ise azalmıştır.

Çizelge 4.23. Kuşburnu çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki *a* (kırmızılık- yeşillik) değeri değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0	32,61 ^a ±0,01	36,52 ^a ±0,48	33,48 ^a ±0,13	32,59 ^a ±0,62	32,59 ^a ±0,34
10	37,70 ^a ±0,78	35,43 ^a ±0,75	34,59 ^a ±0,10	34,44 ^a ±1,09	35,67 ^a ±0,71

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- a**: Kırmızı-Yeşil Eksen Değeri (*a**/*a* kırmızılık (-*a**/-*a*, yeşillik))
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak istatistiksel hesaplamaları gerçekleştirilen kuşburnu- Kombucha çayı örneklerinin, fermentasyona bağlı olarak *a* (kırmızılık- yeşillik) değeri değişiminin önem seviyesi incelenmiştir. Bu amaçla her bir karbon kaynağının kendi içerisinde, fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerine bağlı istatistik hesaplamaları yapılmıştır. Gerçekleştirilen sonuçlar doğrultusunda; tüm karbon kaynakları ile elde edilen örneklerin, başlangıç ve son gün verileri arasında hiçbir fark olmadığı belirlenmiştir. Kuşburnu çayında gerçekleştirilen fermentasyonun, ürünlerin renk değişiminde istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,01$).

4.3.6.3. *b* (sarılık- mavilik) değeri değişimi

Kuşburnu çayı ekstraksiyonu sonrası alınan 0. güne ait örnekte ve fermentasyonun son günü olan 10. güne ait örneklerde renk tayini analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda kuşburnu- Kombucha fermente çayları ile elde edilen örneklerin *b* (sarılık- mavilik) değeri değişimine ait veriler Çizelge 4.24'te verilmiştir.

Analiz sonucunda elde edilen verilere göre; glukoz şekerinde fermentasyonu gerçekleştirilen örneklerin tümünde *b* (sarılık- mavilik) değerinin fermentasyona bağlı olarak arttığı gözlemlenmiştir. Ksiloz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz şekerlerine ait örneklerde ise azaldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.24. Kuşburnu çayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki *b* (sarılık-mavilik) değeri değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0	29,47 ^a ±0,20	38,87 ^a ±0,51	31,33 ^a ±0,16	30,51 ^a ±0,83	29,93 ^a ±0,14
10	30,43 ^a ±1,20	30,63 ^b ±1,05	27,03 ^a ±0,67	27,25 ^a ±1,23	28,00 ^a ±1,16

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- *b**: Sarı-Mavi Ekseni Değeri (*b**/*b* sarılık (-*b**/-*b*, mavilik))
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değeri $P < 0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak gerçekleştirilen istatistiksel değerlendirme sonucunda; ksiloz şekeri haricinde tüm karbon kaynaklarına (glukoz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz) ait örneklerin, istatistiksel olarak birbirlerinden bir farkı olmadığı tespit edilmiştir. Kuşburnu çayı ile gerçekleştirilen fermentasyon işleminin *b* (sarılık- mavilik) değeri değişimine istatistiksel olarak önemli bir etkisi olmadığı saptanmıştır ($P > 0,01$). Ksiloz şekerinde gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda ise *b* (sarılık- mavilik) değeri değişiminin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P < 0,01$).

Kombucha fermentasyonu gerçekleştirilen bir başka çalışmada; siyah çay ve sakkaroz şekeri ile geliştirilen Kombucha çayı ve yoğurdun çeşitli alanlarda karşılaştırılması verilmiştir. Bu örneklerde fermentasyona bağlı olarak gerçekleşen renk değişimleri takip edilmiştir. *b* (sarılık- mavilik) değerinin fermentasyona bağlı azaldığı ifade edilmiştir. Ancak *L*, *a*, *b* değerlerinin fermentasyona bağlı olarak çok etkilenmediği ve değişiminin genellikle önemsiz olduğu belirtilmiştir (Hrnjez 2014).

4.4. Siyah Çay

4.4.1. Siyah çay Kombucha çayında pH değişimi

Fermentasyon sonucunda elde edilen örneklerde gerçekleştirilen pH analizinin siyah çay- Kombucha verileri Çizelge 4.25'te verilmiştir. Karbon kaynaklarında günlere bağlı olarak asitlik değerinin arttığı belirlenmiştir. Başlangıç ve son pH değerleri arasındaki fark diğer çaylara ve kahveye oranla siyah çayda daha fazla gözlemlenmiştir. Siyah çay örneklerinde ise kendi içerisinde en belirgin fark glukoz şekerine ait Kombucha çayında tespit edilmiştir (pH: 5,43- 2,32).

Çizelge 4.25. Siyah çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarına göre pH değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
B	5,43 ^a ±0,01	5,10 ^a ±0,01	4,92 ^a ±0,02	5,09 ^a ±0,01	5,44 ^a ±0,03
0	3,91 ^{ab} ±0,00	4,34 ^b ±0,02	4,08 ^b ±0,01	4,31 ^b ±0,03	3,97 ^b ±0,03
2	2,87 ^{ab} ±0,04	4,25 ^b ±0,03	3,82 ^c ±0,06	4,27 ^b ±0,01	3,78 ^c ±0,03
4	2,59 ^{ab} ±0,09	3,60 ^c ±0,03	3,58 ^d ±0,01	4,10 ^c ±0,03	3,67 ^d ±0,01
6	2,47 ^{ab} ±0,02	3,34 ^d ±0,06	3,48 ^{de} ±0,03	3,98 ^d ±0,01	3,60 ^{de} ±0,02
8	2,33 ^b ±0,04	3,57 ^c ±0,08	3,34 ^e ±0,02	3,99 ^d ±0,02	3,54 ^{ef} ±0,03
10	2,32 ^b ±0,04	3,35 ^d ±0,04	3,15 ^f ±0,01	3,84 ^e ±0,01	3,48 ^f ±0,03

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Siyah çay örneklerinde her bir karbon kaynağının kendi arasında değerlendirilmesi Duncan çoklu karşılaştırma testi ile gerçekleştirilmiştir. Bunun sonucunda fermentasyona bağlı pH değerindeki azalmanın istatistiksel olarak önemli olduğu ($P<0,01$) gözlemlenmiştir.

Siyah çay ve sakkaroz kullanılarak 10 gün boyunca fermentasyonu gerçekleştirilen Kombucha örneklerinde pH değerinin zamanla azaldığı gözlemlenmiştir. Fermentasyon sonucunda oluşan asetik asit ve laktik asit değerleri sonucunda bu azalmanın organik asitlerin oluşumuna bağlı olduğu belirtilmiştir (Loncar vd 2006).

Kutluer'e (2009) göre, farklı karbon kaynaklarında ve siyah çay kullanılarak gerçekleştirilen Kombucha çayının her bir karbon kaynağı için farklı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Bu farklılığın Kombucha kültürünü oluşturan bakteri ve maya simbiyotik karışımından kaynaklandığı belirtilmektedir. Araştırmaya göre en belirgin pH azalışı ve en düşük pH değerinin glukoz şeker kaynağına ait olduğu, en az değişimin ise laktoz olduğu ifade edilmiştir. Sonuçlar tez çalışması ile örtüşmektedir.

4.4.2. Siyah çay Kombucha çayında toplam fenolik madde miktarının değişimi

Siyah çay ekstraktında gerçekleştirilen Kombucha çayına ait fenolik madde miktarı sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir.

Verilere göre; karbon kaynakları arasında fenolik madde miktarı en yüksek olan örnekler fruktoz şekerine aittir. Tüm karbon kaynaklarında son güne ait fenolik madde miktarının başlangıç fenolik madde miktarından fazla olduğu belirlenmiştir. En yüksek fenolik madde miktarı fruktoz şekerinin 2. gününde 710,18 mg GAE/L olarak gözlemlenmiştir. En düşük fenolik madde miktarı ise 426 mg GAE/L değeri ile glukoz şekeri başlangıç örneğine aittir.

Çizelge 4.26. Siyah çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam fenolik madde miktarı değişimi (mg GAE/L)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
B	426,00 ^a ±0,03	620,96 ^a ±0,00	638,22 ^b ±0,02	604,43 ^a ±0,02	506,95 ^{ab} ±0,03
0	449,34 ^a ±0,04	651,11 ^a ±0,02	692,68 ^a ±0,02	611,24 ^a ±0,02	518,38 ^{ab} ±0,01
2	522,51 ^a ±0,01	624,85 ^a ±0,01	710,18 ^a ±0,02	596,41 ^a ±0,01	577,94 ^a ±0,09
4	525,43 ^a ±0,02	646,00 ^a ±0,03	665,45 ^{ab} ±0,01	582,80 ^a ±0,02	509,87 ^{ab} ±0,01
6	600,30 ^a ±0,13	635,06 ^a ±0,01	679,79 ^{ab} ±0,02	628,01 ^a ±0,02	480,45 ^b ±0,02
8	467,57 ^a ±0,01	629,47 ^a ±0,02	685,39 ^{ab} ±0,00	627,53 ^a ±0,04	486,29 ^{ab} ±0,02
10	507,19 ^a ±0,02	629,47 ^a ±0,01	641,14 ^b ±0,01	617,56 ^a ±0,01	521,78 ^{ab} ±0,01

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi ile gerçekleştirilen istatistik hesaplamalarında her bir çayın günlere bağlı olarak kendi içerisinde değerlendirilmesi sonucu; fruktoz ve sakkaroz şekerine ait örneklerin birbirinden farklı ve zamanın fenolik madde miktarı değişimi üzerinde istatistiksel olarak etkili olduğu belirlenmiştir ($P<0,01$). Glukoz, ksiloz ve laktoz şekerine ait örneklerde ise zamanın fenolik madde miktarı değişimi üzerine istatistiksel açıdan önemli etkisi olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,01$).

Bhattacharya vd (2013) tarafından siyah çay ve yeşil çay ile sakkaroz şekeri kullanılarak 14 gün boyunca fermentasyonu gerçekleştirilen Kombucha örneklerinin fenolik madde miktarı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda mayalar ve bakterilerde bulunan enzimlerin, kompleks polifenollerin parçalaması sonucu Kombucha örneklerinin siyah çay ve yeşil çay ekstraktlarından daha fazla fenolik madde içerdiği belirtilmiştir.

4.4.3. Siyah çay Kombucha çayında antioksidan aktivitesi değişimi

Fermentasyon örneklerinde DPPH yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen antioksidan aktivitesini belirleme analizi sonucunda elde edilen verilere göre; mevcut Kombucha çaylarında bulunan antioksidan kapasitenin, ekstrakte edilen çay içeriğinde bulunan antioksidan kapasiteden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Sakkaroz şekerinde gerçekleştirilen fermentasyon örneğine bağlı verilerde ise antioksidan aktivitenin azaldığı gözlemlenmiştir. Analize bağlı sonuçlar Çizelge 4.27’de verilmiştir.

Fermente siyah çay ürünlerindeki en yüksek antioksidan aktivite %46,12 ile laktoz şekerinin 10.gününde, en düşük değer ise %27,12 ile ksiloz şekerinin 8. gününde belirlenmiştir.

Çizelge 4.27. Siyah çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki antioksidan aktivitesi değişimi (% inhibisyon)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
B	30,19 ^a ±0,01	34,82 ^{ab} ±0,03	28,33 ^c ±0,02	33,04 ^b ±0,03	34,40 ^a ±0,03
0	33,57 ^a ±0,04	35,88 ^{ab} ±0,02	33,35 ^{ab} ±0,03	37,25 ^{ab} ±0,06	34,99 ^a ±0,04
2	30,03 ^a ±0,02	40,81 ^a ±0,01	33,82 ^{ab} ±0,02	40,66 ^{ab} ±0,08	32,76 ^{ab} ±0,03
4	34,25 ^a ±0,03	40,68 ^a ±0,02	34,39 ^{ab} ±0,01	33,97 ^b ±0,02	28,29 ^b ±0,02
6	30,11 ^a ±0,06	43,52 ^a ±0,12	35,82 ^a ±0,01	33,04 ^b ±0,01	31,54 ^{ab} ±0,00
8	30,10 ^a ±0,07	27,12 ^b ±0,03	33,22 ^{ab} ±0,02	38,35 ^{ab} ±0,04	28,23 ^b ±0,03
10	29,96 ^a ±0,02	34,12 ^{ab} ±0,01	32,18 ^b ±0,02	46,12 ^a ±0,19	29,64 ^{ab} ±0,00

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak her bir karbon kaynağının kendi içerisinde günlere bağlı istatistik hesaplamaları yapılmıştır. Sonuçlar doğrultusunda; glukoz şekerinde gerçekleştirilen fermentasyon örnekleri arasında bir fark olmadığı, zamanın antioksidan aktivitesi artış ya da azalışında istatistiksel olarak önemli bir etken kabul edilemeyeceği tespit edilmiştir. Diğer 4 farklı karbon kaynağında (ksiloz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz) ise zamanın antioksidan aktivitesi üzerinde fark edilebilir ve istatistiksel açıdan önemli bir etkisinin olduğu gözlemlenmiştir ($P<0,01$).

Siyah çay ve yeşilçay ile sakkaroz şekeri kullanılarak 14 gün boyunca fermentasyonu gerçekleştirilen Kombucha örneklerinin DPPH yöntemi kullanılarak antioksidan aktivitesi belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda mayalar ve bakterilerde bulunan enzimlerin, kompleks polifenollerin parçalanması sonucu Kombucha örneklerinin siyah çay ve yeşil çay ekstraktlarından daha fazla fenolik madde içerdiği belirtilmiştir. Bu fenolik ve flavonoid bileşenlerin antioksidan aktivitenin artmasında rol aldığı ifade edilmiştir (Bhattacharya vd 2013).

4.4.4. Siyah çay Kombucha çayında toplam biyokütle miktarı

Toplam biyokütle miktarının belirlenmesi amacıyla, farklı karbon kaynakları ile elde edilen Kombucha örneklerine ait bulgular Çizelge 4.28’de verilmiştir.

Siyah çayda en fazla biyokütle gelişimi glukoz şekerinde 0,33 g/L, en az biyokütle gelişimi ise fruktoz şekerinde 0,06 g/L olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.28. Siyah çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam biyokütle miktarı (g/L)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
10	0,33 ^a ±0,02	0,17 ^b ±0,00	0,06 ^c ±0,01	0,29 ^a ±0,01	0,32 ^a ±0,01

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak gerçekleştirilen değerlendirmeye göre Kombucha mantarı; glukoz, laktoz ve sakkaroz şekerlerinde benzer bir biyokütle gelişimi göstermiştir. Buna bağlı olarak, bu karbon kaynaklarının kendi aralarında biyokütle gelişimi üzerinde istatistiksel açıdan önemli bir etki oluşturmadığı tespit edilmiştir ($P>0,01$). Ksiloz ve fruktoz kaynakları ile gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda ise zamana bağlı biyokütle gelişiminin tüm karbon kaynaklarından farklı olduğu ve ksiloz ve fruktoz kullanımının istatistiksel olarak biyokütle miktarında önemli etkisi olduğu belirlenmiştir ($P<0,01$).

Siyah çayda farklı karbon kaynakları (glukoz, fruktoz, sakkaroz, laktoz) kullanılarak fermentasyon gerçekleştirilen bir çalışmada, farklı karbon kaynaklarında gelişen biyokütle miktarı incelenmiştir. Her karbon kaynağında biyokütle gelişiminin olduğu, en fazla gelişimin glukoz ve sakkaroz şekerine ait örneklerde gerçekleştiği belirtilmiştir. En az gelişim ise fruktoz şekerindedir. Laktoz şekerindeki gelişimi ise diğerlerinin arasında bir değere sahiptir. Bu farklılığın kültür bileşimindeki mikroorganizmalardan ve karbon kaynağını kullanabilme kapasitesinden kaynaklandığı ifade edilmiştir (Kutluer, 2009).

4.4.5. Siyah çay Kombucha çayında fermentasyon süresince şeker tüketimi

Siyah çayın, 5 farklı karbon kaynağı (glukoz, ksiloz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz) ilavesi gerçekleştirilerek Kombucha kültürü ile inokülasyonu yapılmıştır. Fermentasyon sonucunda alınan örneklerde yapılan şeker analizi sonucunda, elde edilen değerler Çizelge 4.29’da verilmiştir.

Çeşitli karbon kaynaklarının Kombucha simbiyoz kültürü tarafından farklı oranlarda kullanıldığı gözlemlenmiştir. Kuşburnu- Kombucha çayı kullanılarak gerçekleştirilen şeker analizi sonucunda elde edilen verilere göre; tüm karbon kaynaklarında kullanılan toplam şeker miktarının fermentasyona bağlı olarak zamanla

azaldığı tespit edilmiştir. Siyah çay için en aktif kullanabildiği karbon kaynağı meyve çaylarından farklı olarak glukoz (22,63 g/L) iken en az kullanım ksiloz şekerinde (3,90 g/L) gerçekleşmiştir.

Siyah çay kullanılarak geliştirilen Kombucha çayında, karbon kaynakları kullanım miktarının genellikle meyve çaylarından düşük olduğu gözlemlenmiştir.

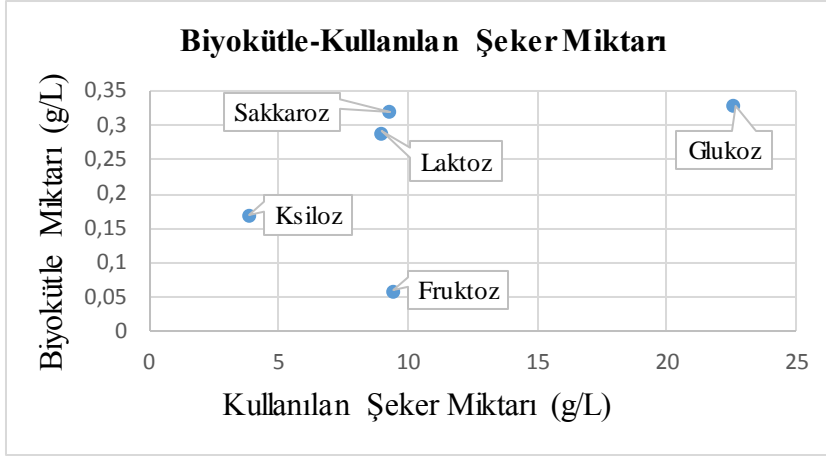
Çizelge 4.29. Siyah çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarında fermentasyon boyunca kullanılan şeker miktarı (g/L)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0.gün- 10. gün	22,63 ^a ±2,72	3,90 ^b ±2,69	9,43 ^b ±0,26	9,02 ^b ±3,71	9,32 ^b ±0,31

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak gerçekleştirilen istatistik hesaplamalarına göre; Kombucha kültürü her bir karbon kaynağını değişik miktarlarda kullanmıştır. Hesaplamalara bağlı elde edilen sonuçlar Çizelge 4.29'da verilmiştir. Ksiloz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz şekerleri kullanım miktarları bakımından farklı değerlere sahip olsa da bu karbon kaynaklarının tüketim miktarları bakımından istatistiksel bir farklılık etkisi gözlenmemiştir ($P>0,01$). Fermentasyon ortamında glukoz şekerinin kullanımının diğer karbon kaynaklarına göre daha fazla olmasının istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($P<0,01$).

Jayabalan vd (2010) tarafından siyah çayda 21 gün gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda Kombucha mantarı tarafından glukoz şekerinin fruktoz şekerine oranla daha hızlı kullanıldığı belirtilmiştir. Siyah çayda farklı karbon kaynakları (glukoz, fruktoz, sakkaroz, laktoz) kullanılarak fermentasyon gerçekleştirilen bir çalışmada, farklı karbon kaynaklarının kültür tarafından kullanılma miktarları incelenmiştir. Her karbon kaynağının biyokütle tarafından kullanıldığını, en fazla kullanılan şeker miktarının glukoz olduğu belirtilmiştir. Glukozdan sonra ise sakkaroz şekerine ait örneklerde gerçekleştiği belirtilmiştir. En az kullanılan miktar laktoz şekerine aittir. Fruktoz şekerinin ise laktoz şekerinden biraz daha fazla miktarda kullanıldığı belirtilmiştir (Kutluer, 2009). Elde edilen bulgular çalışma ile birebir örtüşmektedir.



Şekil 4.4. Siyah çayda farklı karbon kaynaklarına göre biyokütle-kullanılan şeker miktarı

Farklı karbon kaynakları kullanılarak siyah çayda gerçekleştirilen Kombucha fermentasyonu sonucuna ait biyokütle-kullanılan şeker miktarı grafiği Şekil 4.4'te verilmiştir. Şeker tüketimi ve biyokütle gelişimi en fazla glukoz şekerinde tespit edilmiştir. Kullanılan şeker miktarı, glukoz> fruktoz>sakkaroz>laktoz>ksiloz; biyokütle gelişim miktarı, glukoz>sakkaroz>laktoz>ksiloz>fruktoz olarak belirlenmiştir.

4.4.6. Siyah çay Kombucha çayında renk değerleri

4.4.6.1. *L* (açıklık- koyuluk) değeri değişimi

Siyah çayın ekstraksiyonu gerçekleştirilerek elde edilen başlangıç ve fermentasyonu tamamlanmış son güne ait örneklerde renk tayini analizine ait veriler Çizelge 4.30'da verilmiştir.

Yapılan çalışmalar neticesinde; farklı karbon kaynaklarına bağlı Kombucha fermentasyonunun gerçekleşmesi ve bu gelişime bağlı olarak elde edilen *L* (açıklık- koyuluk) değerleri incelenmiştir. Renk tayini analizi ile tüm karbon kaynaklarının tamamında değerlerin azaldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.30. Siyah çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki *L* (açıklık- koyuluk) değeri değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0	30,73 ^a ±0,39	33,91 ^a ±1,56	35,17 ^a ±0,16	34,31 ^a ±1,90	27,86 ^a ±0,29
10	11,35 ^a ±3,24	17,06 ^b ±1,48	31,51 ^b ±0,08	30,25 ^a ±2,06	23,75 ^a ±1,75

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- *L**: Açıklık-Koyuluk Ekseni Değeri
*L**/*L*, ışık geçirgenlik değerlerini, 0 (geçirgenlik yok) ve 100 (tamamen geçirgenlik)
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P < 0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Örneklerin fermentasyona bağlı olarak *L* (açıklık- koyuluk) değeri değişiminin önem seviyesi incelenmiştir. Bu amaçla her bir karbon kaynağının kendi içerisinde fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerine bağlı istatistik hesaplamaları yapılmıştır. Gerçekleştirilen sonuçlar doğrultusunda; glukoz, laktoz ve sakkaroz şekerleri ile elde edilen örneklerin, başlangıç ve son gün verileri arasında hiçbir fark olmadığı belirlenmiştir. Siyah çay kullanılarak gerçekleştirilen fermentasyon işleminin, ürünlerin renk değişiminde istatistiksel açıdan hiçbir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir ($P > 0,01$). Ksiloz ve fruktoz şekerlerinde ise, 10 günlük fermentasyon sonucunda elde edilen örneğin geçirgenliğinin azaldığı ve koyulaştığı saptanmıştır. Dolayısıyla bu karbon kaynaklarında gerçekleştirilen fermentasyon işleminin, renk geçirgenliği ve açıklık/koyuluk özelliklerini etkilediği belirlenmiştir. Bu etkinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($P < 0,01$).

4.4.6.2. *a* (kırmızılık- yeşillik) değeri değişimi

Estrakte edilmiş siyah çayın başlangıç günü ve fermentasyonu tamamlanmış son güne ait örneklerinde gerçekleştirilen renk tayini analizine ait elde edilen veriler Çizelge 4.31'de verilmiştir. Tüm karbon kaynaklarına ait siyah çay- Kombucha örnekleri *a*

(kırmızılık- yeşillik) değerlerinin zamanla fermentasyona bağlı olarak azaldığı saptanmıştır.

Çizelge 4.31. Siyah çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki *a* (kırmızılık- yeşillik) değeri değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0	39,75 ^a ±0,13	38,40 ^a ±1,15	40,15 ^a ±0,25	39,28 ^a ±1,52	37,38 ^a ±0,86
10	24,15 ^b ±2,07	27,01 ^b ±0,57	32,51 ^b ±0,54	33,15 ^a ±1,14	31,97 ^a ±0,93

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- *a**: Kırmızı-Yeşil Ekseni Değeri (*a**/*a* kırmızılık (-*a**/-*a*, yeşillik))
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak istatistiksel hesaplamaları gerçekleştirilen siyah çay- Kombucha çayı örneklerinin, fermentasyona bağlı olarak *a* (kırmızılık- yeşillik) değeri değişiminin önem seviyesi incelenmiştir. Bu amaçla her bir karbon kaynağının kendi içerisinde, fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerine bağlı istatistik hesaplamaları yapılmıştır. Gerçekleştirilen sonuçlar doğrultusunda; glukoz, ksiloz ve fruktoz şekerleri elde edilen örneklerin, başlangıç ve son gün verileri arasında önemli bir fark olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla bu üç karbon kaynağı ile gerçekleştirilen fermentasyon işleminin, *a* (kırmızılık- yeşillik) değeri değişimine etkisi istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,01$). Laktoz ve sakkaroz şekeri kullanılarak gerçekleştirilen fermentasyon örneklerine ait sonuçlarda ise hiçbir farkın olmadığı, fermentasyon işleminin *a* (kırmızılık- yeşillik) değeri değişiminde istatistiksel bir etkisi olmadığı saptanmıştır ($P>0,01$).

4.4.6.3. *b* (sarılık- mavilik) değeri değişimi

Siyah çay ekstraksiyonu sonrası alınan 0. güne ait örnek ve fermentasyonun son günü olan 10. güne ait örneklerde renk tayini analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda siyah çay- Kombucha fermente çayları ile elde edilen örneklerin *b* (sarılık- mavilik) değeri değişimine ait veriler Çizelge 4.32'de verilmiştir.

Analiz sonucunda elde edilen verilere göre; bütün karbon kaynaklarında fermentasyonu gerçekleştirilen Kombucha örneklerinin *b* (sarılık- mavilik) değerinin fermentasyona bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir. Siyah çayda belirlenen azalma miktarının meyve çaylarına oranla daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.32. Siyah çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki b (sarılık- mavilik) değeri değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0	52,48 ^a ±0,59	57,44 ^a ±2,60	59,41 ^a ±0,28	58,08 ^a ±3,17	47,65 ^a ±0,49
10	19,25 ^a ±5,65	29,18 ^b ±2,49	53,05 ^b ±0,23	51,19 ^a ±3,41	40,48 ^a ±2,82

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- b^* : Sarı-Mavi Ekseni Değeri (b^*/b sarılık ($-b^*/-b$, mavilik))
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak siyah çay- Kombucha çayında, fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerinin b (sarılık- mavilik) değeri değişimi ele alınmıştır. Bütün karbon kaynaklarına ait örneklerin kendi içerisinde fermentasyona bağlı olarak elde edilen değişimlerinin analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak ksiloz ve fruktoz şekeri haricinde tüm karbon kaynaklarına (glukoz, laktoz ve sakkaroz) ait örneklerin, birbirlerinden bir farkı olmadığı tespit edilmiştir. Siyah çay ile gerçekleştirilen fermentasyon işleminin b (sarılık- mavilik) değeri değişimine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı saptanmıştır ($P>0,01$). Ksiloz ve fruktoz şekerlerinde b (sarılık- mavilik) değeri değişiminde fermentasyonun ve zamanın etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,01$).

Kombucha fermentasyonu gerçekleştirilen bir başka çalışmada; siyah çay ve sakkaroz şekeri ile geliştirilen Kombucha çayı ve yoğurdun çeşitli alanlarda karşılaştırılması verilmiştir. Bu örneklerde fermentasyona bağlı olarak gerçekleşen renk değişimleri takip edilmiştir. b (sarılık- mavilik) değerinin fermentasyona bağlı azaldığı ifade edilmiştir. Ancak L , a , b değerlerinin fermentasyona bağlı olarak çok etkilenmediği ve değişiminin genellikle önemsiz olduğu belirtilmiştir (Hrnjez 2014).

4.5. Yeşil Çay

4.5.1. Yeşil çay Kombucha çayında pH değişimi

Yeşil çay ile gerçekleştirilen Kombucha çayına ait pH verileri Çizelge 4.33'de verilmiştir. Diğer çay örneklerinde olduğu gibi fermentasyon boyunca gerçekleştirilen ürünlerin pH değeri zamanla azalmıştır. En belirgin fark başlangıç pH değeri 5,67, son gün fermentasyon değeri 2,88 olan glukoz şekerine aittir.

Çizelge 4.33. Yeşil çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarına göre pH değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
B	5,67 ^a ±0,04	4,56 ^a ±0,07	4,39 ^a ±0,16	5,36 ^a ±0,01	5,65 ^a ±0,02
0	3,73 ^b ±0,03	4,40 ^b ±0,01	4,55 ^a ±0,01	4,40 ^b ±0,03	3,72 ^b ±0,01
2	3,50 ^c ±0,02	4,17 ^c ±0,01	4,01 ^b ±0,08	4,34 ^b ±0,08	3,60 ^{bc} ±0,03
4	3,14 ^d ±0,02	4,02 ^c ±0,03	3,45 ^c ±0,03	4,31 ^b ±0,04	3,62 ^{bc} ±0,04
6	3,01 ^e ±0,01	3,64 ^d ±0,01	3,29 ^{cd} ±0,02	4,39 ^b ±0,06	3,61 ^{bc} ±0,04
8	3,13 ^d ±0,01	3,43 ^e ±0,04	3,13 ^d ±0,01	4,34 ^b ±0,19	3,56 ^{bc} ±0,01
10	2,88 ^e ±0,03	3,27 ^e ±0,01	3,05 ^d ±0,02	4,16 ^b ±0,13	3,52 ^c ±0,03

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak gerçekleştirilen istatistiksel değerlendirme sonucu Çizelge 4.33'te verilmiştir. Fermentasyon işlemi boyunca değişen pH değerlerinde, zamanın istatistiksel olarak önemli bir etken olduğu kabul edilmiştir ($P<0,01$).

Kallel vd (2012) tarafından siyah çay ve yeşil çay kullanılarak sakkaroz şekerinde 2 hafta süreyle gerçekleştirilen Kombucha fermentasyonu sonucunda pH değerinin 5 değerinden 3-3,5 değerlerine hızla düştüğü belirtilmiştir. Çalışma sonuçları ile araştırma sonuçları örtüşmüştür.

4.5.2. Yeşil çay Kombucha çayında toplam fenolik madde miktarının değişimi

Yeşil çayda gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda elde edilen örneklerde, Folin Ciocalteu yöntemi ile yapılan fenolik madde miktarı analizi ve zamana bağlı değişimleri Çizelge 4.34'te verilmiştir.

Fenolik madde miktarı en yüksek fermente yeşil çay örneği, 1813,84 mg GAE/L değeri ile fruktoz şekerinin 8. gününe aittir. En düşük fenolik madde miktarı ise 1368,15 mg GAE/L ile glukoz başlangıç örneğinde belirlenmiştir.

Çizelge 4.34. Yeşil çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam fenolik madde miktarı değişimi (mg GAE/L)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
B	1368,15 ^d ±0,00	1541,82 ^a ±0,01	1772,52 ^a ±0,03	1427,81 ^a ±0,01	1432,18 ^a ±0,02
0	1391,58 ^{cd} ±0,01	1612,56 ^a ±0,07	1791,97 ^a ±0,03	1575,85 ^a ±0,07	1462,81 ^a ±0,03
2	1411,03 ^c ±0,03	1550,57 ^a ±0,02	1798,29 ^a ±0,02	1558,35 ^a ±0,07	1474,97 ^a ±0,03
4	1454,30 ^b ±0,01	1578,04 ^a ±0,07	1812,46 ^a ±0,03	1509,73 ^a ±0,06	1446,52 ^a ±0,01
6	1389,88 ^{cd} ±0,01	1605,27 ^a ±0,01	1782,24 ^a ±0,02	1520,67 ^a ±0,02	1379,43 ^a ±0,07
8	1495,63 ^a ±0,01	1570,02 ^a ±0,01	1813,84 ^a ±0,10	1417,84 ^a ±0,09	1428,05 ^a ±0,03
10	1369,00 ^d ±0,02	1601,13 ^a ±0,03	1674,79 ^a ±0,01	1492,96 ^a ±0,03	1435,34 ^a ±0,03

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Ürünlerin istatistiksel değerlendirmesi Duncan çoklu karşılaştırma testi ile gerçekleştirilmiştir. Buna bağlı olarak glukoz şekeri örneklerinde, zamanın fenolik madde miktarının değişimi üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0,01$). Diğer 4 karbon kaynağına ait örneklerin fenolik madde miktarı değişiminde fermentasyon ve zaman etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,01$).

Siyah çay ve yeşil çay ile sakkaroz şekeri kullanılarak 14 gün boyunca fermentasyonu gerçekleştirilen Kombucha örneklerinin Folin- Ciocalteu yöntemi yardımıyla fenolik madde miktarı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda mayalar ve bakterilerde bulunan enzimlerin, kompleks polifenollerin parçalanması sonucu Kombucha örneklerinin siyah çay ve yeşil çay ekstraktlarından daha fazla fenolik madde içerdiği belirtilmiştir (Bhattcharya vd 2013).

4.5.3. Yeşil çay Kombucha çayında antioksidan aktivitesi değişimi

Fermentasyon örneklerinde DPPH yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen antioksidan aktivitesini belirleme analizi sonucunda elde edilen veriler Çizelge 4.35'te verilmiştir.

Yeşil çayda antioksidan aktivitesinin en yüksek olduğu örnek, glukoz şekerinde ve fermentasyonun 4. gününde %189,66 olarak belirlenmiştir. En düşük antioksidan aktivite ise ksiloz şekerinin 2. gününde %68,84 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.35. Yeşil çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki antioksidan aktivitesi değişimi (% inhibisyon)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
B	90,83 ^c ±0,01	95,21 ^a ±0,01	73,92 ^a ±0,31	90,47 ^a ±0,03	91,89 ^a ±0,02
0	90,35 ^c ±0,01	94,34 ^a ±0,02	91,87 ^a ±0,07	92,42 ^a ±0,04	166,51 ^a ±0,06
2	147,7 ^b ±0,03	68,84 ^a ±0,46	92,17 ^a ±0,01	93,46 ^a ±0,03	160,47 ^a ±0,15
4	189,66 ^a ±0,03	90,46 ^a ±0,07	92,30 ^a ±0,00	92,85 ^a ±0,03	102,99 ^a ±0,02
6	134,95 ^{bc} ±0,02	92,65 ^a ±0,02	92,18 ^a ±0,01	87,86 ^a ±0,07	91,70 ^a ±0,01
8	82,76 ^c ±0,02	91,49 ^a ±0,01	92,40 ^a ±0,01	85,05 ^a ±0,17	135,82 ^a ±0,02
10	153,16 ^b ±0,02	93,34 ^a ±0,02	87,44 ^a ±0,02	81,98 ^a ±0,15	71,95 ^a ±0,38

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak gerçekleştirilen istatistiksel değerlendirme sonucu Çizelge 4.35'te verilmiştir. Her bir karbon kaynağının kendi içerisinde günlere bağlı istatistik hesaplamaları yapılmıştır. Sonuçlar doğrultusunda; yalnızca glukoz şekerinde gerçekleştirilen fermentasyon örnekleri arasında bir fark olduğu saptanmıştır. Glukoz şekerinde gerçekleştirilen fermentasyon için, zamanın antioksidan aktivitesi artış ya da azalışında istatistiksel olarak önemli bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir ($P<0,01$). Diğer 4 farklı karbon kaynağında (ksiloz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz) ise zamanın antioksidan aktivitesi üzerinde fark edilebilir bir etkisi olmadığı ve bu değişimin istatistiksel açıdan önem taşımadığı belirlenmiştir ($P>0,01$).

Siyah çay ve yeşilçay ile sakkaroz şekeri kullanılarak 14 gün boyunca fermentasyonu gerçekleştirilen Kombucha örneklerinin DPPH yöntemi kullanılarak antioksidan aktivitesi belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda mayalar ve bakterilerde bulunan enzimlerin, kompleks polifenollerin parçalaması sonucu Kombucha örneklerinin siyah çay ve yeşil çay ekstraktlarından daha fazla fenolik madde içerdiği belirtilmiştir. Bu fenolik ve flavonoid bileşenlerin antioksidan aktivitenin artmasında rol aldığı ifade edilmiştir (Bhattacharya vd 2013).

4.5.4. Yeşil çay Kombucha çayında toplam biyokütle miktarı

Hassas terazi ile tartımları gerçekleştirilen, farklı karbon kaynakları kullanılarak yeşil çayda Kombucha mantarı gelişimine ait bulgular Çizelge 4.36'da verilmiştir.

Yeşilçayda gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda; en fazla biyokütle gelişimi glukoz şekerinde 0,33 g/L, en az biyokütle gelişimi ise laktoz şekerinde 0,20 g/L olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.36. Yeşil çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki biyokütle miktarı (g/L)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
10	0,33 ^a ±0,10	0,25 ^a ±0,03	0,21 ^a ±0,03	0,20 ^a ±0,01	0,23 ^a ±0,04

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Fermentasyon işlemi tamamlanan Kombucha örneklerinin farklı karbon kaynaklarının kullanımına bağlı, gelişimleri arasındaki farklılıkların istatistiksel hesaplamaları yapılmıştır. Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak gerçekleştirilen değerlendirmeye göre Kombucha mantarı; tüm karbon kaynaklarında benzer bir biyokütle gelişimi göstermiştir. Buna bağlı olarak; yeşilçayda gerçekleştirilen fermentasyon ortamında farklı karbon kaynakları kullanımının, biyokütle gelişimi üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,01$).

Malbasa vd (2008a) tarafından gerçekleştirilen 70 g/L, 50 g/L ve 35 g/L konsantrasyonlarında sakkaroz ve melas ile siyah çayda Kombucha çayı elde edilmiştir. Yapılan çalışmada biyokütle gelişiminin çeşitli karbon kaynaklarında gözle görülebilir şekilde farklı miktarlarda geliştiği gözlemlenmiştir. Karbon kaynağı ve azot kaynağının biyokütle gelişimde önemli olduğu belirtilmiştir.

4.5.5. Yeşil çay Kombucha çayında fermentasyon süresince şeker tüketimi

Yeşil çay, önceden belirlenen koşullara uygun olarak ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon işlemi sonucunda elde edilen yeşil çaya 5 farklı karbon kaynağı (glukoz, ksiloz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz) ilavesi gerçekleştirilerek Kombucha kültürü ile inokülasyon yapılmıştır. Fermentasyon sonucunda ise kullanılan toplam şeker miktarı belirlenmiştir.

Çeşitli karbon kaynaklarının Kombucha simbiyoz kültürü tarafından farklı oranlarda kullanıldığı gözlemlenmiştir. Yeşil çay için en aktif kullanabildiği karbon kaynağı fruktoz 65,88 g/L iken en az kullanım ksiloz şekerinde 2,81 g/L gerçekleşmiştir.

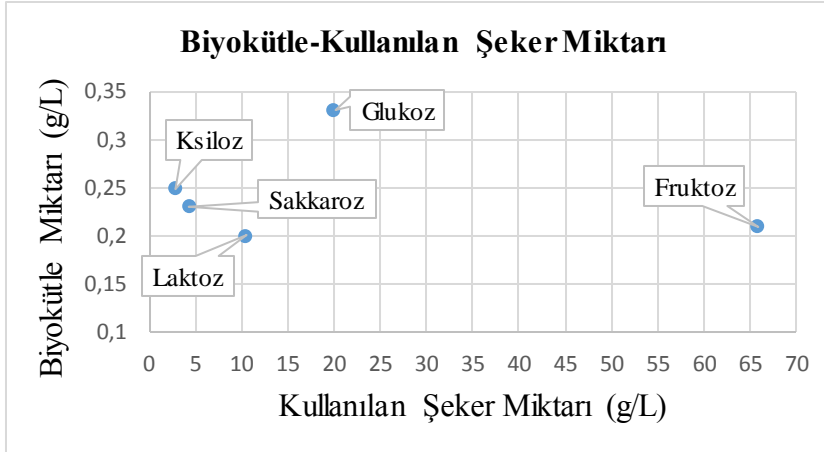
Çizelge 4.37. Yeşil çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarında fermentasyon boyunca kullanılan şeker miktarı (g/L)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları (g)				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0.gün- 10.gün	20,08 ^b ±3,71	2,81 ^c ±0,52	65,88 ^a ±6,59	10,46 ^{bc} ±0,89	4,47 ^c ±0,42

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak gerçekleştirilen istatistik hesaplamalara bağlı elde edilen sonuçlar Çizelge 4.37’de verilmiştir. Ksiloz ve sakkaroz şekerleri fermentasyon süresince Kombucha kültürü tarafından az miktarlarda kullanılmıştır. Ayrıca Kombucha simbiyoz kültürü tarafından kullanımının kendi aralarında istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir ($P>0,01$). Glukoz, fruktoz ve laktoz şekerleri kullanılarak elde edilen sonuçlarda ise; fermentasyon işleminin biyokütle gelişimi üzerinde istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($P<0,01$).

Kallel (2012) tarafından glukoz ve fruktoz şekeri ve siyahçay, yeşil çay ortamında gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda yeşil çayın fruktoz şekerinin siyah çaya oranla daha fazla kullanabildiğini ifade etmiştir. Siyah çayda fermentasyon boyunca 9,43 g kullanılan şeker miktarı, yeşil çay için 65,88 g olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.5. Yeşil çayda farklı karbon kaynaklarına göre biyokütle-kullanılan şeker miktarı

Yeşil çayda farklı karbon kaynakları kullanılarak gerçekleştirilen Kombucha fermentasyonu ile elde edilen biyokütle-kullanılan şeker miktarı grafiği Şekil 4.5’te verilmiştir. Şeker tüketimi en fazla fruktoz şekerine, en az ise ksiloz şekerinde belirlenmiştir. En fazla biyokütle gelişimi gerçekleştiren karbon kaynağı glukoz iken, en az biyokütle laktoz şekerinde tespit edilmiştir. Kullanılan şeker miktarı,

fruktoz>gluko>lakto>sakkaroz>ksiloz; biyokütle gelişim miktarı, glukoz>ksiloz>sakkaroz>fruktoz>laktoz olarak belirlenmiştir.

4.5.6. Yeşil çay Kombucha çayında renk değerleri

4.5.6.1. *L* (açıklık- koyuluk) değeri değişimi

Yeşil çayın ekstraksiyonu gerçekleştirilerek elde edilen başlangıç ve fermentasyonu tamamlanmış son güne ait örneklerde renk tayini analizine ait veriler Çizelge 4.38'de verilmiştir.

Çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre; farklı karbon kaynaklarına bağlı Kombucha fermentasyonunun gerçekleşmesi ve bu gelişime bağlı olarak elde edilen *L* (açıklık- koyuluk) değerleri incelenmiştir. Renk tayini analizi ile glukoz, fruktoz ve sakkaroz şekerlerine ait örneklerde değerlerin azaldığı belirlenmiştir. Ksiloz ve laktoz şekerinde ise değerlerin arttığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.38. Yeşil çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki *L* (açıklık- koyuluk) değeri değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0	48,23 ^a ±1,82	48,42 ^a ±0,39	52,23 ^a ±0,18	51,51 ^a ±0,40	46,34 ^a ±0,67
10	20,83 ^b ±2,79	48,56 ^a ±0,29	30,81 ^b ±0,50	58,27 ^a ±0,00	41,48 ^a ±1,34

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- *L**: Açıklık-Koyuluk Ekseni Değeri
*L**/*L*, ışık geçirgenlik değerlerini, 0 (geçirgenlik yok) ve 100 (tamamen geçirgenlik)
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak istatistiksel hesaplamaları gerçekleştirilen yeşil çay- Kombucha çayı örneklerinin, renk tayini analizlerine ait bulgular Çizelge 4.38'de verilmiştir. Bu amaçla her bir karbon kaynağının kendi içerisinde fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerine bağlı istatistik hesaplamaları yapılmıştır. Gerçekleştirilen sonuçlar doğrultusunda; ksiloz laktoz ve sakkaroz şekerleri ile elde edilen örneklerin, başlangıç ve son gün verileri arasında hiçbir fark olmadığı belirlenmiştir. Yeşil çayda; ksiloz, laktoz ve sakkaroz şekerleri kullanılarak gerçekleştirilen fermentasyon işleminin, ürünlerin renk değişiminde istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,01$). Glukoz ve fruktoz şekerlerinde ise, 10 günlük fermentasyon sonucunda elde edilen örneğin geçirgenliğinin azaldığı ve koyulaştığı saptanmıştır. Dolayısıyla bu karbon kaynaklarında gerçekleştirilen fermentasyon işleminin, renk geçirgenliği ve açıklık/koyuluk özelliklerini etkilediği ve bu etkinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0,01$).

4.5.6.2. *a* (kırmızılık- yeşillik) değeri değışimi

Estrakte edilmiş yeşil çayın başlangıç günü ve fermentasyonu tamamlanmış son güne ait örneklerinde gerçekleştirilen renk tayini analizine ait elde edilen veriler Çizelge 4.39'da verilmiştir. Tüm karbon kaynaklarına ait yeşil çay- Kombucha örnekleri *a* (kırmızılık- yeşillik) değerlerinin, zamanla fermentasyona bağlı olarak azaldığı saptanmıştır.

Çizelge 4.39. Yeşil çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki *a* (kırmızılık- yeşillik) değeri değışimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0	27,98 ^a ±0,21	28,43 ^a ±0,16	28,16 ^a ±0,71	27,98 ^a ±0,31	29,24 ^a ±1,48
10	15,49 ^b ±0,33	21,46 ^b ±0,16	18,56 ^b ±0,31	26,26 ^a ±8,05	23,82 ^a ±0,26

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- *a**: Kırmızı-Yeşil Ekseni Değeri (*a**/*a* kırmızılık (-*a**/-*a*, yeşillik))
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P < 0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak istatistiksel hesaplamaları gerçekleştirilen yeşil çay- Kombucha çayı örneklerinin, fermentasyona bağlı olarak *a* (kırmızılık- yeşillik) değeri değışiminin önem seviyesi incelenmiştir. Bu amaçla her bir karbon kaynağının kendi içerisinde, fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerine bağlı istatistik hesaplamaları yapılmıştır. Gerçekleştirilen sonuçlar doğrultusunda; glukoz, ksiloz ve fruktoz şekerleri ile elde edilen örneklerin, *a* (kırmızılık- yeşillik) değeri değışimi üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P < 0,01$). Laktoz ve sakkaroz şekeri kullanılarak gerçekleştirilen fermentasyon örneklerine ait sonuçlarda ise hiçbir farkın olmadığı, fermentasyonun *a* (kırmızılık- yeşillik) değeri değışimine istatistiksel olarak önemli etkisi bulunmadığı saptanmıştır ($P > 0,01$).

4.5.6.3. *b* (sarılık- mavilik) değeri değışimi

Yeşil çay ekstraksiyonu sonrası alınan 0. güne ait örnek ve fermentasyonun son günü olan 10. güne ait örneklerde renk tayini analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda yeşil çay- Kombucha fermente çayları ile elde edilen örneklerin *b* (sarılık- mavilik) değeri değışimine ait veriler Çizelge 4.40'ta verilmiştir.

Analiz sonucunda elde edilen verilere göre; bütün karbon kaynaklarında fermentasyonu gerçekleştirilen Kombucha örneklerinin *b* (sarılık- mavilik) değerinin fermentasyona bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.40. Yeşil çaya ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki *b* (sarılık- mavilik) değeri değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0	79,26 ^a ±2,26	79,36 ^a ±0,66	83,83 ^a ±0,10	82,64 ^a ±0,58	77,13 ^a ±1,37
10	34,28 ^b ±4,32	70,03 ^b ±0,84	48,24 ^b ±0,85	80,22 ^a ±0,00	67,12 ^a ±1,68

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- *b**: Sarı-Mavi Ekseni Değeri (*b**/*b* sarılık (-*b**/-*b*, mavilik))
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P < 0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak yeşil çay- Kombucha çayında, fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerinin *b* (sarılık- mavilik) değeri değişimi ele alınmıştır. Bütün karbon kaynaklarına ait örneklerin kendi içerisinde fermentasyona bağlı olarak elde edilen değişimlerinin analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak glukoz, ksiloz ve fruktoz şekeri haricinde tüm karbon kaynaklarına (laktoz ve sakkaroz) ait örneklerin, birbirlerinden bir farkı olmadığı tespit edilmiştir. Yeşil çay ekstraktına laktoz ve sakkaroz ilavesi ile gerçekleştirilen fermentasyon işleminin *b* (sarılık- mavilik) değeri değişimine istatistiksel olarak önemli bir etkisi olmadığı saptanmıştır ($P > 0,01$). Glukoz, ksiloz ve fruktoz şekerlerinde gerçekleştirilen Kombucha fermentasyonu sonucunda ise bu karbon kaynaklarının *b* (sarılık- mavilik) değeri değişimi üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin bulunduğu tespit edilmiştir ($P < 0,01$).

Kombucha fermentasyonu gerçekleştirilen bir başka çalışmada; siyah çay ve sakkaroz şekeri ile geliştirilen Kombucha çayı ve yoğurdun çeşitli alanlarda karşılaştırılması verilmiştir. Bu örneklerde fermentasyona bağlı olarak gerçekleşen renk değişimleri takip edilmiştir. *b* (sarılık- mavilik) değerinin fermentasyona bağlı azaldığı ifade edilmiştir. Ancak *L*, *a*, *b* değerlerinin fermentasyona bağlı olarak çok etkilenmediği ve değişiminin genellikle önemsiz olduğu belirtilmiştir (Hrnjez 2014).

4.6. Adaçayı

4.6.1. Adaçayı Kombucha çayında pH değişimi

Fermentasyon süresince adaçayı-Kombucha çayında gerçekleştirilen pH analizine ait sonuçlar Çizelge 4.41’de verilmiştir. Kombucha örneklerinde pH değeri zaman ilerledikçe azalmıştır. Asitlik değeri en yüksek olan karbon kaynağı glukoz şekerine ait son gün örneğinde 2,97 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.41. Adaçayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarına göre pH değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
B	6,25 ^a ±0,04	5,82 ^a ±0,01	5,63 ^a ±0,03	5,77 ^a ±0,00	6,31 ^a ±0,03
0	3,86 ^b ±0,01	4,70 ^b ±0,04	4,08 ^b ±0,03	4,22 ^b ±0,01	4,88 ^b ±0,08
2	3,71 ^{bc} ±0,01	4,28 ^c ±0,00	4,01 ^b ±0,02	4,16 ^{bc} ±0,01	4,62 ^{bc} ±0,02
4	3,54 ^c ±0,15	4,07 ^{cd} ±0,01	3,78 ^c ±0,00	4,05 ^c ±0,01	4,43 ^c ±0,09
6	3,48 ^c ±0,03	3,98 ^{de} ±0,08	3,64 ^d ±0,02	4,03 ^c ±0,01	3,89 ^d ±0,09
8	3,12 ^d ±0,01	3,93 ^{de} ±0,08	3,52 ^d ±0,02	3,86 ^d ±0,01	3,62 ^e ±0,06
10	2,97 ^d ±0,01	3,81 ^e ±0,07	3,33 ^e ±0,06	3,66 ^e ±0,09	3,58 ^e ±0,01

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi ile gerçekleştirilen istatistik sonuçlarına göre; Adaçayı kullanılarak hazırlanan Kombucha örneklerinde pH değerinin tüm karbon kaynaklarında zamana bağlı olarak değişiklik gösterdiği ve her bir karbon kaynağı için fermentasyon etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu gözlemlenmiştir ($P<0,01$).

Yapılan çalışmada gözlemlenen bir diğer nokta ise; bitki çaylarından elde edilen Kombucha ürünlerinin pH değeri açısından meyve çaylarına oranla daha yüksek olmasıdır. Bu da asidik özelliğin daha az olmasını tercih edenler için olumlu bir özellik olup bitki çaylarının ön plana çıkmasını sağlamaktadır.

Adaçayı ekstraktı ve 70 g/L sakkaroz şekeri kullanılarak gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda adaçayına ait pH değerinin 3,6’ya düştüğü belirtilmiştir. Fermentasyon sonrasında asitlik değerinin arttığı ve pH derecesinin düştüğü ifade edilmiştir (Velićanski vd 2013).

4.6.2. Adaçayı Kombucha çayında toplam fenolik madde miktarının değişimi

Adaçayı ekstraktına 5 farklı karbon kaynağı ilavesi ile gerçekleştirilen fermentasyon sonucu elde edilen ürünlerin fenolik madde miktarı analizi sonuçları Çizelge 4.42’de verilmiştir. Fruktoz şekeri ile hazırlanan örneklere ait sonuçlarda fenolik

madde miktarının daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ksiloz şekeri haricindeki tüm karbon kaynaklarında, son gün örneklerindeki fenolik madde miktarının başlangıç örneklerinden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Adaçayında farklı karbon kaynakları ile gerçekleştirilen fermentasyon örneklerinde; en yüksek fenolik madde miktarı 741,30 mg GAE/L ile fruktoz şekerinin 8. gününde, en düşük fenolik madde miktarı ise 519,59 mg GAE/L ile glukoz şekerinin 6. gününde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.42. Adaçayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam fenolik madde miktarı değişimi (mg GAE/L)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
B	524,70 ^c ±0,00	630,93 ^{bc} ±0,01	673,72 ^a ±0,01	612,21 ^a ±0,02	544,63 ^a ±0,02
0	540,26 ^{abc} ±0,01	632,39 ^{bc} ±0,01	731,57 ^a ±0,04	645,03 ^a ±0,02	555,81 ^a ±0,01
2	563,35 ^a ±0,01	630,93 ^{bc} ±0,03	660,59 ^a ±0,08	598,84 ^a ±0,01	566,51 ^a ±0,02
4	553,14 ^{ab} ±0,01	633,61 ^{bc} ±0,01	736,19 ^a ±0,02	633,85 ^a ±0,04	549,49 ^a ±0,04
6	519,59 ^c ±0,01	656,70 ^{ab} ±0,02	741,00 ^a ±0,02	634,33 ^a ±0,03	532,96 ^a ±0,01
8	530,78 ^{bc} ±0,02	672,26 ^a ±0,02	741,30 ^a ±0,02	615,86 ^a ±0,00	538,07 ^a ±0,01
10	531,26 ^{bc} ±0,00	628,74 ^c ±0,01	697,05 ^a ±0,01	630,69 ^a ±0,01	576,96 ^a ±0,03

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P < 0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

İstatistiksel değerlendirmeler sonucunda; glukoz ve ksiloz şekerine ait örneklerde zamanın fenolik madde miktarı değişimine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu gözlemlenmiştir ($P < 0,01$). Duncan çoklu karşılaştırma testine göre; fruktoz, laktoz ve sakkaroz kaynaklarının fenolik madde miktarı değişiminde ise fermentasyonun fenolik madde miktarı değişimi üzerine etkisinin bu karbon kaynakları için istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ($P > 0,01$).

Bhattacharya vd (2013) tarafından siyah çay ve yeşil çay ile sakkaroz şekeri kullanılarak 14 gün boyunca fermentasyonu gerçekleştirilen Kombucha örneklerinin fenolik madde miktarı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda mayalar ve bakterilerde bulunan enzimlerin, kompleks polifenollerin parçalanması sonucu Kombucha örneklerinin siyah çay ve yeşil çay ekstraktlarından daha fazla fenolik madde içerdiği belirtilmiştir.

4.6.3. Adaçayı Kombucha çayında antioksidan aktivitesi değişimi

Fermentasyon örneklerinde DPPH yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen antioksidan aktivitesini belirleme analizi sonucunda elde edilen veriler Çizelge 4.43'te verilmiştir. Farklı karbon kaynaklarına göre antioksidan değişse de genel olarak inokülasyon ve ardındaki günlerde antioksidan aktivitenin arttığı tespit edilmiştir.

Sakkaroz şekerinde gerçekleştirilen fermentasyon örneğine bağlı verilerde ise antioksidan aktivitenin azaldığı gözlemlenmiştir.

Adaçayı örneklerinde en yüksek antioksidan aktivite %34,57 ile ksiloz şekerinin 2. gününe ait örnekte, en düşük antioksidan aktivite ise %24 ile glukoz şekerinin 6. gününe ait örnekte belirlenmiştir.

Çizelge 4.43. Adaçayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam antioksidan aktivitesi değişimi (% inhibisyon)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
B	26,54 ^{abc} ±0,00	29,05 ^b ±0,04	24,44 ^c ±0,02	24,67 ^c ±0,02	30,90 ^a ±0,02
0	27,16 ^{abc} ±0,01	29,85 ^c ±0,02	29,77 ^{ab} ±0,01	27,32 ^{bc} ±0,01	28,66 ^{ab} ±0,00
2	22,58 ^d ±0,01	34,57 ^a ±0,04	30,01 ^{ab} ±0,03	31,65 ^a ±0,02	28,66 ^{ab} ±0,06
4	28,05 ^{ab} ±0,01	30,42 ^{ab} ±0,02	28,42 ^b ±0,01	29,52 ^{ab} ±0,01	20,29 ^c ±0,04
6	24,00 ^{cd} ±0,01	30,10 ^{ab} ±0,01	32,26 ^a ±0,02	25,73 ^c ±0,01	24,41 ^{bc} ±0,01
8	28,38 ^a ±0,02	26,62 ^b ±0,02	27,64 ^b ±0,02	30,17 ^{ab} ±0,03	24,90 ^{bc} ±0,01
10	24,48 ^{bcd} ±0,00	27,51 ^b ±0,01	27,48 ^b ±0,00	28,91 ^{ab} ±0,01	25,09 ^{bc} ±0,00

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak her bir karbon kaynağının kendi içerisinde günlere bağlı istatistik hesaplamaları yapılmıştır. Sonuçlar doğrultusunda; tüm karbon kaynaklarında gerçekleştirilen fermentasyon örnekleri arasında önemli bir fark olduğu, zaman etkisinin antioksidan aktivitesi artış ya da azalışında istatistiksel olarak önemli bir etkisi olduğu gözlemlenmiştir ($P<0,01$).

Yapılan bir başka çalışmaya göre; fenolik madde ve antioksidan aktivitenin değişmesinde kültürün bileşimi ve fermentasyon substrat ortamı çok önemli bir etkidir. 8 farklı Kombucha örneğinin 15 gün süreyle fermentasyonu gerçekleştirilmiştir. Çalışmada karbon kaynağı olarak 100 /L sükröz kullanılmıştır. Bu çalışma sonucunda antioksidan aktivitenin artış gösterdiği ancak her bir ortamda farklı miktarlarda arttığı belirlenmiştir (Chu ve Chen 2006).

4.6.4. Adaçayı Kombucha çayında toplam biyokütle miktarı

Toplam biyokütle miktarının belirlenmesi amacıyla, farklı karbon kaynakları ile elde edilen Kombucha örneklerinin fermentasyon işlemleri tamamlanarak toplam biyokütle gelişim miktarları belirlenmiştir. Hassas terazi ile tartımları gerçekleştirilen adaçayında Kombucha mantarı gelişimine ait bulgular Çizelge 4.44'te verilmiştir.

En fazla biyokütle gelişimi glukoz şekerinde 0,28 g/L, en az biyokütle gelişimi ise fruktoz şekerinde 0,13 g/L olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.44. Adaçayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam biyokütle miktarı (g/L)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
10	0,28 ^a ±0,04	0,15 ^a ±0,01	0,13 ^a ±0,03	0,22 ^a ±0,01	0,20 ^a ±0,45

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Fermentasyon işlemi tamamlanan Kombucha örneklerinin farklı karbon kaynaklarının kullanımına bağlı gelişimleri arasındaki farklılıkların istatistiksel hesaplamaları yapılmıştır. Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak gerçekleştirilen değerlendirmeye göre Kombucha mantarı; tüm karbon kaynaklarında benzer bir biyokütle gelişimi göstermiştir. Buna bağlı olarak, farklı karbon kaynaklarının biyokütle gelişimi üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etki oluşturmadığı tespit edilmiştir ($P>0,01$).

Velicanski vd (2013) tarafından adaçayı kullanılarak fermentasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. 70 g/L sakkaroz şekeri ve % 10 kültür inokülasyonu ile gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda biyokütle miktarının arttığı ifade edilmiştir.

4.6.5. Adaçayı Kombucha çayında fermentasyon süresince şeker tüketimi

Adaçayı, önceden belirlenen koşullara uygun olarak ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon işlemi sonucunda elde edilen yeşil çaya 5 farklı karbon kaynağı (glukoz, ksiloz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz) ilavesi gerçekleştirilerek Kombucha kültürü ile inokülasyon yapılmıştır. Fermentasyon sonucunda ise kullanılan toplam şeker miktarı belirlenmiştir. Çeşitli karbon kaynaklarının Kombucha simbiyoz kültürü tarafından farklı oranlarda kullanıldığı gözlemlenmiştir. Adaçayı için en aktif kullanabildiği karbon kaynağı fruktoz (22,13 g/L) iken en az kullanım laktoz şekerinde (3,55 g/L) gerçekleşmiştir.

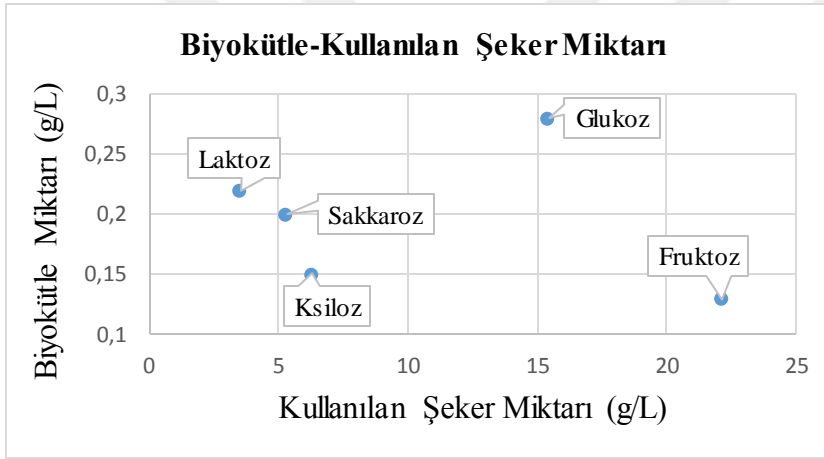
Çizelge 4.45. Adaçayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarında fermentasyon boyunca kullanılan şeker miktarı (g/L)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları (g)				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0.gün- 10.gün	15,45 ^{ab} ±0,89	6,30 ^b ±1,12	22,13 ^a ±6,20	3,55 ^b ±0,01	5,32 ^b ±0,42

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak gerçekleştirilen istatistik hesaplamalarına göre; Kombucha kültürü her bir karbon kaynağını değişik miktarlarda kullanmıştır. Ksiloz, laktoz ve sakkaroz şekerleri fermentasyon süresince Kombucha kültürü tarafından az miktarlarda kullanılmıştır. Ayrıca kendi aralarında şeker tüketimi bakımından istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir ($P>0,01$). Glukoz ve fruktoz ve şekerlerinde ise kullanım açısından diğer karbon kaynaklarına göre farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak farklı karbon kaynaklarının kullanım etkisinin istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0,01$).

Siyah çayda farklı karbon kaynakları (glukoz, fruktoz, sakkaroz, laktoz) kullanılarak fermentasyon gerçekleştirilen bir çalışmada, farklı karbon kaynaklarının kültür tarafından kullanılma miktarları incelenmiştir. Her karbon kaynağının biyokütle tarafından kullanıldığını, en fazla kullanılan şeker miktarının glukoz olduğu belirtilmiştir. Glukozdan sonra ise sakkaroz şekerine ait örneklerde gerçekleştiği belirtilmiştir. En az kullanılan miktar laktoz şekerine aittir (Kutluer, 2009). Elde edilen bulgular çalışma ile birebir örtüşmektedir.



Şekil 4.6. Adaçayında farklı karbon kaynaklarına göre biyokütle-kullanılan şeker miktarı

Adaçayında farklı karbon kaynakları kullanılarak gerçekleştirilen Kombucha fermentasyonu ile elde edilen biyokütle-kullanılan şeker miktarı grafiği Şekil 4.6'da verilmiştir. Şeker tüketimi en fazla fruktoz şekerine, en az ise laktoz şekerinde belirlenmiştir. En fazla biyokütle gelişimi gerçekleşen karbon kaynağı glukoz iken, en az biyokütle fruktoz şekerinde tespit edilmiştir. Kullanılan şeker miktarı, fruktoz>glukoz>ksiloz>sakkaroz>laktoz; biyokütle gelişim miktarı, glukoz>laktoz>sakkaroz>ksiloz>fruktoz olarak belirlenmiştir.

4.6.6. Adaçayı Kombucha çayında renk değerleri

4.6.6.1. *L* (açıklık- koyuluk) değeri değişimi

Adaçayının ekstraksiyonu gerçekleştirilerek elde edilen başlangıç ve fermentasyonu tamamlanmış son güne ait örneklerde renk tayini analizine ait veriler Çizelge 4.46'da verilmiştir.

Çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre; farklı karbon kaynaklarına bağlı Kombucha fermentasyonunun gerçekleşmesi ve bu gelişime bağlı olarak elde edilen *L* (açıklık- koyuluk) değerleri incelenmiştir. Renk tayini analizi ile fruktoz, laktoz ve sakkaroz şekerlerine ait örneklerde değerlerin arttığı tespit edilmiştir. Glukoz ve ksiloz şekerlerine ait örneklerde ise değerlerin azaldığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.46. Adaçayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki *L* (açıklık- koyuluk) değeri değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0	42,67 ^a ±1,36	44,08 ^a ±0,52	42,45 ^a ±0,74	44,78 ^a ±0,28	29,23 ^a ±1,63
10	32,89 ^b ±0,17	37,81 ^a ±1,35	45,14 ^a ±1,34	46,89 ^a ±1,61	37,38 ^a ±0,40

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- *L**: Açıklık-Koyuluk Ekseni Değeri
*L**/*L*, ışık geçirgenlik değerlerini, 0 (geçirgenlik yok) ve 100 (tamamen geçirgenlik)
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak istatistiksel hesaplamaları gerçekleştirilen adaçayı- Kombucha çayı örneklerinin, renk tayini analizlerine ait bulgular Çizelge 4.46'da verilmiştir. Her bir karbon kaynağının kendi içerisinde fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerine bağlı istatistik hesaplamaları yapılmıştır. Gerçekleştirilen sonuçlar doğrultusunda; glukoz şekeri haricinde diğer karbon kaynakları (ksiloz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz) ile elde edilen örneklerin, başlangıç ve son gün verileri arasında hiçbir fark olmadığı belirlenmiştir. Buna göre; adaçayı kullanılarak gerçekleştirilen fermentasyonda, 4 karbon kaynağı açısından ürünlerin renk değişimine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ($P>0,01$). Glukoz şekerinde ise, 10 günlük fermentasyon sonucunda elde edilen örneğin geçirgenliğinin azaldığı ve koyulaştığı saptanmıştır. Glukoz şekerinde gerçekleştirilen fermentasyon işleminin, renk geçirgenliği ve açıklık/koyuluk özelliklerini etkilediği belirlenmiştir. Bu etkinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($P<0,01$).

4.6.6.2. *a* (kırmızılık- yeşillik) değeri değişimi

Estrakte edilmiş adaçayının başlangıç günü ve fermentasyonu tamamlanmış son güne ait örneklerinde gerçekleştirilen renk tayini analizine ait elde edilen veriler Çizelge 4.47'de verilmiştir. Tüm karbon kaynaklarına ait adaçayı- Kombucha örnekleri *a*

(kırmızılık- yeşillik) değerlerinin zamanla fermentasyona bağlı olarak azaldığı saptanmıştır.

Çizelge 4.47. Adaçayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki *a* (kırmızılık- yeşillik) değeri değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0	31,23 ^a ±0,53	26,35 ^a ±0,10	30,57 ^a ±0,46	28,18 ^a ±0,28	26,56 ^a ±0,36
10	23,87 ^b ±0,13	22,88 ^b ±0,32	23,32 ^b ±0,39	22,93 ^b ±0,42	24,78 ^a ±0,04

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- *a**: Kırmızı-Yeşil Eksen Değeri (*a**/*a* kırmızılık (-*a**/-*a*, yeşillik))
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak istatistiksel hesaplamaları gerçekleştirilen adaçayı- Kombucha çayı örneklerinin, fermentasyona bağlı olarak *a* (kırmızılık- yeşillik) değeri değişiminin önem seviyesi incelenmiştir. Bu amaçla her bir karbon kaynağının kendi içerisinde, fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerine bağlı istatistik hesaplamaları yapılmıştır. Gerçekleştirilen sonuçlar doğrultusunda; glukoz, ksiloz, fruktoz ve laktoz şekerleri ile elde edilen örneklerin, başlangıç ve son gün verileri arasında farklılık olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla bu dört karbon kaynağı ile gerçekleştirilen fermentasyon işleminin, *a* (kırmızılık- yeşillik) değeri değişimine olan etkisi istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,01$). Sakkaroz şekeri kullanılarak gerçekleştirilen fermentasyon örneklerine ait sonuçlarda ise, fermentasyon işleminin *a* (kırmızılık- yeşillik) değeri değişimine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,01$).

4.6.6.3. *b* (sarılık- mavilik) değeri değişimi

Adaçayı ekstraksiyonu sonrası alınan 0. güne ait örnek ve fermentasyonun son günü olan 10. güne ait örneklerde renk tayini analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda adaçayı- Kombucha fermente çayları ile elde edilen örneklerin *b* (sarılık- mavilik) değeri değişimine ait veriler Çizelge 4.48'de verilmiştir.

Analiz sonucunda elde edilen verilere göre; bütün karbon kaynaklarında fermentasyonu gerçekleştirilen Kombucha örneklerinin *b* (sarılık- mavilik) değerinin fermentasyon sonucunda azaldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.48. Adaçayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki *b* (sarılık- mavilik) değeri değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0	68,83 ^a ±1,96	68,47 ^a ±0,63	68,14 ^a ±1,20	69,94 ^a ±0,41	48,70 ^a ±2,50
10	52,73 ^b ±0,27	58,90 ^a ±1,73	66,66 ^a ±1,47	68,29 ^a ±1,59	59,31 ^a ±0,64

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- *b**: Sarı-Mavi Ekseni Değeri (*b**/*b* sarılık (-*b**/-*b*, mavilik))
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P < 0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak adaçayı- Kombucha çayında, fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerinin *b* (sarılık- mavilik) değeri değişimi ele alınmıştır. Sonuç olarak glukoz şekeri haricinde tüm karbon kaynaklarına (ksiloz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz) ait örneklerde gerçekleştirilen fermentasyon işleminin *b* (sarılık- mavilik) değeri değişimine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P > 0,01$). Glukoz şekeri kullanılarak gerçekleştirilen Kombucha fermentasyonu sonucunda ise *b* (sarılık- mavilik) değeri değişiminin istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir ($P < 0,01$).

Kombucha fermentasyonu gerçekleştirilen bir başka çalışmada; siyah çay ve sakkaroz şekeri ile geliştirilen Kombucha çayı ve yoğurdun çeşitli alanlarda karşılaştırılması verilmiştir. Bu örneklerde fermentasyona bağlı olarak gerçekleşen renk değişimleri takip edilmiştir. *b* (sarılık- mavilik) değerinin fermentasyona bağlı azaldığı ifade edilmiştir. Ancak *L*, *a*, *b* değerlerinin fermentasyona bağlı olarak çok etkilenmediği ve değişiminin genellikle önemsiz olduğu belirtilmiştir (Hrnjez 2014). Tez kapsamında elde edilen değerlerle çalışma uygunluk göstermektedir.

4.7. Kahve

4.7.1. Kahve Kombucha çayında pH değişimi

Kahve ekstraktı kullanılarak geliştirilen Kombucha örneklerinin pH analizi sonucu elde edilen değerler Çizelge 4.49' da verilmiştir. Tüm karbon kaynakları için pH değerleri fermentasyona bağlı olarak zamanla azalmıştır.

Tüm karbon kaynaklarında gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda en düşük pH değeri glukoz şekerine ait örnekte 3,22 olarak belirlenmiştir. En yüksek pH değeri ise 3,52 değeri sakkaroz şekerine aittir.

Çizelge 4.49. Kahve örneklerinde farklı şeker kaynaklarına göre pH değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
B	6,24 ^a ±0,03	5,20 ^a ±0,01	5,67 ^a ±0,03	5,19 ^a ±0,01	5,65 ^a ±0,02
0	4,22 ^b ±0,01	4,22 ^b ±0,04	4,05 ^b ±0,01	4,26 ^b ±0,01	3,72 ^b ±0,01
2	3,85 ^c ±0,02	4,06 ^c ±0,04	3,80 ^c ±0,07	4,00 ^c ±0,04	3,62 ^b ±0,03
4	3,65 ^d ±0,01	3,71 ^d ±0,02	3,59 ^d ±0,01	3,73 ^d ±0,03	3,62 ^c ±0,04
6	3,50 ^e ±0,04	3,55 ^e ±0,04	3,54 ^{de} ±0,01	3,71 ^d ±0,00	3,61 ^{cd} ±0,04
8	3,39 ^f ±0,02	3,46 ^e ±0,04	3,43 ^{ef} ±0,00	3,57 ^e ±0,01	3,56 ^{de} ±0,01
10	3,22 ^g ±0,01	3,32 ^f ±0,02	3,32 ^f ±0,02	3,46 ^f ±0,02	3,52 ^e ±0,03

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak gerçekleştirilen istatistiksel değerlendirmeye göre; pH değerinin azalmasında fermentasyon ve zaman etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($P<0,01$). Fermentasyon boyunca değerler arasında en büyük farklılık başlangıç pH değeri 6,24, son gün pH değeri 3,22 olan glukoz şekerinde gözlemlenmiştir.

Watawana vd.'ne (2015) göre, kahve kullanılarak 7 gün süreyle fermentasyon işlemi gerçekleştirilecek Kombucha örneğinin pH değeri 5'den 4.1'e düşmüştür. Fermentasyonun devam ettirilmesi sonucunda pH değerinin daha da düşmesi öngörülmektedir. Sonuçların çalışma ile örtüştüğü düşünülmektedir.

4.7.2. Kahve Kombucha çayında toplam fenolik madde miktarının değişimi

Kahve ekstraktı ile gerçekleştirilen fenolik madde miktarı analizlerinde elde edilen veriler Çizelge 4.50'de verilmiştir. Tüm karbon kaynaklarında, son güne ait fenolik madde miktarının başlangıç fenolik madde miktarından fazla olduğu belirlenmiştir.

Fenolik madde miktarı en yüksek örnek 577,69 mg GAE/L değeri ile fruktoz şekerinin 4. gününde gözlemlenmiştir. En düşük fenolik madde miktarı ise 484,59 mg GAE/L ile glukoz başlangıç örneğinde belirlenmiştir.

Çizelge 4.50. Kahve örneklerinde farklı şeker kaynaklarındaki toplam fenolik madde miktarı değişimi (mg GAE/L)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
B	484,59 ^a ±0,03	512,79 ^a ±0,02	542,93 ^b ±0,02	486,05 ^b ±0,01	503,31 ^a ±0,01
0	504,52 ^a ±0,02	546,82 ^a ±0,02	553,63 ^{ab} ±0,01	545,85 ^a ±0,02	514,97 ^a ±0,03
2	510,11 ^a ±0,02	544,87 ^a ±0,03	582,56 ^a ±0,02	504,03 ^{ab} ±0,01	526,89 ^a ±0,01
4	516,19 ^a ±0,02	530,01 ^a ±0,01	577,69 ^{ab} ±0,02	505,49 ^{ab} ±0,02	519,11 ^a ±0,03
6	487,50 ^a ±0,00	532,96 ^a ±0,02	580,37 ^a ±0,01	533,69 ^{ab} ±0,01	521,78 ^a ±0,02
8	489,48 ^a ±0,02	542,44 ^a ±0,00	552,17 ^{ab} ±0,03	509,87 ^{ab} ±0,02	536,12 ^a ±0,02
10	505,01 ^a ±0,03	544,87 ^a ±0,06	553,14 ^{ab} ±0,00	511,57 ^{ab} ±0,02	527,13 ^a ±0,03

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Kahve ekstraktında fermentasyonu gerçekleştirilen Kombucha örneklerinde Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Toplam fenolik madde miktarı analizi gerçekleştirilen örneklerde, her bir karbon kaynağının kendi içerisinde günlere bağlı istatistik hesaplamaları yapılmıştır. Buna göre glukoz, ksiloz ve sakkaroz şekerlerinde gerçekleştirilen fermentasyon örnekleri için; fermentasyonun fenolik madde miktarı artış ya da azalışına olan etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,01$). Fruktoz ve laktoz şekerinde ise fermentasyon ve zamanın fenolik madde miktarı değişimi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,01$).

Kahve kullanılarak gerçekleştirilen bir çalışmada, sakkaroz şekeri ile 7 gün boyunca fermentasyonu gerçekleştirilen örneklerin fermentasyon sonucunda fenolik madde miktarının arttığı belirlenmiştir (Watawana 2015). Yapılan tez çalışmasında tüm karbon kaynakları ile gerçekleştirilen kahve Kombucha örneklerinin fermentasyon ile fenolik madde miktarının arttığı gözlemlenmiştir. Tüm örneklerin 10. güne ait değerleri fermentasyon öncesi değerlerinden daha fazladır.

4.7.3. Kahve Kombucha çayında antioksidan aktivitesi değişimi

Fermentasyon örneklerinde DPPH yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen antioksidan aktivitesini belirleme analizi sonucunda elde edilen veriler Çizelge 4.51'de verilmiştir. Farklı karbon kaynaklarına göre antioksidan kapasite değişse de ksiloz, früktoz ve laktoz şekerlerinde inokülasyon ve ardındaki günlerde antioksidan aktivitenin arttığı tespit edilmiştir. Glukoz ve sakkaroz şekerinde gerçekleştirilen fermentasyon örneğine bağlı verilerde ise antioksidan aktivitenin azaldığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.51. Kahve örneklerinde farklı şeker kaynaklarındaki toplam antioksidan aktivitesi değişimi (% inhibisyon)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
B	30,64 ^a ±0,01	17,93 ^c ±0,00	8,84 ^b ±0,08	16,38 ^{bc} ±0,01	24,93 ^a ±0,06
0	22,22 ^{bc} ±0,01	18,50 ^c ±0,01	17,30 ^a ±0,02	18,99 ^{ab} ±0,06	20,65 ^{abc} ±0,03
2	24,04 ^b ±0,03	23,06 ^a ±0,02	20,01 ^a ±0,02	21,11 ^{ab} ±0,01	22,56 ^{ab} ±0,01
4	22,30 ^{bc} ±0,01	22,33 ^a ±0,01	19,54 ^a ±0,02	17,11 ^{abc} ±0,02	14,93 ^c ±0,02
6	17,17 ^d ±0,01	21,06 ^{ab} ±0,01	22,98 ^a ±0,03	14,20 ^c ±0,02	19,10 ^{abc} ±0,03
8	23,49 ^b ±0,01	19,28 ^{bc} ±0,02	20,34 ^a ±0,03	18,96 ^{ab} ±0,01	15,34 ^c ±0,02
10	19,21 ^{cd} ±0,01	18,20 ^c ±0,00	18,86 ^a ±0,00	21,64 ^a ±0,02	18,49 ^{bc} ±0,02

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak her bir karbon kaynağının kendi içerisinde günlere bağlı istatistik hesaplamaları yapılmıştır. Sonuçlar doğrultusunda; fruktoz şekeri haricinde tüm karbon kaynaklarında gerçekleştirilen fermentasyonun antioksidan aktivitesi artış ya da azalışına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,01$). Fruktoz şekerinde, fermentasyon ile başlangıç örneği arasında fark olduğu ancak fermentasyonun kendi günleri içerisinde bir farkı olmadığı ve fermentasyon etkisinin fruktoz şekerinde istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,01$).

Watawana vd (2015) tarafından kahve ve sakkaroz şekeri kullanılarak 7 gün boyunca fermentasyonu gerçekleştirilen örneklerin fermentasyon sonucunda antioksidan aktivitesinin arttığı belirlenmiştir. Antioksidan kapasitesinin artması, fenolik maddelerin fermentasyon sırasında parçalanması sonucuna dayandırılmıştır.

4.7.4. Kahve Kombucha çayında toplam biyokütle miktarı

Toplam biyokütle miktarının belirlenmesi amacıyla, farklı karbon kaynakları ile elde edilen Kombucha örneklerinin fermentasyon işlemlerinin tamamlanması sonucu tartımları yapılmıştır. Biyokütle gelişim miktarlarına ait veriler Çizelge 4.52’de verilmiştir.

Kahve örneklerinde; en fazla biyokütle gelişimi laktoz şekerinde 0,36 g/L, en az biyokütle gelişimi ise fruktoz şekerinde 0,18 g/L olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.52. Kahveye ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki toplam biyokütle miktarı (g/L)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
10	0,30 ^a ±0,01	0,29 ^a ±0,07	0,18 ^a ±0,01	0,36 ^a ±0,08	0,23 ^a ±0,01

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Fermentasyon işlemi tamamlanan Kombucha örneklerinin farklı karbon kaynaklarının kullanımına bağlı gelişimleri arasındaki farklılıkların istatistiksel hesaplamaları yapılmıştır. Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak gerçekleştirilen değerlendirmeye göre Kombucha mantarı; tüm karbon kaynaklarında benzer bir biyokütle gelişimi göstermiştir. Buna bağlı olarak elde edilen sonuca göre; kahve örneklerinde, farklı karbon kaynaklarının biyokütle gelişimi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsizdir ($P>0,01$).

Malbaşa vd. (2008) tarafından siyah çayda sakkaroz ve melas kullanılarak gerçekleştirilen Kombucha fermentasyonu sonucunda biyokütle miktarının zamanla arttığı belirlenmiştir. Çalışmada farklı karbon kaynaklarında biyokütle artışının da farklı olduğu belirtilmektedir. Bu da simbiyotik kültürün karbon kaynaklarını kullanabilme kapasitesine bağlıdır. Kutluer (2009) bu durumu şu şekilde açıklamıştır; Kombucha kültüründe bulunan asetik asit bakterileri hidrolaz ve kinaz enzimine sahip olmadıkları için sakkarozu doğrudan kullanamamaktadır. Mayalardaki invertaz enzimi ile sakkarozun inversiyonu sonucunda glukoz ve fruktozun kullanımı gerçekleşir. Buna bağlı olarak da şeker kullanımı ve biyokütle artışı değişmektedir.

4.7.5. Kahve Kombucha çayında fermentasyon süresince şeker tüketimi

Kahve önceden belirlenen, bitki ve meyve çayları ile aynı koşullarda ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon işlemi sonucunda elde edilen kahveye 5 farklı karbon kaynağı (glukoz, ksiloz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz) ilavesi gerçekleştirilerek Kombucha kültürü ile inokülasyon yapılmıştır. Fermentasyon sonucunda alınan örneklerde yapılan şeker analizi sonucunda, elde edilen değerler Çizelge 4.53’te verilmiştir.

Çeşitli karbon kaynaklarının, Kombucha simbiyoz kültürü tarafından farklı oranlarda kullanıldığı belirlenmiştir. 10 gün boyunca kahve için en aktif kullanabildiği karbon kaynağı fruktoz 16,06 g/L iken, en az kullanım laktoz şekerinde 2,50 g/L olarak gerçekleşmiştir.

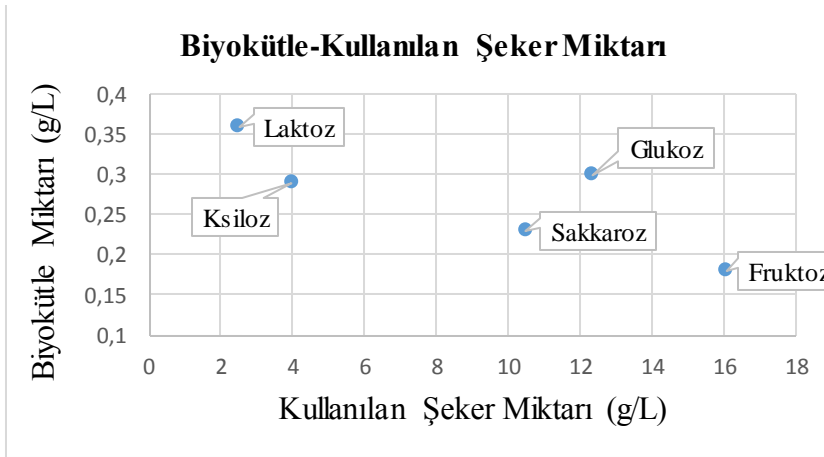
Çizelge 4.53. Kahveye ait örneklerde farklı şeker kaynaklarında fermentasyon boyunca kullanılan şeker miktarı (g/L)

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları (g)				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0.gün- 10.gün	12,33 ^{ab} ±1,59	3,99 ^c ±1,99	16,06 ^a ±1,18	2,50 ^c ±0,18	10,48 ^b ±0,44

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P < 0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak gerçekleştirilen istatistik hesaplamalarına göre; Kombucha kültürü her bir karbon kaynağını değişik miktarlarda kullanmıştır. Ksiloz ve laktoz şekerleri fermentasyon süresince Kombucha kültürü tarafından az miktarlarda kullanılmıştır. Ayrıca mikroorganizmalar tarafından kullanım miktarı istatistiksel olarak önemli değildir ($P > 0,01$). Fermentasyon ortamında kullanılan glukoz, fruktoz ve sakkaroz şeker miktarlarının biyokütle gelişimi üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,01$).

Kutluer (2009) tarafından siyah çayda ve glukoz, fruktoz, sakkaroz, laktoz şekerlerinde gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda, Kombucha tarafından en aktif kullanılan karbon kaynağının glukoz ve sakkaroz olduğu belirtilmiştir. Fruktoz ve laktoz şekerinin de Kombucha tarafından kullanılabilirdiği ancak diğer karbon kaynaklarına oranla daha az miktarda kullanılabilirdiği belirtilmiştir.



Şekil 4.7. Kahvede farklı karbon kaynaklarına göre biyokütle-kullanılan şeker miktarı

Farklı karbon kaynakları kullanılarak kahvede gerçekleştirilen Kombucha fermentasyonu sonucunda elde edilen biyokütle-kullanılan şeker miktarı grafiği Şekil 4.7'de verilmiştir. Şeker tüketimi en fazla fruktoz şekerine ait iken en az biyokütle

gelişimi de aynı karbon kaynağında gözlemlenmiştir. Laktoz şekerinde ise en az şeker tüketimi, en fazla biyokütle gelişimi tespit edilmiştir. Kullanılan şeker miktarı, fruktoz>glukoz>sakkaroz>ksiloz>laktoz; biyokütle gelişim miktarı, laktoz>glukoz>ksiloz> sakkaroz>fruktoz olarak belirlenmiştir.

4.7.6. Kahve Kombucha çayında renk değerleri

4.7.6.1. *L* (açıklık- koyuluk) değeri değişimi

Ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilen kahve başlangıç örneği ve Kombucha kültürü ile fermentasyonu tamamlanmış son güne ait örneklerde renk tayini analizine ait veriler Çizelge 4.54’te verilmiştir.

Yapılan analizlerin sonucunda; farklı karbon kaynaklarına bağlı Kombucha fermentasyonunun gerçekleşmesi ve bu gelişime bağlı olarak elde edilen *L* (açıklık- koyuluk) değerleri incelenmiştir. Renk tayini analizi ile yalnızca laktoz şekerine ait örneklerde değerlerin arttığı tespit edilmiştir. Diğer 4 karbon kaynağında (glukoz, ksiloz, fruktoz ve sakkaroz) ise değerlerin azaldığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.54. Kahveye ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki *L* (açıklık- koyuluk) değeri değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0	40,09 ^a ±0,75	42,26 ^a ±1,80	45,61 ^a ±1,13	46,47 ^a ±0,50	37,68 ^a ±2,47
10	31,82 ^b ±0,10	23,17 ^b ±1,29	38,01 ^a ±5,37	50,43 ^a ±17,18	34,27 ^a ±1,83

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- *L**: Açıklık-Koyuluk Ekseni Değeri
*L**/*L*, ışık geçirgenlik değerlerini, 0 (geçirgenlik yok) ve 100 (tamamen geçirgenlik)
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P < 0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak örneklerin fermentasyona bağlı *L* (açıklık- koyuluk) değeri değişiminin önem seviyesi incelenmiştir. Bu amaçla her bir karbon kaynağının kendi içerisinde fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerine bağlı istatistik hesaplamaları yapılmıştır. Gerçekleştirilen sonuçlar doğrultusunda; fruktoz, laktoz ve sakkaroz ile elde edilen örneklerin, başlangıç ve son gün verileri arasında hiçbir fark olmadığı belirlenmiştir. Kahve ekstraktı kullanılarak gerçekleştirilen fermentasyon işleminin, ürünlerin renk değişimine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir ($P > 0,01$). Glukoz ve ksiloz şekerlerine gerçekleştirilen fermentasyon işleminde ise renk geçirgenliği ve açıklık/koyuluk özelliklerinin etkilendiği ve bu etkinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P < 0,01$).

4.7.6.2. *a* (kırmızılık- yeşillik) değeri değişimi

Kahve ekstraktı ile gerçekleştirilen, başlangıç ve fermentasyon sonu örneklerinde yapılan renk analizi sonucunda elde edilen *a* (kırmızılık- yeşillik) değerlerine ait veriler

Çizelge 4.55 'te verilmiştir. Tüm karbon kaynaklarına ait kahve- Kombucha örnekleri *a* (kırmızılık- yeşillik) değerlerinin zamanla fermentasyona bağlı olarak azaldığı saptanmıştır.

Çizelge 4.55. Kahveye ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki *a* (kırmızılık- yeşillik) değeri değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0	29,38 ^a ±0,04	28,65 ^a ±0,83	30,37 ^a ±0,47	30,11 ^a ±0,33	27,59 ^a ±1,23
10	23,58 ^b ±0,23	21,11 ^b ±0,09	23,23 ^b ±0,27	20,78 ^a ±3,16	24,20 ^a ±0,67

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- *a**: Kırmızı-Yeşil Ekseni Değeri (*a**/*a* kırmızılık (-*a**/-*a*, yeşillik))
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P < 0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak istatistiksel hesaplamaları gerçekleştirilen kahve- Kombucha çayı örneklerinin, fermentasyona bağlı olarak *a* (kırmızılık- yeşillik) değeri değişiminin önem seviyesi incelenmiştir. Bu amaçla her bir karbon kaynağının kendi içerisinde, fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerine bağlı istatistik hesaplamaları yapılmıştır. Gerçekleştirilen sonuçlar doğrultusunda; glukoz, ksiloz ve fruktoz şekerleri ile elde edilen örneklerin, başlangıç ve son gün verileri arasında fermentasyon etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P < 0,01$). Laktoz ve sakkaroz şekeri kullanılarak gerçekleştirilen fermentasyon örneklerine ait sonuçlarda ise hiçbir farkın olmadığı, fermentasyon işleminin *a* (kırmızılık- yeşillik) değeri değişimine etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir ($P > 0,01$).

4.7.6.3. *b* (sarılık- mavilik) değeri değişimi

Kahvenin ekstraksiyonu sonrası alınan 0. güne ait örnek ve fermentasyonun son günü olan 10. güne ait örneklerde renk tayini analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda kahve- Kombucha fermente çayları ile elde edilen örneklerin *b* (sarılık- mavilik) değeri değişimine ait veriler Çizelge 4.56'da verilmiştir.

Analiz sonucunda elde edilen verilere göre; bütün karbon kaynaklarında fermentasyonu gerçekleştirilen kahve örneklerine ait Kombucha örneklerinin *b* (sarılık- mavilik) değerinin fermentasyona bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.56. Adaçayına ait örneklerde farklı şeker kaynaklarındaki b (sarılık- mavilik) değeri değişimi

Zaman (gün)	Şeker Kaynakları				
	Glukoz	Ksiloz	Fruktoz	Laktoz	Sakkaroz
0	65,56 ^a ±1,13	68,14 ^a ±2,78	72,81 ^a ±1,57	73,65 ^a ±0,78	61,60 ^a ±3,85
10	51,47 ^b ±0,29	38,36 ^b ±2,04	59,29 ^a ±6,74	67,45 ^a ±11,23	55,05 ^a ±2,79

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- b^* : Sarı-Mavi Ekseni Değeri (b^*/b sarılık ($-b^*/-b$, mavilik))
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak kahve- Kombucha çayında, fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerinin b (sarılık- mavilik) değeri değişimi ele alınmıştır. Bütün karbon kaynaklarına ait örneklerin kendi içerisinde fermentasyona bağlı olarak elde edilen değişimlerinin analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak fruktoz, laktoz ve sakkaroz olmak üzere üç karbon kaynağına ait örneklerin, birbirlerinden bir farkı olmadığı tespit edilmiştir. Kahve ekstraktı kullanılarak gerçekleştirilen fermentasyon etkisinin b (sarılık- mavilik) değeri değişimine istatistiksel olarak önemli bir etkisi olmadığı saptanmıştır ($P>0,01$). Glukoz ve ksiloz şekerleri kullanılarak gerçekleştirilen Kombucha fermentasyonu sonucunda ise b (sarılık- mavilik) değeri değişiminin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0,01$).

Kombucha fermentasyonu gerçekleştirilen bir başka çalışmada; siyah çay ve sakkaroz şekeri ile geliştirilen Kombucha çayı ve yoğurdun çeşitli alanlarda karşılaştırılması verilmiştir. Bu örneklerde fermentasyona bağlı olarak gerçekleşen renk değişimleri takip edilmiştir. b (sarılık- mavilik) değerinin fermentasyona bağlı azaldığı ifade edilmiştir. Ancak L , a , b değerlerinin fermentasyona bağlı olarak çok etkilenmediği ve değişiminin genellikle önemsiz olduğu belirtilmiştir (Hrnjez 2014). Çalışma boyunca elde edilen değerler ile benzerlik göstermektedir.

4.8. Tüm Çaylarda ve Kahvede Geliştirilen Kombucha Örneklerinin Organik Asit Profilleri ve Miktarları

4.8.1. Nar (hibiskus) Kombucha çayında organik asit miktarının incelenmesi

Nar (hibiskus) çayı, önceden belirlenen koşullara uygun olarak ekstrakte edilerek 5 farklı karbon kaynağı (glukoz, ksiloz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz) ilavesi sonrası Kombucha kültürü ile inokülasyon yapılmıştır. Ekstrakte edilmiş nar çayı 0. günü örneği ve fermentasyonu tamamlanmış son gün örneklerinde, organik asit profilini belirlemek amacıyla HPLC analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen veriler Çizelge 4.57’de verilmiştir.

Nar (hibiskus)- Kombucha çayı örneklerinin organik asit profili ;

Okzalik asit; glukoz ve sakkaroz şekerinde gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda elde edilen ürünlerin okzalik asit miktarının fermentasyona bağlı olarak iki katından fazla oranda arttığı gözlemlenmiştir. Ksiloz, laktoz ve fruktoz şekerine ait örneklerde ise okzalik asit miktarı azalmıştır.

Tartarik asit; bütün karbon kaynaklarında tartarik asit miktarı fermentasyona bağlı olarak belirgin bir artış göstermiştir.

Malik asit; farklı şeker kaynağı ile elde edilen nar çayı ekstraktlarının başlangıç örneklerinin hiç birisinde malik asit tespit edilmiştir. Bunun yanında sakkaroz ve fruktoz şekerinde gerçekleştirilen fermente çay örneğinin 10. güne ait malik asit değeri sırasıyla 47,65 ppm ve 246,62 ppm olarak saptanmıştır.

İzo sitrik asit; karbon kaynağı olarak glukoz ve ksiloz kullanılarak üretilen Kombucha örneklerinde, izo sitrik asit miktarının son üründe azaldığı belirlenmiştir. Sakkaroz, laktoz ve fruktoz şekerlerine ait örneklerde ise fermentasyonla izo sitrik asit miktarının arttığı tespit edilmiştir. Bunun yanında fruktoz şekerinde gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda izo sitrik asit miktarının 157,74 ppm değerinden 912,53 ppm’e artması oldukça dikkat çekmektedir.

Laktik asit; fermentasyon öncesinde hiçbir örnekte laktik asit varlığına rastlanmamıştır. Fermentasyonu tamamlanan tüm karbon kaynaklarına ait örneklerde sırasıyla; glukoz şekerinde 16,32 ppm, sakkaroz şekerinde 35,69, ksiloz şekerinde 16,85 ppm, laktozda 118,40 ppm ve fruktoz şekerine ait örneklerde ise 158,21 ppm olarak laktik asit oluşumu gözlemlenmiştir.

Asetik asit; bütün karbon kaynaklarında asetik asit miktarı fermentasyona bağlı olarak belirgin bir artış göstermiştir. En belirgin artış ise 0. günde 355,40 ppm iken fermentasyonu tamamlanan üründe 3931,38 ppm olarak belirlenen fruktoz şekerine ait olduğu tespit edilmiştir.

Sitrik asit; HPLC ile organik asit profili incelenen nar (hibiskus)- Kombucha çayı örneklerinde, 0. ve 10. günde herhangi bir sitrik asit varlığı tespit edilmemiştir.

Suksinik asit; sakkaroz şekerine ait başlangıç örneğinde suksinik asit miktarı 3,79 ppm iken son üründe 162,96 ppm’e yükselmiştir. Fruktoz şekerinde ise 125,58 ppm

değerinden 322,63 ppm değerine yükselmiştir. Glukoz, ksiloz ve laktoz şekerlerine ait örneklerde ise 0. günde herhangi bir suksinik asit varlığı gözlemlenmezken, fermentasyon sonucunda sırasıyla 25,87 ppm, 16,07 ppm ve 32,46 ppm olarak tespit edilmiştir.

Fumarik asit; hiçbir karbon kaynağına ait 0. gün örneğinde fumarik asidin mevcut olmadığı gözlemlenmiştir. Fermentasyon sonucunda elde edilen örneklerin HPLC analizi sonucunda; glukoz şekerinde 0,3 ppm, ksiloz şekeri örneklerinde 0,31 ppm, fruktoz şekerine ait örneklerde ise 1,63 ppm fumarik asidin mevcut olduğu tespit edilmiştir.

Nar (hibiskus)- Kombucha fermente çay örnekleri arasında Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak gerçekleştirilen istatistiksel değerlendirme sonuçları Çizelge 4.57'de verilmiştir. Bu değerlendirmede; fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerinin organik asit profili değişimi ele alınmıştır. Bütün karbon kaynaklarına ait örneklerin kendi içerisinde fermentasyona bağlı olarak elde edilen değişimlerinin analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak sakkaroz şekeri ile elde edilen fermentasyon ürünlerinin asetik asit ve suksinik asit değerleri arasında önemli bir fark taşımadığı, fermentasyon işleminin bu organik asitlerin artış ya da azalışında etkili bir faktör olmadığı saptanmıştır ($P>0,01$). Diğer tüm karbon kaynakları ile elde edilen nar(hibiskus)- Kombucha fermente çaylarında fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerinin kendi aralarında farklı olduğu ve bu farkın değerlerin değişiminde önemli bir etkisinin bulunduğu tespit edilmiştir ($P<0,01$).

Çizelge 4.57. Nar (hibiskus)-Kombucha çayına ait örneklerin organik asit profili (ppm)

Organik Asitler	Gün	Okzalik Asit	Tartarik	Malik asit	İzo Asit	Sitrik Asit	Laktik Asit	Asetik Asit	Sitrik asit	Suksinik Asit	Fumarik Asit
GLUKOZ	0	166,84 ^b ±7,40	316,50 ^b ±42,70		457,30 ^b ±24,40			567,97 ^b ±5,26			
	10	380,02 ^a ±10,16	672,00 ^a ±12,87		268,30 ^a ±31,26	16,32±0,95		1007,80 ^a ±101,40		25,90±2,11	0,3±0
SAKKAROZ	0	155,55 ^b ±4,56	307,85 ^b ±20,96		221,79 ^b ±12,21			499,00 ^a ±18,57		3,79 ^a ±0,34	
	10	334,95 ^a ±0,30	449,98 ^a ±2,84	47,65±0,84	442,62 ^a ±9,33	35,69±11,35		8241,38 ^a ±3,27		162,96 ^a ±20,01	
KSiLOZ	0	169,65 ^a ±4,17	222,16 ^b ±31,26		406,35 ^a ±12,41			90,30 ^b ±18,63			
	10	141,24 ^b ±11,35	393,47 ^a ±29,87		257,45 ^b ±16,86	16,85±2,82		1349,79 ^a ±12,04		16,07±3,02	0,31±0
LAKTOZ	0	158,97 ^a ±12,91	186,86 ^b ±5,08		241,23 ^b ±37,04			101,68 ^b ±6,48			
	10	100,93 ^b ±0,32	346,99 ^a ±17,86		571,64 ^a ±37,77	118,40±5,98		1085,33 ^a ±32,62		32,46±4,78	
FRUKTOZ	0	548,79 ^a ±1,91	113,31 ^b ±3,19		157,74 ^b ±1,86			355,40 ^b ±2,58		125,58 ^b ±0	
	10	131,83 ^b ±4,33	220,50 ^a ±18,00	246,62±21,33	912,53 ^a ±22,50	158,21±14,50		3931,38 ^a ±0,19		322,63 ^a ±23,45	1,63±0,67

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

4.8.2. Yaban mersini Kombucha çayında organik asit miktarının incelenmesi

Estrakte edilmiş yaban mersini çayı 0. günü örneği ve fermentasyonu tamamlanmış son gün örneklerinde, organik asit profilini belirlemek amacıyla HPLC analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen veriler Çizelge 4.58'de verilmiştir.

Yaban mersini- Kombucha çayı örneklerinin organik asit profili ;

Okzalik asit; glukoz ve sakkaroz şekerinde gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda elde edilen ürünlerin okzalik asit miktarının fermentasyona bağlı olarak arttığı gözlemlenmiştir. Ksiloz, laktoz ve fruktoz şekerine ait örneklerde ise okzalik asit miktarı azalmıştır.

Tartarik asit; bütün karbon kaynaklarında tartarik asit miktarı, nar çayında olduğu gibi yaban mersini kullanılarak elde edilen Kombucha fermente çaylarında da fermentasyona bağlı olarak belirgin bir artış göstermiştir.

Malik asit; farklı şeker kaynağı ile elde edilen yaban mersini çayı ekstraktlarının başlangıç örneklerinin hiç birisinde malik asit tespit edilmiştir. Fermentasyon sonucunda tüm karbon kaynaklarının malik asit içerdiği gözlemlenmiştir. 10. gün örneklerinde en belirgin malik asit miktarı, fruktoz şekerine ait fermentasyon ürününde 305,74 ppm olarak belirlenmiştir.

İzo sitrik asit; laktoz şekeri kullanılarak fermentasyonu gerçekleştirilen örneklerde, izo sitrik asit miktarının 155,06 ppm değerinden 128,86 ppm'e azaldığı belirlenmiştir. Diğer dört karbon kaynağına (sakkaroz, ksiloz, glukoz ve fruktoz) ait örneklerde ise fermentasyon sonucu izo sitrik asit miktarının arttığı tespit edilmiştir. Fruktoz şekerinde gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda izo sitrik asit miktarı 20,66 ppm değerinden 790,60 ppm'e gelerek yaklaşık 40 katlık belirgin bir artış göstermiştir.

Laktik asit; fermentasyon öncesinde hiçbir örnekte laktik asit varlığına rastlanmamıştır. Fermentasyonu tamamlanan tüm karbon kaynaklarına ait örneklerde sırasıyla; glukoz şekerinde 33,60 ppm, sakkaroz şekerinde 45,11 ppm, ksiloz şekerinde 34,74 ppm, laktozda 29,98 ppm ve fruktoz şekerine ait örneklerde ise 218,01 ppm olarak laktik asit oluşumu gözlemlenmiştir.

Asetik asit; bütün karbon kaynaklarında asetik asit miktarı fermentasyona bağlı olarak belirgin bir artış göstermiştir. Organik asitler içerisinde en yüksek oranda artış asetik asitte belirlenmiştir.

Sitrik asit; yaban mersini çayı kullanılarak elde edilen başlangıç örneklerinin hiçbirinde sitrik asidin bulunmadığı belirlenmiştir. Fermentasyon sonrasında ise tüm karbon kaynaklarına ait örneklerde sitrik asit oluşumu tespit edilmiştir. Fermentasyonu tamamlanan tüm karbon kaynaklarına ait örneklerde sırasıyla; glukoz şekerinde 38,19 ppm, sakkaroz şekerinde 43,95 ppm, ksiloz şekerinde 46,48 ppm, laktozda 35,72 ppm ve fruktoz şekerine ait örneklerde ise 11,00 ppm olarak sitrik asit oluşumu saptanmıştır.

Suksinik asit; glukoz şekerine ait örnekte suksinik asit miktarı 19,90 ppm iken 64,40 ppm'e artmıştır. Sakkaroz şekerinde 155,66 ppm değerinden 108,55 ppm değerine azalmıştır. Ksiloz, laktoz ve fruktoz şekerlerine ait örneklerde ise 0. günde herhangi bir suksinik asit varlığı gözlemlenmezken, fermentasyon sonucunda sırasıyla 36,54 ppm, 65,57 ppm ve 387,93 ppm olarak tespit edilmiştir.

Fumarik asit; hiçbir karbon kaynağına ait 0. gün örneğinde fumarik asidin mevcut olmadığı gözlemlenmiştir. Fruktoz şekerine ait örneğin fermentasyonu tamamlandığında ise 2,48ppm fumarik asidin mevcut olduğu tespit edilmiştir.

Yaban mersini- Kombucha fermente çay örnekleri arasında Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak gerçekleştirilen istatistiksel değerlendirme sonuçları Çizelge 4.58'de verilmiştir. Bu değerlendirmede; fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerinin organik asit profili değişimi ele alınmıştır. Bütün karbon kaynaklarına ait örneklerin kendi içerisinde fermentasyona bağlı olarak elde edilen değişimlerinin analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak sakkaroz şekeri ile elde edilen fermentasyon ürünlerinin tartarik asit ve izo sitrik asit değerleri arasında önemli bir fark taşımadığı, fermentasyon işleminin bu organik asitlerin artış ya da azalışında istatistiksel açıdan etkili bir faktör olmadığı saptanmıştır ($P>0,01$). Diğer tüm karbon kaynakları ile elde edilen yaban mersini- Kombucha fermente çaylarında fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerinin kendi aralarında farklı olduğu ve bu farkın değerlerin değişiminde istatistiksel olarak önemli bir etkisinin bulunduğu gözlemlenmiştir ($P<0,01$).

Çizelge 4.58. Yaban mersini-Kombucha çayına ait örneklerin organik asit profili (ppm)

Organik Asitler	Gün	Okzalik Asit	Tartarik	Malik asit	İzo Sitrik Asit	Laktik Asit	Asetik Asit	Sitrik asit	Suksinik Asit	Fumarik Asit
GLUKOZ	0	178,80 ^b ±5,12	173,30 ^b ±19,40		98,46 ^a ±1,02		503,83 ^b ±4,55		19,90 ^b ±7,72	
	10	313,70 ^a ±4,66	482,60 ^a ±39,34	52,70±5,64	119,80 ^a ±4,62	33,60±1,33	2765,50 ^a ±41,23	38,19±9,01	64,40 ^a ±6,99	
SAKKAROZ	0	170,41 ^b ±3,62	167,69 ^a ±22,70		150,74 ^a ±24,06		608,15 ^b ±7,21		155,66 ^a ±15,62	
	10	293,37 ^a ±9,37	396,10 ^a ±15,56	114,50±19,12	181,32 ^a ±31,95	45,11±1,22	2711,69 ^a ±94,83	43,95±0,97	108,55 ^a ±6,34	
KSİLOZ	0	167,14 ^a ±4,16	139,45 ^b ±12,40		67,49 ^b ±3,46		40,20 ^b ±2,26			
	10	117,10 ^b ±4,26	323,14 ^a ±14,24	59,25±7,24	122,50 ^a ±6,22	34,74±2,90	1383,26 ^a ±20,65	46,48±4,54	36,54±6,72	
LAKTOZ	0	165,37 ^a ±9,25	149,14 ^b ±15,66		155,06 ^a ±16,98		625,99 ^b ±26,92			
	10	97,31 ^b ±1,73	268,66 ^a ±14,70	68,27±4,57	128,86 ^a ±14,78	29,98±5,74	1891,57 ^a ±94,63	35,72±5,88	65,57±4,89	
FRUKTOZ	0	506,51 ^a ±9,05	103,82 ^b ±0,39		20,66 ^b ±4,86		199,87 ^b ±30,09			
	10	168,53 ^b ±9,08	235,16 ^a ±2,13	305,74±27,38	790,60 ^a ±34,97	218,01±48,25	2891,93 ^a ±114,27	11,00±3,92	387,93±12,66	2,48±0,43

•Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir

•Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

4.8.3. Kuşburnu Kombucha çayında organik asit miktarının incelenmesi

Kuşburnu çayının uygun koşullarda ekstraksiyonu sonucu 5 farklı karbon kaynağı (glukoz, ksiloz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz) ilavesi sonrası Kombucha kültürü ile inokülasyon yapılmıştır. Estrakte edilmiş nar çayı 0. günü örneği ve fermentasyonu tamamlanmış son gün örneklerinde, organik asit profilini belirlemek amacıyla HPLC analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda, elde edilen veriler Çizelge 4.59'da verilmiştir.

Kuşburnu- Kombucha çayı örneklerinin organik asit profili ;

Okzalik asit; glukoz ve sakkaroz şekerinde gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda elde edilen örneklerin, fermentasyona bağlı olarak okzalik asit miktarının arttığı tespit edilmiştir. Ksiloz, laktoz ve fruktoz şekerleri kullanılarak elde edilen fermente çay örneklerinin fermentasyonu sonucunda okzalik asit miktarının azaldığı belirlenmiştir.

Tartarik asit; karbon kaynaklarının tamamında tartarik asit miktarı, diğer meyve çaylarında (nar ve yaban mersini çayı) olduğu gibi, kuşburnu çayı kullanılarak elde edilen Kombucha fermente çaylarında da fermentasyona bağlı olarak belirgin bir artış göstermiştir.

Malik asit; farklı şeker kaynağı ile elde edilen kuşburnu çayı ekstraktlarının fermentasyon öncesi örneklerinin hiç birinde malik asit tespit edilmiştir. Fermentasyon sonucunda glukoz şekeri hariç bütün karbon kaynaklarının malik asit içerdiği gözlemlenmiştir. Sakkaroz, ksiloz, laktoz ve fruktoz şekerleri için sırasıyla; 22,14 ppm, 13,24 ppm, 23,92 ppm ve 101,88 ppm olarak saptanmıştır.

İzo sitrik asit; glukoz şekeri kullanılarak fermentasyonu gerçekleştirilen örneklerde, izo sitrik asit miktarının 28,33 ppm değerinden 100,70 ppm'e arttığı belirlenmiştir. Sakkaroz şekerinde ise 6,11 ppm değerinden 114,90 ppm değerine artmıştır. Diğer üç karbon kaynağına (ksiloz, glukoz ve fruktoz) ait örneklerde ise fermentasyon öncesi hiçbir izo sitrik asit varlığı tespit edilmemesine rağmen fermentasyonu tamamlanan örneklerde izo sitrik asit oluşumu gözlenmiştir. Ksiloz şekerinde 71,52 ppm, laktozda 99,75 ppm ve fruktoz şekerine ait örneklerde ise 402,16 ppm olarak laktik asit oluşumu saptanmıştır.

Laktik asit; fermentasyon öncesinde hiçbir örnekte laktik asit varlığına rastlanmamıştır. Fermentasyonu tamamlanan tüm karbon kaynaklarına ait örneklerde sırasıyla; glukoz şekerinde 14,10 ppm, sakkaroz şekerinde 15,27 ppm, ksiloz şekerinde 11,19 ppm, laktozda 12,96 ppm ve fruktoz şekerine ait örneklerde ise 34,26 ppm olarak laktik asit oluşumu saptanmıştır.

Asetik asit; bütün karbon kaynaklarında asetik asit miktarı fermentasyona bağlı olarak belirgin bir artış göstermiştir. Organik asitler içerisinde en yüksek oranda artış asetik asitte belirlenmiştir.

Sitrik asit; kuşburnu çayı ile fermentasyon öncesinde hiçbir örnekte sitrik asit varlığına rastlanmamasına rağmen, fermentasyon sonrasında sitrik asidin oluşumu tespit

edilmiştir. Fermentasyonu tamamlanan tüm karbon kaynaklarına ait örneklerde sırasıyla; glukoz şekerinde 79,40 ppm, sakkaroz şekerinde 60,40 ppm, ksiloz şekerinde 63,92 ppm, laktozda 50,44 ppm ve fruktoz şekerine ait örneklerde ise 50,44 ppm olarak sitrik asit oluşumu saptanmıştır.

Suksinik asit; kuşburnu çayı kullanılarak elde edilen fermente çaylarda yalnızca sakkaroz şekerine ait örneklerin 0. gününde suksinik asidin bulunduğu belirlenmiştir. Sakkaroz şekerinde gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda suksinik asit miktarı 74,60 ppm'den 81,03 ppm değerine artmıştır. Diğer karbon kaynakları (glukoz, ksiloz ve laktoz) kullanılarak elde edilen kuşburnu- Kombucha çaylarında fermentasyon öncesi suksinik asit varlığına rastlanmamasına rağmen, fermentasyon sonrasında suksinik asidin oluşumu tespit edilmiştir. Fermentasyonu tamamlanan bu karbon kaynaklarına ait örneklerde sırasıyla; glukoz şekerinde 70,40 ppm, ksiloz şekerinde 27,22 ppm, laktozda 59,15 ppm'dir. Fruktoz şekerine ait örneklerin hiçbirinde suksinik asit varlığına rastlanmamıştır.

Fumarik asit; hiçbir karbon kaynağına ait 0. gün örneğinde fumarik asidin mevcut olmadığı gözlemlenmiştir. Fruktoz şekerine ait örneğin fermentasyonu tamamlandığında ise 3,56 ppm fumarik asidin bulunduğu tespit edilmiştir.

Kuşburnu- Kombucha fermente çay örnekleri arasında duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak gerçekleştirilen istatistiksel değerlendirme sonuçları Çizelge 4.59'da verilmiştir. Bu değerlendirmede; fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerinin organik asit profili değişimi ele alınmıştır. Bütün karbon kaynaklarına ait örneklerin kendi içerisinde fermentasyona bağlı olarak elde edilen değişimlerinin analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak sakkaroz şekeri ile elde edilen fermentasyon ürünlerinin suksinik asit değerleri kendi arasında bir fark taşımadığı, fermentasyon işleminin bu organik asitlerin artış ya da azalışında istatistiksel olarak önemli bir faktör olmadığı saptanmıştır ($P>0,01$). Diğer tüm karbon kaynakları ile elde edilen kuşburnu- Kombucha fermente çaylarında fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerinin kendi aralarında farklı olduğu ve organik asit miktarı değişiminin istatistiksel olarak önemli olduğu gözlemlenmiştir ($P<0,01$).

Çizelge 4.59. Kuşburnu-Kombucha çayına ait örneklerin organik asit profili (ppm)

Organik Asitler	Gün	Okzalik Asit	Tartarik	Malik asit	İzo Asit	Sitrik Asit	Laktik Asit	Asetik Asit	Sitrik asit	Suksinik Asit	Fumarik Asit
GLUKOZ	0	210,90 ^b ±2,97	50,05 ^b ±6,93		28,33 ^b ±3,08			748,43 ^b ±31,93			
	10	533,90 ^a ±9,45	559,30 ^a ±62,56		100,70 ^a ±13,92	14,10±1,24		2297,71 ^a ±82,40	79,40±3,17	70,40±0,98	
SAKKAROZ	0	174,81 ^b ±28,03	125,54 ^b ±3,90		6,10 ^b ±0			734,50 ^b ±0,32		74,60 ^a ±0	
	10	261,85 ^a ±23,09	237,98 ^a ±12,95	22,14±1,58	114,90 ^a ±11,28	15,27±0,72		1920,07 ^a ±36,18	60,40±3,55	81,03 ^a ±31,61	
KSİLOZ	0	180,29 ^a ±2,55	78,20 ^b ±13,83					54,73 ^b ±6,21			
	10	122,62 ^b ±3,65	196,87 ^a ±11,79	13,24±1,80	71,52±5,42	11,19±1,92		1091,07 ^a ±23,10	63,92±0,61	27,22±4,36	
LAKTOZ	0	171,09 ^a ±5,02	76,38 ^b ±2,25					83,55 ^b ±4,58			
	10	100,13 ^b ±0,58	166,22 ^a ±7,02	23,91±2,21	99,75±9,59	12,96±1,64		1718,61 ^a ±90,95	50,44±2,28	59,15±5,76	
FRUKTOZ	0	587,22 ^a ±5,17	31,43 ^b ±1,06					312,85 ^b ±9,63			
	10	248,75 ^b ±1,53	156,45 ^a ±5,92	101,88±8,05	402,16±4,65	34,26±5,58		2432,51 ^a ±35,51	50,44±5,66		3,56±0,22

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

4.8.4. Siyah çay Kombucha çayında organik asit miktarının incelenmesi

Siyah çay, önceden belirlenen koşullara uygun olarak ekstrakte edilerek 5 farklı karbon kaynağı (glukoz, ksiloz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz) ilavesi sonrası Kombucha kültürü ile inokülasyon yapılmıştır. Ekstrakte edilmiş siyah çay 0. günü örneği ve fermentasyonu tamamlanmış son gün örneklerinde, organik asit profilini belirlemek amacıyla HPLC analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda, elde edilen veriler Çizelge 4.60'ta verilmiştir.

Siyah çay- Kombucha çayı örneklerinin organik asit profili ;

Okzalik asit; glukoz, sakkaroz ve ksiloz şekerlerinde gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda elde edilen örneklerin, fermentasyona bağlı olarak okzalik asit miktarının arttığı tespit edilmiştir. Laktoz ve fruktoz şekerleri kullanılarak elde edilen fermente çay örneklerinde ise fermentasyon sonucunda okzalik asit miktarının azaldığı belirlenmiştir.

Tartarik asit; laktoz şekeri hariç karbon kaynaklarının tamamında tartarik asit miktarı fermentasyona bağlı olarak belirgin bir artış göstermiştir. Laktoz şekerinde ise 0. güne ait örnekte herhangi bir tartarik asit varlığı görülmezken, son güne ait örnekte 149,89 ppm tartarik asit tespit edilmiştir.

Malik asit; fermentasyon öncesi hiçbir siyah çay ekstraktının malik asit içermediği tespit edilmiştir. Fermentasyon sonucunda yalnızca fruktoz şekeri ile elde edilen siyah çay örneklerinde 8,77 ppm malik asit varlığı saptanmıştır.

İzo sitrik asit; fermentasyon öncesinde hiçbir örnekte izo sitrik asit varlığına rastlanmamıştır. Fermentasyonu tamamlanan tüm karbon kaynaklarına ait örneklerde sırasıyla; glukoz şekerinde 314,80 ppm, sakkaroz şekerinde 327,67 ppm, ksiloz şekerinde 328,19 ppm, laktozda 335,22 ppm ve fruktoz şekerine ait örneklerde ise 220,07 ppm olarak izo sitrik asit oluşumu saptanmıştır.

Laktik asit; glukoz, laktoz şekerlerinde gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda elde edilen örneklerin, fermentasyona bağlı olarak laktik asit miktarının arttığı tespit edilmiştir. Sakkaroz, ksiloz ve fruktoz şekerleri kullanılarak elde edilen fermente çay örneklerinde ise fermentasyon sonucunda laktik asit miktarının azaldığı saptanmıştır.

Asetik asit; diğer çayların aksine siyah çayda gerçekleştirilen fermentasyon örneklerinin asetik asit miktarları ve bu miktarların değişimi oldukça farklılık göstermektedir. Glukoz ve sakkaroz şekerlerine ait örneklerde asetik asit miktarının azaldığı belirlenmiştir. Ksiloz, laktoz ve fruktoz şekerlerine ait örneklerde ise 0. günde herhangi bir asetik asit varlığı gözlemlenmez iken, son gün örneklerinde asetik asit oluşumu gözlemlenmiştir.

Sitrik asit; siyah çay ile fermentasyon öncesinde hiçbir örnekte sitrik asit varlığına rastlanmamıştır. Fermentasyon ile ksiloz şekerine ait son gün örneğinde 2,89 ppm sitrik asit oluşumu tespit edilmiştir.

Suksinik asit; siyah çay ekstraktı kullanılarak elde edilen örneklerde yalnızca glukoz şekerinde 0. gün suksinik aside rastlanmıştır. Glukoz şekerinde 20,60 ppm olarak belirlenen suksinik asit miktarı, fermentasyon sonucunda 3,84 ppm olarak belirlenmiştir. Sakkaroz şekeri kullanılarak elde edilen örneklerin fermentasyon öncesinde herhangi bir değer elde edilemezken, fermentasyon sonucunda suksinik asit miktarı 4,77 ppm olarak belirlenmiştir.

Fumarik asit; hiçbir karbon kaynağına ait siyah çay örneklerinde fumarik asit varlığına rastlanmamıştır.

Siyah çay ekstraktı ile elde edilen Kombucha fermente çay örnekleri arasında duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak istatistiksel değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda elde edilen bulgular Çizelge 4.60'ta verilmiştir. Bu değerlendirmede; fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerinin organik asit profili değişimi ele alınmıştır. Bütün karbon kaynaklarına ait örneklerin kendi içerisinde fermentasyona bağlı olarak elde edilen değişimlerinin analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak glukoz ve laktoz şekerleri ile elde edilen fermentasyon ürünlerinin laktik asit değerlerinin ve glukoz şekeri ile elde edilen örneğin suksinik asit değerlerinin kendi aralarında farklılık olmadığı, fermentasyon etkisinin bu organik asitlerin artış ya da azalışında istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır ($P>0,01$). Diğer tüm karbon kaynakları ile elde edilen siyah çay- Kombucha fermente çaylarında fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerinin kendi aralarında farklı olduğu ve fermentasyon sonucunda organik asit miktarına bağlı değişimin istatistiksel olarak önemli bulunduğu gözlemlenmiştir ($P<0,01$).

Çizelge 4.60. Siyah çay-Kombucha çayına ait örneklerin organik asit profili (ppm)

Organik Asitler	Gün	Okzalik Asit	Tartarik Asit	Malik asit	İzo Asit	Sitrik	Laktik Asit	Asetik Asit	Sitrik asit	Suksinik Asit	Fumarik Asit
GLUKOZ	0	209,10 ^b ±2,54	26,66 ^b ±3,24				509,80 ^a ±12,36	828,60 ^a ±14,64		20,60 ^a ±0	
	10	501,57 ^a ±1,26	559,33 ^a ±7,12		314,80±20,33		514,50 ^a ±24,40	462,83 ^b ±28,01		3,84 ^a ±0	
SAKKAROZ	0	164,81 ^b ±5,88	43,51 ^b ±5,62				576,59 ^a ±31,37	568,65 ^a ±42,70			
	10	204,80 ^a ±16,04	233,16 ^a ±1,51		327,67±27,50		529,72 ^b ±21,62	281,87 ^b ±35,9		4,77±0,07	
KSİLOZ	0	165,96 ^b ±3,19	26,10 ^b ±5,09				688,06 ^a ±25,73				
	10	177,74 ^a ±3,94	146,10 ^a ±26,27		328,19±28,97		514,05 ^b ±14,44	147,13±14,98	2,89±0		
LAKTOZ	0	180,32 ^a ±18,19					607,63 ^a ±2,83				
	10	122,98 ^b ±1,87	149,89±1,14		335,22±11,06		496,95 ^a ±13,79	55,50±13,28			
FRUKTOZ	0	592,19 ^a ±19,64	78,01 ^b ±20,35				634,82 ^a ±7,39				
	10	381,40 ^b ±4,86	165,68 ^a ±17,30	8,77±1,59	220,07±30,40		498,84 ^b ±28,39	4872,73±97,78			

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

4.8.5. Yeşil çay Kombucha çayında organik asit miktarının incelenmesi

Yeşil çay, önceden belirlenen koşullara uygun olarak ekstrakte edilerek 5 farklı karbon kaynağı (glukoz, ksiloz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz) ilavesi sonrası Kombucha kültürü ile inokülasyon yapılmıştır. Ekstrakte edilmiş yeşil çay 0. günü örneği ve fermentasyonu tamamlanmış son gün örneklerinde, organik asit profilini belirlemek amacıyla HPLC analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen veriler Çizelge 4.61’de verilmiştir.

Yeşil çay- Kombucha çayı örneklerinin organik asit profili ;

Okzalik asit; glukoz ve ksiloz şekerlerinde gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda elde edilen örneklerin, fermentasyona bağlı olarak okzalik asit miktarının arttığı tespit edilmiştir. Sakkaroz, laktoz ve fruktoz şekerleri kullanılarak elde edilen fermente çay örneklerinde ise fermentasyon sonucunda okzalik asit miktarının azaldığı saptanmıştır.

Tartarik asit; glukoz ve sakkaroz şekerleri ile elde edilen örneklerde tartarik asit miktarı fermentasyona bağlı olarak artış göstermiştir. Ksiloz ve laktoz şekerinde ise 0. güne ait örnekte herhangi bir tartarik asit varlığı görülmezken, son güne ait örneklerin ksiloz şekerinde 19,53 ppm, laktoz şekerinde ise 105,21 ppm tartarik asit bulunduğu tespit edilmiştir.

Malik asit; fermentasyon öncesi hiçbir yeşil çay ekstraktının malik asit içermediği tespit edilmiştir. Fermentasyon sonucunda ksiloz şekerine ait örneğin 10. gününde 105,21 ppm, frutoz şekeri ile elde edilen yeşil çay örneklerinde ise 48,36 ppm malik asit varlığı saptanmıştır.

İzo sitrik asit; fermentasyon öncesinde hiçbir örnekte izo sitrik asit varlığına rastlanmamıştır. Fermentasyonu tamamlanan tüm karbon kaynaklarına ait örneklerde sırasıyla; glukoz şekerinde 590,30 ppm, sakkaroz şekerinde 640,70 ppm, ksiloz şekerinde 352,72 ppm, laktozda 683,64ppm ve fruktoz şekerine ait örneklerde ise 316,53 ppm olarak izo sitrik asit oluşumu tespit edilmiştir.

Laktik asit; yalnızca glukoz şekerinde gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda elde edilen örneklerin laktik asit miktarının arttığı tespit edilmiştir. Diğer dört karbon kaynağı (sakkaroz, ksiloz, laktoz ve fruktoz) kullanılarak elde edilen fermente çay örneklerinde ise laktik asit miktarı azalmıştır.

Asetik asit; glukoz ve fruktoz şekerlerine ait örneklerde asetik asit miktarının fermentasyona bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Sakkaroz şekerine ait örneklerde ise fermentasyon sonucunda asetik asit miktarının azaldığı gözlemlenmiştir. Ksiloz ve laktoz şekerlerinde 0. günde herhangi bir asetik asit varlığı gözlemlenmez iken, son gün örneklerinde asetik asit oluşumu saptanmıştır.

Sitrik asit; yeşil çay ile elde edilen örneklerin hiçbirinde fermentasyon öncesi sitrik asit varlığına rastlanmamıştır. Ksiloz şekerine ait son gün örneğinde 51,29 ppm, laktoz şekerine ait 10. gün örneğinde ise 53,15 ppm sitrik asit tespit edilmiştir.

Suksinik asit; yeşil çay ekstraktı kullanılarak elde edilen örneklerin yalnızca glukoz şekerinde 0. gün suksinik aside rastlanmıştır. 65,93 ppm olarak belirlenen suksinik asit miktarı, fermentasyon sonucunda 8,00 ppm olarak belirlenmiştir. Sakkaroz, ksiloz ve laktoz şekerleri kullanılarak elde edilen örneklerin fermentasyon öncesinde herhangi bir değer elde edilemezken, fermentasyon sonucunda suksinik asit miktarları sırasıyla; 7,62 ppm, 10,11 ppm, 98,66 ppm olarak belirlenmiştir.

Fumarik asit; hiçbir karbon kaynağına ait 0. gün yeşil çay örneklerinde fumarik asit varlığına rastlanmamıştır. Yalnızca fruktoz şekeri ile gerçekleştirilen yeşil çay-Kombucha çayı örneklerinde fermentasyonun tamamlanması ile 1,23 ppm değerinde fumarik asit varlığı tespit edilmiştir.

Yeşil çay ekstraktı ile elde edilen Kombucha fermente çay örnekleri arasında duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak istatistiksel değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda elde edilen bulgular Çizelge 4.61'de verilmiştir. Bu değerlendirmede; fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerinin organik asit profili değişimi ele alınmıştır. Bütün karbon kaynaklarına ait örneklerin kendi içerisinde fermentasyona bağlı olarak elde edilen değişimlerinin analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak glukoz şekeri ile elde edilen fermentasyon ürünlerindeki laktik asit, asetik asit değerlerinin ve sakkaroz şekeri ile elde edilen örnekte ise okzalik asit değerlerinin kendi aralarında herhangi bir farklılığının olmadığı, fermentasyon işleminin bu organik asitlerin artış ya da azalışında istatistiksel olarak önemli bir faktör kabul edilmediği belirlenmiştir ($P>0,01$). Diğer tüm karbon kaynakları ile elde edilen yeşil çay- Kombucha fermente çaylarında fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerinin kendi aralarında farklı olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla fermentasyonun organik asit profili değişimine olan etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,01$).

Çizelge 4.61. Yeşil çay-Kombucha çayına ait örneklerin organik asit profili (ppm)

Organik Asitler	Gün	Okzalik Asit	Tartarik	Malik asit	İzo Sitrik Asit	Laktik Asit	Asetik Asit	Sitrik asit	Suksinik Asit	Fumarik Asit
GLUKOZ	0	211,10 ^b ±5,97	36,38 ^b ±3,93			483,30 ^a ±30,28	585,72 ^a ±0,51		65,93±2,31	
	10	459,50 ^a ±20,60	388,70 ^a ±28,18		590,30±16,98	519,50 ^a ±16,08	848,27 ^a ±5,87		8,00±3,96	
SAKKAROZ	0	188,71 ^a ±9,35	91,73 ^a ±1,09			876,18 ^a ±13,49	331,91 ^a ±8,50			
	10	175,54 ^a ±3,18	118,86 ^a ±2,39		640,70±24,52	561,34 ^b ±13,31	375,34 ^a ±8,74		7,62±0	
KSİLOZ	0	170,62 ^b ±3,70				1049,45 ^a ±50,23				
	10	205,94 ^a ±10,18	19,53±4,91	105,21±11,14	352,72±11,66	580,81 ^b ±21,98	252,89±6,16	51,29±0,26	10,11±0	
LAKTOZ	0	202,11 ^a ±18,02				930,46 ^a ±5,95				
	10	98,42 ^b ±1,28	105,21±2,84		683,64±9,48	546,58 ^b ±25,08	71,78±11,53	53,15±1,39	98,66±1,96	
FRUKTOZ	0	552,29 ^a ±9,73	114,15 ^a ±9,55			711,53 ^a ±11,14	81,34 ^b ±7,23			
	10	78,71 ^b ±1,90	59,14 ^b ±1,60	48,36±4,65	316,53±23,81	503,73 ^b ±4,08	3107,10 ^a ±67,54			1,23±0,36

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

4.8.6. Adaçayı Kombucha çayında organik asit miktarının incelenmesi

Adaçayı, önceden belirlenen koşullara uygun olarak ekstrakte edilerek 5 farklı karbon kaynağı (glukoz, ksiloz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz) ilavesi sonrası Kombucha kültürü ile inokülasyon yapılmıştır. Ekstrakte edilmiş adaçayı 0. günü örneği ve fermentasyonu tamamlanmış son gün örneklerinde, organik asit profilini belirlemek amacıyla HPLC analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen veriler Çizelge 4.62'de verilmiştir.

Adaçayı- Kombucha çayı örneklerinin organik asit profili ;

Okzalik asit; glukoz ve sakkaroz şekerlerinde gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda elde edilen örneklerin, fermentasyona bağlı olarak okzalik asit miktarının arttığı tespit edilmiştir. Ksiloz, laktoz ve fruktoz şekerleri kullanılarak elde edilen fermente çay örneklerinde ise fermentasyon sonucunda okzalik asit miktarının azaldığı belirlenmiştir.

Tartarik asit; tüm karbon kaynaklarında gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda tartarik asit miktarının 0. günden daha fazla olduğu belirlenmiştir. En belirgin değişim, ksiloz şekeri örneklerinde tartarik asit miktarının 45,80 ppm değerinden 240,69 ppm değerine artması ile gerçekleşmiştir.

Malik asit; fermentasyon öncesi hiçbir adaçayı ekstraktının malik asit içermediği tespit edilmiştir. Fermentasyon sonucunda tüm karbon kaynaklarına ait örneklerde malik asit varlığı saptanmıştır. Malik asit değerleri; glukoz şekerinde 7,50 ppm, sakkaroz şekerinde 31,80 ppm, ksiloz şekerinde 43,57 ppm, laktozda 32,65 ppm ve fruktoz şekerine ait örneklerde ise 85,07 ppm olarak tespit edilmiştir.

İzo sitrik asit; malik asitte olduğu gibi, fermentasyon öncesi örneklerin hiçbirinde izo sitrik asit varlığına rastlanmamıştır. Fermentasyonu tamamlanan tüm karbon kaynaklarına ait örneklerde sırasıyla; glukoz şekerinde 69,40 ppm, sakkaroz şekerinde 46,56 ppm, ksiloz şekerinde 76,55 ppm, laktozda 34,08 ppm ve fruktoz şekerine ait örneklerde ise 217,56 ppm olarak izo sitrik asit oluşumu tespit edilmiştir.

Laktik asit; fermentasyon öncesi hiçbir adaçayı ekstraktının 0. gününde laktik asit olmadığı belirlenmiştir. Fermentasyon sonucunda tüm karbon kaynaklarına ait örneklerde laktik asit varlığı saptanmıştır. Bu değerler sırasıyla; glukoz şekerinde 7,40 ppm, sakkaroz şekerinde 16,40 ppm, ksiloz şekerinde 35,47 ppm, laktozda 15,37 ppm ve fruktoz şekerine ait örneklerde ise 31,77 ppm olarak tespit edilmiştir.

Asetik asit; tüm karbon kaynakları için elde edilen fermente çayların asetik asit miktarı fermentasyona bağlı olarak artmıştır.

Sitrik asit; adaçayı ile elde edilen hiçbir örnekte fermentasyon öncesi sitrik asit varlığına rastlanmamıştır. Fermentasyon sonrasında ise; ksiloz şekerine ait son gün örneğinde 10,28 ppm, laktoz şekerinde 31,13 ppm, fruktoz şekerinde ise 13,85 ppm sitrik asit varlığı tespit edilmiştir.

Suksinik asit; karbon kaynaklarının hiçbirinde 0. güne ait suksinik asit varlığına rastlanmamıştır. Fermentasyon ile elde edilen örneklerin suksinik asit miktarı glukoz şekeri için 48,30 ppm, sakkaroz şekeri için 50,57 ppm, ksiloz şekeri için ise 29,21 ppm olarak belirlenmiştir.

Fumarik asit; glukoz şeketine ait örneklerde fermentasyon öncesi ve sonrasına ait fumarik asit varlığı belirlenmemiştir. Diğer karbon kaynaklarında ise fermentasyon sonrasında fumarik asit oluşumu saptanmıştır. Bu miktarlar; sakkaroz şekerinde 5,60 ppm, ksiloz şekerinde 1,50 ppm, laktoz şekerinde 1,23 ppm ve fruktoz şekerinde ise 6,59 ppm'dir.

Adaçayı- Kombucha fermente çay örnekleri arasında Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak istatistiksel değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda elde edilen bulgular Çizelge 4.62'de verilmiştir. Bütün karbon kaynaklarına ait örneklerin kendi içerisinde fermentasyona bağlı olarak elde edilen değişimlerinin analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak sakkaroz şekeri ile elde edilen fermentasyon ürünlerinin oksalik asit değerlerinin ve fruktoz şekeri ile elde edilen örneğin tartarik asit değerlerinin kendi aralarında farklılık olmadığı, fermentasyon işleminin bu organik asitlerin artış ya da azalışında istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. ($P>0,01$). Diğer tüm karbon kaynakları ile elde edilen adaçayı- Kombucha fermente çaylarında fermentasyonun, organik asit profili değişimine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,01$).

Çizelge 4.62. Adaçayı-Kombucha çayına ait örneklerin organik asit profili (ppm)

Organik Asitler	Gün	Okzalik Asit	Tartarik Asit	Malik asit	İzo Sitrik Asit	Laktik Asit	Asetik Asit	Sitrik asit	Suksinik Asit	Fumarik Asit
GLUKOZ	0	192,10 ^b ±1,38	144,28 ^b ±0,12				781,41 ^b ±22,02			
	10	363,50 ^a ±1,77	422,10 ^a ±18,43	7,50±1,55	69,40±4,60	7,40±2,70	3913,94 ^a ±4,92		48,30±3,96	
SAKKAROZ	0	139,11 ^a ±12,54	109,79 ^b ±5,84				83,04 ^b ±6,90			
	10	254,57 ^a ±1,64	243,77 ^a ±3,40	31,81±0,72	46,56±4,02	16,40±1,72	2078,67 ^a ±4,29		50,57±0,95	5,60±0,01
KSİLOZ	0	210,64 ^a ±6,75	45,80 ^b ±8,70				41,44 ^a ±1,24			
	10	107,73 ^b ±4,19	240,69 ^a ±7,62	43,57±3,17	76,55±1,71	35,47±1,46	731,53 ^b ±149,68	10,28±2,04	29,21±0,92	1,50±0,30
LAKTOZ	0	165,08 ^a ±6,06	108,74 ^b ±10,18				156,56 ^b ±8,26			
	10	94,81 ^b ±2,12	224,72 ^a ±16,58	32,65±1,28	34,08±4,00	15,37±3,29	1683,72 ^a ±17,69	31,13±3,86		1,23±0,19
FRUKTOZ	0	640,10 ^a ±11,40	153,84 ^b ±5,44				179,09 ^b ±13,92			
	10	338,04 ^b ±4,73	235,88 ^a ±11,16	85,07±2,30	217,56±6,58	31,77±3,58	2123,92 ^a ±28,80	13,85±0,93		6,59±0,08

•Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

•Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir

4.8.7. Kahve Kombucha çayında organik asit miktarının incelenmesi

Kahvenin önceden belirlenen koşullara uygun olarak ekstrakte edilerek 5 farklı karbon kaynağı (glukoz, ksiloz, fruktoz, laktoz ve sakkaroz) ilavesi sonrası Kombucha kültürü ile inokülasyon yapılmıştır. Ekstrakte edilmiş kahve 0. günü örneği ve fermentasyonu tamamlanmış son gün örneklerinde, organik asit profilini belirlemek amacıyla HPLC analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen veriler Çizelge 4.63'te verilmiştir.

Kahve- Kombucha çayı örneklerinin organik asit profili ;

Okzalik asit; kahve ekstraktının glukoz ve sakkaroz şekerlerinde fermentasyonu sonucunda elde edilen örneklerinde, okzalik asit miktarının arttığı tespit edilmiştir. Ksiloz, laktoz ve fruktoz şekerleri kullanılarak elde edilen fermente kahve örneklerinde ise fermentasyon sonucunda okzalik asit miktarının azaldığı gözlemlenmiştir.

Tartarik asit; glukoz, sakkaroz ve laktoz şekerlerinin 0. gün örneklerinde, fermentasyon öncesi tartarik asit varlığına rastlanmamıştır. Fermentasyon sonrasında ise tartarik asit miktarı sırasıyla 1583,50 ppm, 1579,87ppm ve 118,86 ppm olarak saptanmıştır. Ksiloz şekerinde fermentasyon öncesi 50,16 ppm tartarik asit bulunurken, fermentasyon işlemi ile bu değerin 1475,88 ppm'e yükseldiği gözlemlenmiştir. En belirgin değişim, fruktoz şekeri örneklerinde tartarik asit miktarının 1,52 ppm değerinden 1440,15 ppm değerine artması ile gerçekleşmiştir.

Malik asit; glukoz ve sakkaroz şekerlerinde gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda malik asit değerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Ksiloz şekerinde ise 7,23 ppm değerinden 69,14 ppm değerine artmıştır. Laktoz ve fruktoz şekerlerine ait örneklerde fermentasyon öncesi malik asit varlığı görülmezken, fermentasyon sonrasında malik asit değerleri sırasıyla 79,31 ppm ve 90,07 ppm olarak belirlenmiştir.

İzo sitrik asit; sakkaroz şekerine ait örneklerin izo sitrik asit miktarı fermentasyon ile artmıştır. Fermentasyonu tamamlanan diğer karbon kaynaklarına ait örneklerde sırasıyla; glukoz şekerinde 39,91 ppm, ksiloz şekerinde 104,76 ppm, laktozda 78,12 ppm ve fruktoz şekerine ait örneklerde ise 223,88 ppm olarak izo sitrik asit oluşumu tespit edilmiştir.

Laktik asit; fermentasyon öncesi hiçbir kahve ekstraktının 0. gününde laktik asit olmadığı belirlenmiştir. Fermentasyon sonucunda tüm karbon kaynaklarına ait örneklerde laktik asit varlığı saptanmıştır. Bu değerler sırasıyla; glukoz şekerinde 10,08 ppm, sakkaroz şekerinde 10,00 ppm, ksiloz şekerinde 11,01 ppm, laktozda 9,64 ppm ve fruktoz şekerine ait örneklerde ise 13,64 ppm olarak tespit edilmiştir.

Asetik asit; tüm karbon kaynakları için elde edilen fermente kahve örneklerindeki asetik asit miktarı, fermentasyona bağlı olarak belirgin ölçüde artış göstermiştir.

Sitrik asit; kahve ile elde edilen hiçbir örnekte fermentasyon öncesi sitrik asit varlığına rastlanmamıştır. Fermentasyon sonrasında ise; glukoz şekerinde 51,10 ppm, sakkaroz şekerinde 63,87 ppm, ksiloz şekerinde 68,92 ppm, laktoz şekerinde 78,24 ppm, fruktoz şekerinde ise 37,21 ppm sitrik asit varlığı tespit edilmiştir.

Suksinik asit; glukoz şekerinde gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda suksinik asit miktarı 113,55 ppm değerinden 67,95 ppm değerine azaldığı gözlemlenmiştir. Sakkaroz şekerinde ise 59,39 ppm değerinden 228,26 değerine artmıştır. Fermentasyon öncesinde suksinik asit varlığı tespit edilmeyen ksiloz, laktoz ve fruktoz şekerleri ile elde edilen örneklerin suksinik asit miktarı sırasıyla; ksiloz şekeri için 89,71 ppm, laktoz şekeri için 0,48 ppm fruktoz şekeri için ise 206,58 ppm olarak belirlenmiştir.

Fumarik asit; kahve ekstraktı ile gerçekleştirilen Kombucha çaylarında, fermentasyon öncesi ve sonrası olmak üzere hiçbirinde fumarik asit varlığı gözlemlenmemiştir.

Kahve- Kombucha fermentasyon örnekleri arasında duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak istatistiksel değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda elde edilen bulgular Çizelge 4.63'te verilmiştir. Bu değerlendirmede; fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerinin organik asit profili değişimi ele alınmıştır. Bütün karbon kaynaklarına ait örneklerin kendi içerisinde fermentasyona bağlı olarak elde edilen değişimlerinin analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak; glukoz şekeri ile elde edilen fermentasyon ürünlerinde okzalik asit ve tartarik asit değerlerinin, sakkaroz şekeri ile elde edilen örneğin izo sitrik asit ve suksinik asit değerlerinin, ksiloz ve laktoz şekerlerine ait fermente kahve örneklerinin ise okzalik asit miktarlarının kendi aralarında önemli bir farklılık oluşturmadığı ve fermentasyon sonucunda bu organik asitlerin artış ya da azalışına etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. ($P>0,01$). Diğer tüm karbon kaynakları ile elde edilen kahve- Kombucha fermente çaylarında fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerinin kendi aralarında farklı olduğu ve farklı karbon kaynakları ile gerçekleştirilen fermentasyonun organik asit profili değişimine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,01$).

Çizelge 4.63. Kahve-Kombucha çayına ait örneklerin organik asit profili (ppm)

Organik Asitler	Gün	Okzalik Asit	Tartarik Asit	Malik asit	İzo Asit	Sitrik Asit	Laktik Asit	Asetik Asit	Sitrik asit	Suksinik Asit	Fumarik Asit
GLUKOZ	0	216,51 ^a ±4,92		323,39 ^a ±6,74						113,55 ^a ±4,47	
	10	263,40 ^a ±8,98	1583,50±14,28	58,90 ^b ±4,09	39,91±1,96	10,08±0,42	1259,41±10,51	51,10±7,66	67,95 ^a ±0,21		
SAKKAROZ	0	161,87 ^b ±6,04		300,78 ^a ±2,96	57,53 ^a ±0,59			290,63 ^b ±0,86		59,39 ^b ±0,85	
	10	317,50 ^a ±6,37	1579,87±0,26	77,34 ^b ±3,22	64,79 ^a ±3,63	10,00±1,03	2115,06 ^a ±4,73	63,87±3,75	228,26 ^a ±4,07		
KSİLOZ	0	202,49 ^a ±10,15	50,16 ^b ±0,75	7,23 ^b ±0				67,30 ^b ±5,20			
	10	175,93 ^a ±11,15	1475,88 ^a ±34,12	69,14 ^a ±3,61	104,76±10,15	11,01±0,59	1450,55 ^a ±3,49	68,92±2,84	89,61±6,84		
LAKTOZ	0	183,33 ^a ±2,00						64,03 ^b ±2,57			
	10	118,58 ^a ±1,10	118,86±3,50	79,31±2,09	78,12±1,88	9,64±1,21	1860,69 ^a ±0,22	78,24±1,15	0,48±0		
FRUKTOZ	0	566,88 ^a ±6,93	1,52 ^b ±0					94,21 ^b ±5,99			
	10	338,01 ^b ±5,51	1440,15 ^a ±32,99	90,07±2,67	223,88±4,09	13,64±1,27	2380,83 ^a ±15,80	37,21±4,29	206,58±8,70		

- Çizelgede belirtilen veriler ortalama±standart hata olarak verilmiştir.
- Aynı sütunda bulunan farklı harfler değerlerin $P<0,01$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir

Jayabalan vd (2007) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada siyah çay, yeşil çay ve çay atığı ortamına Kombucha fermentasyonu yapılmıştır. Fermentasyon boyunca elde edilen örneklerde HPLC ile organik asit profili incelenmiştir. Laktik asit değişiminin düzenli olmadığı, 0. gün örneklerinde tespit edilemediği ancak fermentasyonun laktik asit varlığına olumlu etkisinin olduğu belirlenmiştir. Asetik asit bakterilerinin, mayalar tarafından üretilen etanolü kullanması sonucu asetik asit varlığının zamanla arttığı belirlenmiştir. Fermente ürünlerde sitrik asit varlığına rastlanmamıştır. D- Glucuronik asit miktarının ise ilk günlerde artış gösterdiği, 12. günden sonra azaldığı ifade edilmiştir.

4.9. Kombucha Çaylarında Gerçekleştirilen Etanol Analizi Sonuçları

Farklı bitki-meyve çayları ve kahve kullanılarak elde edilen Kombucha çaylarında, HPLC cihazı ile gerçekleştirilen analiz sonucunda örneklerde etanol varlığına rastlanmamıştır.

Kombucha fermentasyonunda asıl olan asetik asit fermentasyonu olduğu için mayalar tarafından üretilen etanolün asetik aside çevrildiği ön görülmektedir.

4.10. Kombucha Çaylarında Gerçekleştirilen Duyusal Analiz Sonuçları

12 paneliste sunulan 21 set halindeki ikili gruplardan tercih edilen her bir örneğe 1 puan verilmiştir. Meyve- bitki çayları ve kahve ekstraktlarında üretilen Kombucha fermente çaylarına ait 1 puan verilerek elde edilen duyusal analiz sonuçlarına bağlı veriler Çizelge 4.64'te verilmiştir.

Çizelge 4.64. Panelistlerin duyusal değerlendirme sonucu elde edilen puan cetveli

	A	B	C	D	E	F	G	Toplam
A	-	7	11	8	10	11	6	53
B	5	-	8	7	11	11	5	47
C	1	4	-	5	9	9	3	31
D	4	5	7	-	9	10	7	42
E	2	1	3	3	-	9	6	24
F	1	1	3	2	3	-	2	12
G	6	7	9	5	6	10	-	43
Toplam	19	25	41	30	48	60	29	252

- Hücrelerde belirtilen puan değerleri, o hücrenin bulunduğu satırdaki örneğin sütundaki örneğe göre panelistler tarafından kaç defa tercih edildiğini ifade etmektedir.
- A (Hibiskus), B (Yaban mersini), C (Kuşburnu), D (Siyah çay), E (Yeşil çay), F (Adaçayı), G (Kahve) örnekleri için kullanılan kodlama harflerini vermektedir.

Elde edilen örneklere ait puanlar, tercih açısından sıralandırma yapabilmek amacıyla formül 3.2'deki gibi hesaplanmıştır. Bu hesaplama için örneklerin genel toplamlarına ait veriler Çizelge 4.65'te verilmiştir. Denklem 3.2'de verilen formül ile T değeri hesaplaması gerçekleştirilmiş ve buna bağlı olarak Kombucha örneklerinin T

değeri 59,05 olarak bulunmuştur. “Ki-Kare Değerleri Dağılımında Değişik Serbestlik Dereceleri ve Değişik Olasılıklar için Kritik Değerler” tablosunda ($\alpha=0,05$, $n=7$) için belirlenen kritik T değeri ($T_k=12,59$), örnekler için hesaplanan T değeri ile karşılaştırılmıştır. $12,59 < 59,05$ ($T_k < T$) olduğu için Tukey HSD Çoklu Karşılaştırma Testi yapılmıştır. Buna göre gerçekleştirilen istatistiksel hesaplamaya bağlı harflendirme Çizelge 4.65’de verilmiştir.

Çizelge 4.65. Panelistler tarafından tercih edilen örneklere ait toplam puanlar ve Tukey HSD Çoklu Karşılaştırma Testi’ne göre örneklerin istatistiksel değerlendirilmesi

Örnekler	Tercih edilen örnek
A	91 ^f
B	97 ^e
C	113 ^c
D	102 ^d
E	120 ^b
F	132 ^a
G	101 ^d

- A (Hibiskus), B (Yaban mersini), C (Kuşburnu), D (Siyah çay), E (Yeşil çay), F (Adaçayı), G (Kahve) örnekleri için kullanılan kodlama harflerini vermektedir.
- Panelistler tarafından en çok tercih edilen örnekler en düşük puanı alan örneklerdir. Puan arttıkça beğeni düzeyi azalmaktadır.

Tukey HSD Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre, farklı meyve-bitki çayları ve kahve kullanılarak gerçekleştirilen Kombucha örneklerinin, duyuşal açıdan farklı olduğu belirlenmiştir ($P < 0,01$).

Duyuşal değerlendirmeyi gerçekleştiren panelistlere yönelik “Tüketici olsaydınız hangi ürünü tercih ederdiniz? Sizce hangisi daha lezzetli?” sorusuna göre; en az tercih edilen örnek en yüksek puanı alan adaçayı- Kombucha örneklerine aittir. En çok beğenilen örnek ise Nar çayı(hibiskus) ekstraktı ile fermentasyonu gerçekleştirilen Kombucha çayına aittir. Tüm çaylar için beğeniye bağlı sıralama; Nar (hibiskus) > Yaban mersini > Kahve=Siyaç çay > Kuşburnu > Yeşilçay > Adaçayı olarak belirlenmiştir.

5. SONUÇ

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, önceden yapılmış birçok araştırma sonucu faydalı özellikleri belirlenen Kombucha çayının farklı substrat kaynakları kullanılarak geliştirilmesi hedeflenmiştir. Çalışmada farklı meyve- bitki çayları (nar, yaban mersini, kuşburnu, siyah çay, yeşilçay, adaçayı) ve kahve ekstraktları kullanılmıştır. Ekstraktlara 5 farklı karbon kaynağı ilavesi ve uygun koşullarda 10 günlük fermentasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Fermentasyon süresince elde edilen pH miktarı değişimi, toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivitesi, renk ölçümü, organik asit profilinin tespiti ve etanol miktarının belirlenmesi, kullanılan toplam şeker miktarının belirlenmesi için analizler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca fermentasyonun son günü alınan örnekler ile biyokütle tartımı gerçekleştirilerek 10 günlük fermentasyon süresince kültürün biyokütle artışı takip edilmiştir. Örneklerin duyu analizi gerçekleştirilebilmek için her bir çay örneğinden tekrar üretim yapılarak panelistlere sunulmuştur.

Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre;

Tüm çaylarda ve kahvede farklı karbon kaynakları kullanılarak gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda elde edilen örneklerin pH değerinde zamana bağlı azalma gözlemlenmiştir. Fermentasyonun ilk günlerinde azalma daha belirgin iken, fermentasyonun son günlerinde azalmanın yavaşladığı saptanmıştır. Ayrıca meyve çaylarına ait örneklerin, bitki çayları ve kahve örneklerine oranla daha asidik olduğu belirlenmiştir. Kombucha fermentasyonu sonucu oluşan organik asit varlığına bağlı olarak, asitlik değerinin zamanla arttığı ön görülmüştür. Fermentasyonun pH değeri değişiminde etkili olduğu tespit edilmiştir ($P<0,01$).

Fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivitesine bağlı olarak gerçekleştirilen analizler sonucunda, elde edilen verilerde yapılan istatistiksel değerlendirmelere göre; fermentasyonun ve zamanın, fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivitesi değişiminde önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir ($P<0,01$). Örneklerin fenolik madde miktarı değişimi ve antioksidan aktivitesi günlere bağlı düzenli bir değişim göstermemiştir. Buna rağmen sakkaroz şekeri haricinde genellikle fermentasyonu tamamlanan Kombucha örneklerinin antioksidan kapasitesi ve fenolik madde miktarının, 0. günde belirlenen değerlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Sakkaroz şekerinde ise fermentasyonu tamamlanan çaylara ait antioksidan aktivitenin, başlangıça oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Ksiloz şekeri mayalar tarafından daha zor kullanılmakta iken, sakkarozun Kombucha kültürü tarafından kullanılabilmesi için inversiyona ihtiyacı vardır. Bu reaksiyon mayalarda bulunan invertaz enzimi ile sağlanmaktadır. Böylece asetik asit bakterileri glukoz ve fruktoz şekerlerini kullanarak fermentasyonu gerçekleştirmektedir. Çalışmada bulunan tüm karbon kaynakları, Kombucha kültürü tarafından kullanılarak fermente edilebilmiştir. Bakteri ve mayalar tarafından en çok kullanılan karbon kaynağı fruktoz olarak belirlenmiştir. En az kullanılabilen şeker kaynağı ise ksilozdur. Laktoz şekerinin mikroorganizmalar tarafından kullanım kapasitesinin glukoz ve sakkaroz göre daha az olduğu tespit edilmiştir. Yapılan istatistik değerlendirmelerine göre karbon kaynaklarının fermentasyon süresince kullanım miktarlarının birbirinden farklı ve bu farkın $P<0,01$ seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında kullanılan tüm karbon kaynaklarında biyokütle gelişimi gerçekleşmiştir. Kombucha kültüründe bulunan bakteri ve mayaların karbon kaynaklarını kullanabildiği belirlenmiştir. Biyokütle gelişim miktarı olarak genellikle en fazla gelişim glukoz şekerine ait örneklerde gözlemlenmiştir. En az gelişim ise fruktoz şekerine ait örneklerde tespit edilmiştir.

Renk ölçümü gerçekleştirilen örneklerde; nar çayına ait tüm karbon kaynaklarında L , a , b değerlerinin fermentasyondan etkilenmediği ve birbirleri arasında farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,01$). Yaban mersini ve kuşburnu çaylarında ise yalnız ksiloz şekerine ait örneklerin L ve b değerlerinin birbirlerinden farklı olduğu ($P<0,01$), diğer tüm değerlerin fermentasyon öncesi ve sonrası değerlerinde farklılık olmadığı gözlemlenmiştir ($P>0,01$). Fermentasyon işleminin meyve çaylarındaki renk değişimi üzerinde genellikle çok fazla bir etkisi olmadığı saptanmıştır. Bitki çayları ve kahve örneklerinde ise Kombucha fermentasyonunun renk değişiminde daha etkili olduğu yapılan ölçümler sonucunda tespit edildiği gibi, fermentasyon süresince de çıplak gözle gözlemlenmiştir. Laktoz ve sakkaroz şekerlerine ait örneklerde herhangi bir farklılığa rastlanmaz iken, glukoz, ksiloz ve fruktoz şekerlerine ait örneklerin L , a , b değerlerinde fermentasyon sonucu farklılık oluşturduğu ve bu farklılığın ($P<0,01$) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

HPLC ile organik asit profilini belirlemeye yönelik analizlerde; okzalik asit, tartarik asit, malik asit, izo sitrik asit, laktik asit, asetik asit, sitrik asit, suksinik asit ve fumarik asit olmak üzere toplamda 9 organik asit incelenmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda Kombucha fermentasyonunun genellikle organik asit profilini olumlu etkilediği, fermentasyon öncesi ve sonrası değerleri arasında farklılık olduğu belirlenmiştir ($P<0,01$).

Meyve çaylarının tümünde, kahve ve adaçayı örneklerinde; okzalik asit miktarı ksiloz, laktoz ve fruktoz şekerlerinde azalır iken, sakkaroz ve glukoz şekerlerinde artış göstermiştir. Tartarik asit miktarı ise tüm karbon kaynaklarında fermentasyon ile artmıştır. Kahve haricinde hiçbir çay örneğinde fermentasyon öncesi malik asit varlığına rastlanmamıştır. Fermentasyon işleminin çaylarda olumlu etki gösterdiği ve malik asit oluşumunun gerçekleştiği belirlenmiştir. Kahve örneklerinde ise glukoz ve sakkaroz şekerinde malik asit miktarının fermentasyon ile azaldığı, ksiloz şekerinde ise malik asidin arttığı saptanmıştır. Laktoz ve fruktoz şekerinde ise fermentasyon sonucunda malik asit oluşumu tespit edilmiştir.

Bitki çaylarının fermentasyon öncesi örneklerinde izo sitrik asit varlığına rastlanmaz iken, fermentasyon işlemi sonucunda tüm karbon kaynaklarına ait örneklerde izo sitrik asit oluşumu gözlemlenmiştir. Kahve örneklerinde de izo sitrik asit oluşumu Kombucha fermentasyonu sonucunda elde edilmiştir. Nar çayında ise glukoz ve ksiloz şekerleri kullanılarak gerçekleştirilen fermentasyon işlemi sonucunda örneklerin izo sitrik asit miktarı azalmıştır. Diğer karbon kaynaklarında ise arttığı tespit edilmiştir. Yaban mersini çayında, laktoz şekeri kullanılarak gerçekleştirilen fermentasyon işleminde, örneklerin izo sitrik asit miktarının azaldığı gözlemlenmiştir. Glukoz, ksiloz, fruktoz ve sakkaroz şekerlerinde ise fermentasyonun izo sitrik asit miktarını arttırdığı belirlenmiştir. Kuşburnu çayına ait örneklerde fermentasyonun olumlu etkisi ile fermente kuşburnu çaylarında izo sitrik asit oluşumuna rastlanmıştır.

Farklı çay, kahve ve karbon kaynaklarında gerçekleştirilen Kombucha çaylarında; meyve çayları, adaçayı ve kahve ekstraktlarının 0. gün örneklerinde laktik asit tespit edilemezken, fermentasyonu sonlandırılan örneklerde laktik aside rastlanmıştır. Ayrıca asetik asit miktarı da fermentasyona bağlı olarak artmıştır. Siyah çayda glukoz ve laktoz şekerine ait örneklerin laktik asit miktarında zamana bağlı artış; sakkaroz, ksiloz ve fruktoz şekerlerinde azalma gözlemlenmiştir. Glukoz ve sakkaroz şekerine ait örneklerde asetik asit miktarı azalmıştır. Diğer karbon kaynaklarında ise fermentasyon öncesi herhangi bir asetik asit varlığı yok iken fermentasyon sonrası asetik aside rastlanmıştır. Yeşil çayda gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda, glukoz şekerine ait örneklerin laktik asit miktarının arttığı, diğer 4 karbon kaynağına (sakkaroz, ksiloz, laktoz, fruktoz) ait örneklerin ise laktik asit miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Asetik asit miktarının ise glukoz ve fruktoz şekerine ait örneklerde arttığı, sakkaroz şekerinde ise azaldığı belirlenmiştir. Laktoz ve ksiloz şekerlerinde ise fermentasyon öncesi asetik asit varlığına rastlanmaz iken, fermentasyon sonrası örneklerde asetik asit oluşumu gözlemlenmiştir. Asetik asidin Kombucha fermente çaylarında en baskın asit olduğu, bunun da kültürde bulunan asetik asit bakterileri tarafından gerçekleştirildiği öngörülmüştür.

Nar çayı örneklerinin fermentasyon öncesi ve sonrasında sitrik asit varlığına rastlanmamıştır. Yaban mersini ve kuşburnu çaylarında ise tüm karbon kaynaklarında gerçekleştirilen fermentasyona bağlı olarak örneklerde sitrik asit oluşumu gözlenmiştir. Siyah çayda yalnızca ksiloz şekerine ait örneklerde fermentasyon sonrası sitrik asit varlığına rastlanmıştır. Yeşil çay örneklerinde ksiloz ve laktoz şekerinde gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda sitrik asit oluşumu gözlemlenmiştir. Adaçayında ise ksiloz, laktoz ve fruktoz şekerlerine ait örneklerde sitrik asit oluşumu gerçekleşmiştir. Siyah çay, yeşil çay ve adaçayına ait diğer karbon kaynaklarında fermentasyon öncesi ve sonrasında sitrik asit tespit edilememiştir.

Meyve çaylarında fermentasyon işleminin suksinik asit varlığına olumlu etkisi olduğu belirlenmiştir. Yalnızca yaban mersini çayının sakkaroz şekerinde fermente çayın suksinik asit miktarının fermentasyonla azaldığı belirlenmiştir. Siyah çayda glukoz şekerine ait örneklerin suksinik asit miktarının fermentasyonla azaldığı tespit edilmiştir. Sakkaroz şekerinde ise fermentasyon öncesinde suksinik asit olmadığı, fermentasyon dan sonra ise suksinik asit oluştuğu belirlenmiştir. Yeşil çay örneklerinde sakkaroz, ksiloz ve laktoz şekerine ait 0. gün örneklerinde suksinik asit varlığına rastlanmamıştır. Fermentasyon sonucunda suksinik asit oluşumu belirlenmiştir. Glukoz şekerine ait örneklerde ise suksinik asidin fermentasyon ile azaldığı tespit edilmiştir. Adaçayı örneklerinde fermentasyon öncesinde suksinik asit tespit edilememiştir. Fermentasyon sonucunda glukoz, sakkaroz, ksiloz şekerinde suksinik asit varlığı gözlemlenmiştir. Kahve- sakkaroz örneklerinde suksinik asit miktarı artar iken, glukoz şekerinde ise azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Ksiloz, laktoz ve fruktoz örneklerinde ise fermentasyon sonucu suksinik oluşumuna rastlanmıştır.

Kahve ve siyah çay örneklerinin hiçbirinde fumarik asit varlığına rastlanmamıştır. Yeşil çayda ise fruktoz şekeri ile gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda fumarik asit oluşumu gözlemlenmiştir. Adaçayında sakkaroz, ksiloz, laktoz ve fruktoz şekeri ile gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda fumarik asit oluşumu belirlenmiştir. Nar çayının glukoz, ksiloz ve fruktoz şekerlerine ait fermentasyon örneklerinde fumarik asit oluşumu belirlenmiştir. Yaban mersini çayında glukoz şekerine ait örneğin fermentasyon sonucunda fumarik asit miktarı artarken, fruktoz şekeri ile gerçekleştirilen fermentasyon

sonucunda fumarik asit oluşumu tespit edilmiştir. Kuşburnu çayına ait örneklerin yalnızca fruktoz şekeri ile fermentasyonu sonucunda fumarik asit varlığı gözlemlenmiştir. Tüm çaylarda diğer karbon kaynakları için fumarik asit varlığına rastlanmamıştır.

Farklı meyve bitki çayları ve kahve örneklerinde gerçekleştirilen fermentasyon örneklerinde etanol oluşumu tespit edilmemiştir.

Örneklerin duyu analizi için “İkili Gruplanmış Sıralama Testi” kullanılmış ve duyu değerlendirmeyi gerçekleştiren 12 paneliste yönelik “Tüketici olsaydınız hangi ürünü tercih ederdiniz? Sizce hangisi daha lezzetli?” sorusu yöneltilmiştir. Buna göre en az tercih edilen örnek en yüksek puanı alan adaçayı- Kombucha örneklerine aittir. En çok beğenilen örnek ise Nar çayı(hibiskus) ekstraktı ile fermentasyonu gerçekleştirilen Kombucha çayına aittir. Tüm çaylar için beğeniye bağlı sıralama; Nar (hibiskus)> Yaban mersini> Kahve=Siyah çay> Kuşburnu> Yeşilçay> Adaçayı olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre; Kombucha çayının farklı tüketim seçeneklerine bağlı olarak daha geniş kitlelere ulaşacağı ve endüstride yeni üretim kombinasyonlarının oluşturulmasına kaynak olabileceği düşünülmektedir. Fenolik ve antioksidan içeriği sayesinde üretilen Kombucha çayı fonksiyonel gıda bileşenleri içeren alternatif gıda ürünü olarak kullanılabilir. Sakkaroz haricinde diğer karbon kaynaklarında da Kombucha kültürünün faaliyet gösterebildiği ve farklı karbon kaynaklarının kültür tarafından kullanılabilmesi belirlenmiştir. Fermentasyon işleminin ve farklı substrat ortamının organik asit profili ve miktarı değişiminde etkili olduğu ortaya koyulmuştur. Bunun yanı sıra, Kombucha ile ilgilenen ve bu alanda çalışmak isteyen araştırmacılara yol gösterici ve yararlanılacak bir kaynak olmasını temenni ederim.

6. KAYNAKLAR

- Anonim 2008. http://www.swsbm.com/Images/New10-2003/Coffea_arabica-5.jpg
- Anonim, 2013. <http://www.bitkiselnyag.org/kambucha-mantari-kambu-cayi-kombucha/>
- Anonim 2013a. <http://www.xn--kombuay-yxa28d.com/kombuchanin-kombu-cayi-tarihcesi-ve-ya-yilmasi/>
- Anonim 2013b. http://stevegallik.org/cellbiologylm_Ex03_P04.html
- Anonim 2014. <http://cinarhaberajansi.com/hibiskus-cayinin-faydalari/>
- Anonim 2014a. <http://listelist.com/kullandigimiz-bitkilerin-kokeni/>
- Anonim 2015. <http://www.serpiltarman.com/yaban-mersininin-faydalari/>
- Anonim 2015a. <http://www.cancer.org/treatment/treatmentsandsideeffects>
- Anonim 2015b. <http://nasilkolay.com/kusburnu-nerede-yetisir>
- Anonim 2015c. <http://drosmanmuftuoglu.com/p/535-siyah-cay>
- Anonim 2016. https://tr.wikipedia.org/wiki/Kombu_%C3%87ay%C4%B1
- Anonim 2016a. [https://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87ay_\(bitki\)](https://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87ay_(bitki))
- Anonim 2016b. <https://en.wikipedia.org/wiki/Kombucha>
- Anonim 2016c. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Fruktoz>
- Anonim 2016d. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Sakkaroz>
- Anonim 2016e. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Laktoz>
- Anonim 2016f. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Ksiloz>
- Anonim 2016g. <https://www.diyetkolik.com/kac-kalori/kusburnu/>
- Anonim 2016h. <http://www.memlekettengelsin.com/goksoy-hibiskus-cayi-50-gr>
- Anonim 2016i. [https://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87ay_\(bitki\)](https://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87ay_(bitki))
- Anonim 2017. <https://en.wikipedia.org/wiki/Fermentation>
- Anonim 2017a. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Glukoz>
- Anonim 2017b. <http://www.yabanmersini.org/yaban-mersini-nedir.html>

- Anonim 2017c. <http://www.seyirkafe.com/en-guzel-cay-resimleri/>
- Anonim 2017e. <http://www.obezitehaber.com/metabolizmayi-hizlandiran-yesil-cay-kuru-2852.html>
- Anonim 2017e. <http://ecodab.com.tr/en/urun.php?no=100156>
- Anonim 2017f. <http://www.doludefter.com/adacayi-ve-gebelik-hakkinda-bilgiler-hamilelikte-adacayi-icilir-mi-zararlari-nelerdir/>
- ALİ, B.H., WABEL, N.A. and BLUNDEN, G. 2005. Phytochemical, pharmacological and toxicological aspects of *Hibiscus sabdariffa* L.: a review. *Phytotherapy Research*, 19 (5): 369-375.
- ALİ, M.K., ASHRAF, A., BISWAS, N.N., KARMAKAR, U.K. and AFROZ, S. 2011. Antinociceptive, anti-inflammatory and antidiarrheal activities of ethanolic calyx extract of *Hibiscus sabdariffa* linn.(malvaceae) in mice. *Zhong Xi Yi Jie He Xue Bao= Journal Of Chinese Integrative Medicine*, 9 (6): 626-631.
- ARAN, N. 2010. Gıda Biyoteknolojisi. Nobel Bilim ve Araştırma Merkezi: 1490, 1. Basım, Ankara, 493 s.
- BAŞARIR, S. 2005. A comparative study on design of Turkish coffee brewing machines for self-service:“Telve”,“Kahve” And “Gondol”. Master Of Science, İzmir Enstitute of Technology, İzmir, 168 s.
- BATTIKH, H., BAKHROUF, A. and AMMAR, E. 2012. Antimicrobial effect of kombucha analogues. *LWT - Food Science And Technology*, 47 (1): 71-77.
- BHATTACHARYA, S., GACHHUI, R. and SIL, P.C. 2013. Effect of kombucha, a fermented black tea in attenuating oxidative stress mediated tissue damage in alloxan induced diabetic rats. *Food And Chemical Toxicology*, 60 (0): 328-340.
- BİLİŞLİ, A. 2009. Gıda Kimyası. Sidas Yayın: 005- 1B, Çanakkale, 355 s.
- CEMEROĞLU, B.S. 2011. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Nobel Yayınevi: 223, 1. Basım, 1. cilt, Ankara, 707 s.
- CHOI, S.J., PARK, S.Y., PARK, S.K. and JUNG, M.Y. 2016. Contents and compositions of policosanols in green tea (*Camellia sinensis*) leaves. *Food Chemistry*, 204: 94–101.
- CHU, S.C. and CHEN, S. 2006. Effects of origins and fermentation time on the antioxidant activities of kombucha. *Food Chemistry*, 98 (3): 502-507.
- CVETKOVIĆ, D., MARKOV, S., DJURIĆ, M., SAVIĆ, D. and VELIĆANSKI, A. 2008. Specific interfacial area as a key variable in scaling-up kombucha fermentation. *Journal Of Food Engineering*, 85 (3): 387-392.

- ÇELİK, İ., TEMUR, A. and IŞIK, İ. 2009. Hepatoprotective role and antioxidant capacity of pomegranate (*Punica granatum*) flowers infusion against trichloroacetic acid-exposed in rats. *Food and Chemical Toxicology*, 47: 145–149.
- DEMİR, A. 2011. Siyah ve Yeşil Çay ile Atıklarının Antioksidan Özelliklerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Rize Üniversitesi, Rize, 79 s.
- DEMİR, A. 2012. Farklı kuşburnu (*Rosa sp.*) türlerinde olgunlaşma süresince fenolik bileşik değişimi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, 53 s.
- DOĞANAY, S. 2014. Akut Yorucu Egzersiz Yaptırılan Ratlarda Kan Ve Karaciğer Oksidan /Antioksidan Sistemler Üzerine Bilberry'nin (Yaban Mersini) Etkileri. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 108 s.
- ELGÜN, A. 2011. Şarabın Sirkeye Dönüşümü. 1. Ulusal Helal Ve Sağlıklı Gıda Kongresi, Ss. 50-58, 19-20 Kasım, Ankara.
- FARAG, M.A., RASHEED, D.M. and KAMAL, I.M. 2015. Volatiles and primary metabolites profiling in two *Hibiscus sabdariffa* (roselle) cultivars via headspace SPME-GC-MS and chemometrics. *Food Research International*, 78: 327–335.
- FOURNIER- LARENTE, J., MORIN, M.P. and GRENIER, D. 2016. Green tea catechins potentiate the effect of antibiotics and modulate adherence and gene expression in *Porphyromonas gingivalis*. *Archives of Oral Biology*, 65: 35–43.
- GHARIB, O.A. 2014. Effect of kombucha on some trace element levels in different organs of electromagnetic field exposed rats. *Journal Of Radiation Research And Applied Sciences*, 7 (1): 18-22.
- GREENWALT, C.J., LEDFORD, R.A. and STEINKRAUS, K.H. 1998. Determination and characterization of the antimicrobial activity of the fermented tea kombucha. *Food Science And Technology-Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 31 (3): 291-296.
- GÖKTAŞ, G. 2013. Yaban Mersini (*Vaccinium Myrtillus/Vaccinium Corymbosum*) Fenolik Bileşiklerinin Lc-Ms/Ms İle Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 75 s.
- GÜZEL, Ç. 2011. Siyah Çay Ekstresinin Karbonik Anhidraz Enzimi Üzerine Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, 51.s.
- HAN, Z., RANA, M.M., LIU, G., GAO, M., LI, D., WU, F., LI, X., WAN, X. and WEI, S. 2016. Green tea flavour determinants and their changes over manufacturing processes. *Food Chemistry*, 212: 739–748.

- HARTMANN, M.A., BURLESON, L.E., HOLMES, A.K. and GEIST, C.R. 2000. Effects of chronic kombucha ingestion on open-field behaviors, longevity, appetitive behaviors, and organs in c57-bl/6 mice: a pilot study. *Nutrition*, 16 (9): 755-761.
- HOPKINS, A.L., LAMM, M.G., FUNK, J.L. and RITENBAUGH, C. 2013. *Hibiscus Sabdariffa L.* in the treatment of hypertension and hyperlipidemia: a comprehensive review of animal and human studies. *Fitoterapia*, 85: 84-94.
- HRNJEZ, D., VASTAG, Z., MILANOVIC, S., VUKIC, V., ILICIC, M. and POPOVIC, L. 2014. The biological activity of fermented dairy products obtained by Kombucha and conventional starter cultures during storage. *Journal of functional foods*, 10: 336–345.
- ISMAIEL, AHMED A., BASSYOUNI., RASHA H., KAMEL Z., GABR SHAIMAA M. 2016. Detoxification of Patulin by Kombucha tea culture. *Journal of Food*, 14 (2): 271-279.
- JAYABALAN, R., MARIMUTHU, S. and SWAMINATHAN, K. 2007. Changes in content of organic acids and tea polyphenols during kombucha tea fermentation. *Food Chemistry*, 102 (1): 392-398.
- JAYABALAN, R., SUBATHRADEVI, P., MARIMUTHU, S., SATHISHKUMAR, M. and SWAMINATHAN, K. 2008. Changes in free-radical scavenging ability of kombucha tea during fermentation. *Food Chemistry*, 109 (1): 227-234.
- JAYABALAN, R., MALBAŠA, R.V., VITAS J.S. and SATHISHKUMAR M. 2014. A review on kombucha tea—microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13: 538-550.
- JAYABALAN, R., MALINI, K., SATHISHKUMAR, M., SWAMINATHAN, K. and YUN, S. 2010. Biochemical characteristics of tea fungus produced during Kombucha fermentation. *Food Sci. Biotechnology*, 19 (3): 843-847.
- KALLEL, L., DESSEAUX, V., HAMDİ, M., STOCKER, P. and AJANDOUZ, E. 2012. Insights into the fermentation biochemistry of Kombucha teas and potential impacts of Kombucha drinking on starch digestion. *Food Research International*, 49: 226–232
- KELEBEK, H. 2016. LC-DAD–ESI-MS/MS characterization of phenolic constituents in Turkish black tea: Effect of infusion time and temperature. *Food Chemistry*, 204: 227–238.
- KIVANÇLI, J. 2011. Türk Kahvesinin Karakteristik Lezzetinin Gc/Ms Ve Lezzet Profili Analizi Tekniği İle Belirlenmesi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 99 s.

- KUBİLAY, Z. 2014. Karpuz (*Citrullus Vulgaris*) Ve Kavun (*Cucumis Melo*) Meyve Sularının Kombucha Mantarı İle Fermantasyon Ürünlerinin Antioksidan Aktivitelerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Ankara 28 s.
- KUMAR, S.D., NARAYAN, G. and HASSARAJANI, S. 2008. Determination of anionic minerals in black and kombucha tea using ion chromatography. *Food Chemistry*, 111 (3): 784-788.
- KUTLU, G. 2015. Misk Adaçayı (*Salvia Sclarea*) Tohumlarından Optimum Koşullarda Üretilen Gammın Fizikokimyasal, Kompozisyonel, Konformasyonel Ve Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 71 s.
- KUTLUER, F. 2009. Kombucha Mantarının Kültürel Özellikleri Ve Şeker Redüksiyonunun İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 80 s.
- KÜÇÜKÖZET, A.O. 2015. Oleoresin içeren yenebilir filmlerin piliç etinin raf ömrü ve pişirme kalitesi üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 80 s. (Duyusal)
- LEUNG, F.P., YUNG, L.M., NGAI, C.Y., CHEANG, W.S., TIAN, X.Y., LAU, C.W., ZHANG, Y., LIU, J., CHEN, Z.Y., BIAN, Z., YAO, X. and HUANG, Y. 2016. Chronic black tea extract consumption improves endothelial function in ovariectomized rats. *Eur J Nutr*, 55: 1963–1972.
- LONČAR, E., DJURIĆ, M., MALBAŠA, R., KOLAROV, L. and KLAŠNJA, M. 2006. Influence of working conditions upon Kombucha conducted fermentation of black tea. *Food and Bioproducts Processing*, 84 (C3): 186–192.
- MALBAŠA, R., LONČAR, E. and DJURIĆ, M. 2008. Comparison of the products of kombucha fermentation on sucrose and molasses. *Food Chemistry*, 106 (3): 1039-1045.
- MALBAŠA, R., LONČAR, E., DJURIĆ, M. and DOŠENOVIĆ, I. 2008a. Effect of sucrose concentration on the products of kombucha fermentation on molasses. *Food Chemistry*, 108 (3): 926-932.
- MEILGAARD, M., CIVILLE, G.V., CARR, B.T. 1991. *Sensory Evaluation Techniques*. CRC Press, 2nd Edition, United States, 349 s.
- MILLER, G.L., 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, 31 (3): 426-428

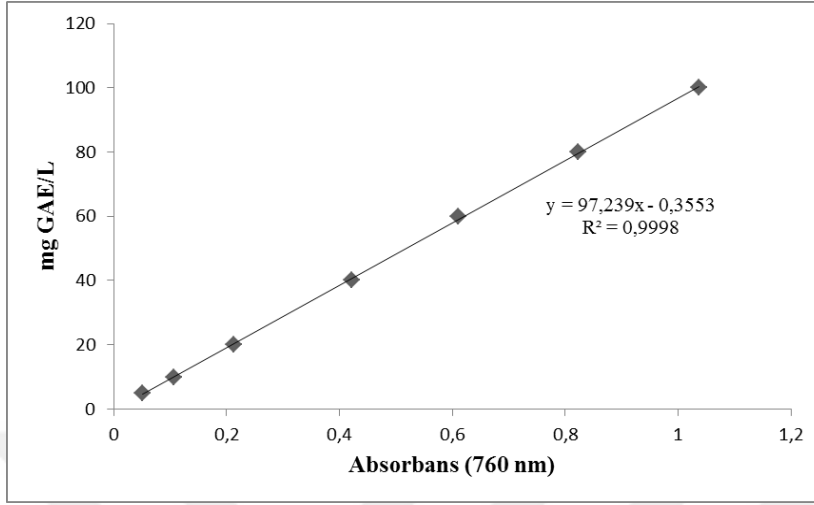
- MOZAFFARI- KHOSRAVI, H., JALALI-KHANABADI, B-A., AFKHAMI-ARDEKANI, M., FATEHI, F. and NOORI-SHADKAM, M. 2009. The effects of sour tea (*Hibiscus sabdariffa*) on hypertension in patients with type II diabetes. *Journal of Human Hypertension*, 23: 48–54.
- MURATHAN, Z.T., ZARIFIKHOSROSHAHI M., KAFKAS E. and SEVİNDİK E. 2016. Characterization of bioactive compounds in rosehip species from East Anatolia region of Turkey. *Ital. J. Food Sci*, 28: 314-325.
- NGUYEN, V., FLANAGAN, B., MIKKELSEN, D., RAMIREZ, S., RIVAS, L., GIDLEY, M.J. and DYKES, G.A. 2010. Spontaneous mutation results in lower cellulose production by a gluconacetobacter xylinus strain from kombucha. *Carbohydrate Polymers*, 80 (2): 337-343.
- OZIYCI, H.R., KARHAN, M., TETIK, N. and TURHAN, I. 2013. Effects of processing method and storage temperature on clear pomegranate juice turbidity and color. *Journal Of Food Processing And Preservation*, 37 (5): 899-906.
- OZKARA, K.T. 2012. Determination of processing properties of Turkish Coffee, M. Sc. Thesis, University of Gaziantep, 140 s.
- ÖZÇELİK, S. 2009. Genel Mikrobiyoloji. Filiz Matbaacılık: 1, 3. Baskı, Ankara, 346 s.
- PAULINE, T., DIPTI, P., ANJU, B., KAVIMANI, S., SHARMA, S.K., SARADA, S.K., SAIRAM, M., ILAVAZHAGAN, G., DEVENDRA, K. and SELVAMURTHY, W. 2001. Studies on toxicity, anti-stress and hepato-protective properties of kombucha tea. *Biomedical And Environmental Sciences: BES*, 14 (3): 207-213.
- PAVLIĆ, B., VIDOVIĆ S., VILADIĆ J., RADOSAVLJEVIĆ R. and CINDRIĆ M. 2016. Subcritical water extraction of sage (*Salvia officinalis* L.) by-products—Process optimization by response surface methodology. *The Journal of Supercritical Fluids*, 116: 36–45.
- SALDAMLI, İ. 2007. Gıda Kimyası. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 3. Baskı, Ankara, 587 s.
- SAXENA, A. and VIKRAM, N.K. 2004. Role of selected indian plants in management of type 2 diabetes: a review. *The Journal Of Alternative & Complementary Medicine*, 10 (2): 369-378.
- ŠKERGET, M., KOTNIK, P., HADOLIN, M., HRAŠ, A.R., SIMONIĆ, M. and KNEZ, Ž. 2005. Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chemistry*, 89 (2): 191-198.
- SPANOS, G.A. and WROLSTAD, R.E. 1990. Influence of processing and storage on the phenolic composition of thompson seedless grape juice. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 38 (7): 1565-1571.

- STEELS, H., JAMES, S.A., BOND, C.J., ROBERTS, I.N. and STRATFORD M. 2002. *Zygosaccharomyces kombuchaensis*: the physiology of a new species related to the spoilage yeasts *Zygosaccharomyces lentus* and *Zygosaccharomyces bailii*. *Fems Yeast Research*, 2: 113-121.
- STRAGULA, P., GLADKOWSKI, W., KUCHARSKA, A., LETOWSKA, A. and GABRIELSKA, J. 2016. Antioxidant activity and anti-inflammatory effect of fruit extracts from blackcurrant, chokeberry, hawthorn, and rosehip, and their mixture with linseed oil on a model lipid membrane. *Eur. J. Lipid Sci. Technology*, 118: 461-474.
- SU, L., YIN, J.J, CHARLES, D., ZHOU, K., MOORE, J. and YU, L.L. 2007. Total phenolic contents, chelating capacities, and radical-scavenging properties of black peppercorn, nutmeg, rosehip, cinnamon and oregano leaf. *Food Chemistry*, 100: 990-997.
- TARHAN, K., AYKUT, G., TEK, S. 2013. Farklı Bitki ve Meyve Çayları Kullanılarak Fermantasyonla Kombucha Çayı Üretimi. Lisans Bitirme Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 80s.
- TURHAN, İ. 2015. Endüstriyel Mikrobiyolojiye Giriş. Palme Yayıncılık: 921, Ankara, 288 s.
- ŞAHİN, G. 2013. Dondurarak ve Açık Havada Kurutarak Muhafazanın Kusburnu Meyvesinin Bazı Kalite Özelliklerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, 65 s.
- VITAS, J.S., MALBAŠA, R.V., GRAHOVAC, J.A. and LONČAR, E.V. 2013. The antioxidant activity of kombucha fermented milk products with stinging nettle and winter savory. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*, 19 (1): 129-139.
- VELICANSKI, A., CVETKOVIC, D. and MARKOV, S. 2013. Characteristics of Kombucha fermentation on medicinal herbs from Lamiaceae family. *Romanian Biotechnological Letters*, 18 (1): 8034- 8042.
- VUKIC, V.R., HRNJEZ, D.V., KANURIC, K.G., MILANOVIC, S.D., ILIĆIC, M.D., TORBICA, M.A. and TOMIC, J.M. 2014. The effect of kombucha starter culture on the gelation process, microstructure and rheological properties during milk fermentation. *Journal of Texture Studies*, 45 (4): 261-273.
- WAITES, M.J., MORGAN, N.L., ROCKEY, J.S., HIGTON, G. 2001. *Industrial Microbiology: An Introduction*. Blackwell Science, London, 288 s.
- WANG, K., GAN, X., TANG, X., WANG, S. and TAN, H. 2010. Determination of d-saccharic acid-1,4-lactone from brewed kombucha broth by high-performance capillary electrophoresis. *Journal Of Chromatography B-Analytical Technologies In The Biomedical And Life Sciences*, 878 (3-4): 371-374.

- WATAWANA, M., JAYAWARDENA, N. and WAISUNDARA, V.Y. 2015. enhancement of the functional properties of coffee through fermentation by “tea fungus” (Kombucha). *Journal of Food Processing and Preservation*, 39: 2596–2603.
- YANG, Z., Jİ, B., ZHOU, F., Lİ, B., LUO, Y., YANG, L. and Lİ, T. 2008. Hypocholesterolaemic and antioxidant effects of kombucha tea in high-cholesterol fed mice. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 89 (1): 150-156.
- YAĞCIOĞLU, P. 2015. Farklı ekstraksiyon metotları ile adaçayı (*salvia officinalis* L.) bitkisinden antioksidan ekstraksiyonunun optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 95 s.
- YILDIZ, S., YAVAŞ, H., GÜRBÜZ, O. ve DEĞİRMENCİOĞLU, N. 2015. Türkiye’de Yetişen Yaban Mersini Meyvesinin Fenolik Bileşiklerinin Karakterizasyonu. *Gıda ve Yem Bilimi- Teknolojisi Dergisi*, 15: 9-18 (2015).
- YILMAZ, M. 2011. Safran (*Crocus Sativus*), Nar Çiçeği (*Punica Granatum*), Havacıya Otu (*Alkana Tinctoria*) Ve Zerdeçal (*Curcuma Longa*)’nın, Protein Poliakrilamid Elektroferez Jellerinin Boyanmasında Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, 31 s.
- YÜCEŞEN, D. 2012. Kahve Telvesinin Çeşitli Alanlarda Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 110 s.
- ZHEN, J., VILLANI, T.S., GUO, Y., CHIN, K., PAN, M., HO, C., SIMON, J.E. and WU, Q. 2016. Phytochemistry, antioxidant capacity, total phenolic content and anti-inflammatory activity of *Hibiscus sabdariffa* leaves. *Food Chemistry*, 190: 673–680.
- ZIMMERMANN, B.F., WALCH S.G. and TINZOH L.N. 2011. Rapid UHPLC determination of polyphenols in aqueous infusions of *Salvia officinalis* L. (sage tea). *Journal of Chromatography B*, 879: 2459–2464.

7. EKLER

EK.1. Fenolik Madde Analizinde Kullanılan Kurve ve Veriler

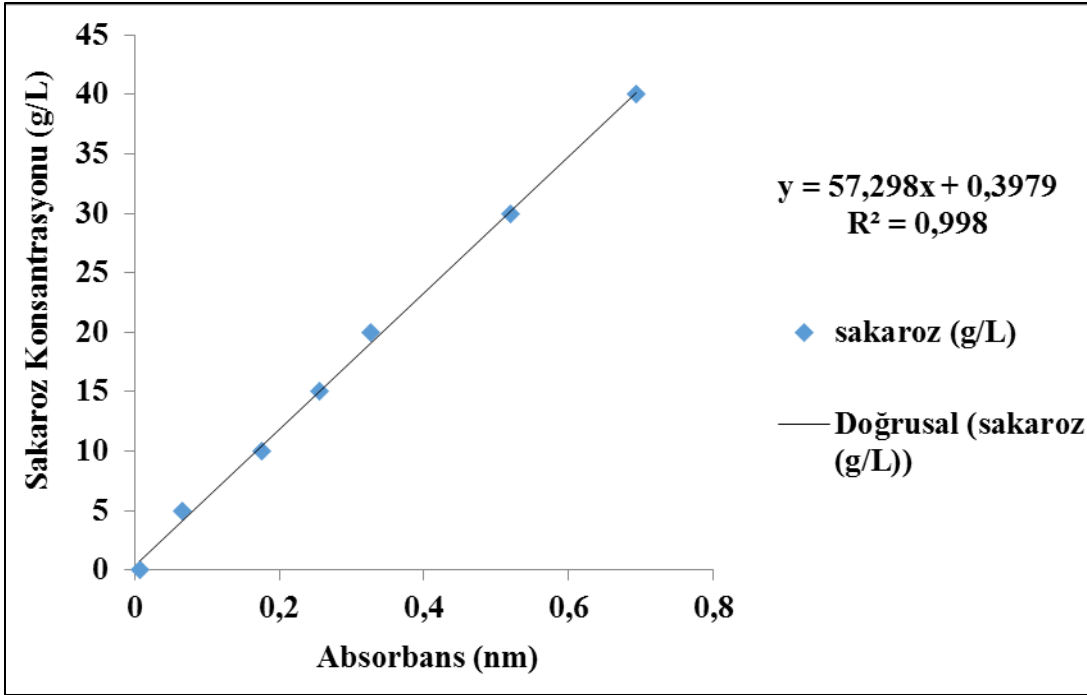


Fenolik madde analizinde kullanılan standart kurve ve verileri

Fenolik standart kurvesi verileri

Fenolik eşdeğeri (mg GAE/L)	Absorbans (760 nm)
5	0,012
10	0,108
20	0,213
40	0,422
60	0,612
80	0,823
100	1,037

EK.2. Toplam İndirgen Şeker Analizinde Kullanılan Sakkaroz Standart Kurvesi ve Verileri



Sakkaroz standart kurvesinin verileri

Absorbans (575 nm)	Sakkaroz Konsantrasyonu (g/L)
0,694	40
0,521	30
0,326	20
0,256	15
0,175	10
0,065	5
0,007	0

8. ÖZGEÇMİŞ

Kübra TARHAN 1991 yılında Kocaeli/ Gölcük'te doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Çanakkale'de tamamladı. 2009 yılında girdiği Akdeniz Üniveristesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden 2013 yılında Gıda Mühendisi olarak mezun oldu. 2014 yılında Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine başlayan Kübra TARHAN halen aynı kurumda eğitimini sürdürmektedir.

