

## Araştırma Makalesi (Research Article)

Gülçin ŞATIR<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, 32260, Isparta, Türkiye

\*Sorumlu yazar (Corresponding author):

[gulcinsatir@sdu.edu.tr](mailto:gulcinsatir@sdu.edu.tr)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (3):465-472

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1333999>

# Siyah ve yeşil çay kullanımının kombu çayı fermantasyonu üzerine etkilerinin belirlenmesi

Determination of the effects of black and green tea use on kombucha fermentation

Alınış: (Received):28.07.2023

Kabul Tarihi (Accepted): 10.09.2023

## ÖZ

**Amaç:** Kombu çayı üretiminin optimizasyonu için substrat ve fermantasyon koşulları önemlidir. Bu çalışmanın amacı, siyah ve yeşil çay kullanılarak belirlenmiş fermantasyon parametrelerinde üretilen Kombu çaylarının bazı önemli gıda bileşenleri üzerindeki etkilerini belirlemektir.

**Materyal ve Yöntem:** Siyah ve yeşil çay örnekleri (SYÇ ve YEÇ), 25°C'ye soğutulduktan sonra her ikisine de eşit miktarda simbiyotik bakteri ve maya kültüründen (SCOBY) oluşan kombu çayı starteri kullanılmıştır. Fermantasyon 25°C'de 7 gün devam etmiştir. Üretilen kombu çayı (SKOM ve YKOM) örneklerinde pH, kimyasal bileşim, şeker bileşenleri, renk özellikleri, organik asit profili ve duyuşal değerlendirme yapılmıştır.

**Araştırma Bulguları:** Fermantasyon süresince, her iki çayda pH azalmıştır; Kombu çayı örneklerinde kül içeriği fermantasyonun ilk gününe göre önemli düzeyde azalmıştır. Siyah çaydan üretilen kombu çayında glukoz, fruktoz ve sakaroz fermantasyon süresince mikrobiyotaya tarafından tamamen kullanılmıştır. Yeşil çayın fermantasyonu süresince de şeker kullanımını olmasına karşın yeşil çaydan üretilen kombu çayında önemli miktarda glukoz, fruktoz ve sakaroz tespit edilmiştir. Hem siyah hem de yeşil çay ile üretilen kombu örneklerinde asetik asit miktarı fermantasyona bağlı olarak önemli düzeyde artmıştır. Hem siyah hem de yeşil çay ile üretilen kombu çayları genel olarak beğenilerek tüketilmiştir.

**Sonuç:** Ülkemizde önemli olan çay tüketimine alternatif olabilecek, fermantasyonla sağlık özellikleri artırılacak bir ürün olan kombu çayının üretim teknolojisine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## ABSTRACT

**Objective:** The substrate and fermentation conditions are critical for kombucha production. The aim of this study is to determine the effects of different substrates on kombucha fermentation.

**Material and Methods:** Black and green tea samples (BT and GT) were cooled to 25°C and mixed with an equal amount of kombucha culture. Fermentation continued for 7 days at 25°C. The pH, chemical composition, sugar components, color properties, organic acid profiles, and sensory properties of kombucha (BTK and GTK) were evaluated.

**Results:** During fermentation, pH slightly decreased in both tea samples; the ash content of kombucha samples decreased significantly compared to the first day of fermentation. During fermentation, the microbiota thoroughly utilized glucose, fructose, and sucrose in black tea kombucha samples. Although sugar is used during the fermentation of green tea, significant amounts of glucose, fructose, and sucrose were detected in green tea kombucha. In both samples, acetic acid increased significantly due to fermentation. Kombucha, produced with black and green tea, is generally consumed with pleasure.

**Conclusion:** It is critical to investigate the properties of kombucha, which is a product that could be an alternative to tea consumption habits in our country and could improve its health properties by fermentation.

**Anahtar sözcükler:** Biyoaktif bileşen, fermantasyon, kombu, SCOBY, substrat

**Keywords:** Bioactive substances, fermentation, kombucha, SCOBY, substrate

## GİRİŞ

Çay, kendine has renk, tat ve yanısıra içerdiği biyoaktif bileşenlerle sağlığa faydalı etkileri nedeniyle de ilgi duyulan ve dünyada yaygın olarak tüketilen bir içecektir. *Camellia sinensis* L. olarak adlandırılan çay bitkisinin yaprakları her mevsim yeşil renktedir. İçerisinde bulunan fenolik maddeler, antioksidan aktivitesinin yüksek olmasını sağlar (Ünal vd., 2016). Kateşinler (flavanoller), çeşitli fenolik bileşenler arasında en önemli türdür. Yeşil çayda kateşinler daha fazla bulunurken, siyah çayda fermantasyon işlemiyle yerini theaflavinler ve thearubiginler'e bırakmaktadır. Bu reaksiyon, çaya hafif burukluk, parlaklık ve kırmızımsı bir renk verir. Yapılan pek çok çalışmada çayın, antioksidan, antimutajenik, antibakteriyal, yaşlanmayı geciktirici, obezite ve diyabetin komplikasyonlarını önleyici gibi yararlı özelliklerinin olduğu belirtilmektedir (de Oliveira et al., 2023). Bunun yanında çay içmenin kardiyovasküler hastalıkları azalttığı ve olumsuz etkilerini en aza indirdiği belirlenmiştir (Chiang & Kistler, 2022).

"Kombucha", Japonca *Laminaria japonica* adlı geniş yapraklı bir deniz yosununu tanımlayan "Kombu" ile çay anlamına gelen "Cha" kelimelerinin birleşiminden oluşur (Giritlioğlu vd., 2020). Kombü çayı, hafif tatlı ve ekşimsi bir lezzete sahip bir içecek olarak giderek daha popüler hale gelmektedir. Mikroorganizmaların aktivitesiyle oluşan bu fermente içecek genellikle siyah çayın, selülozik yapıdaki kombü çayı starteri fermantasyonuyla üretilmektedir. Bu biyofilm tabakası 'çay fungusu' olarak bilinmekte ve 'SCOBY' olarak isimlendirilmektedir. SCOBY, 'bakteri ve mayaların simbiyotik kültürü' anlamına gelen 'Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast' in kısaltmasıdır (Laureys et al., 2020). Vegan ürün olması nedeniyle günümüzde ön plana çıkan bir fermente üründür.

Siyah çay ve şeker, Kombücha'nın hazırlanması için geleneksel substratlardır, kombü çayı starteri de bu fermantasyonla biyokütlesini artırmaktadır. Farklı bitki çaylarının da kullanılabileceği de bildirildiği gibi (Li et al., 2022) bazı çalışmalarda da farklı meyve sularıyla kombü çayı fermantasyonu da incelenmiştir (Watawana et al., 2017; Villarreal-Soto et al., 2018). Kombü çayı üretiminde kullanılan çayla birlikte, mikroorganizmaların gelişimi için sakaroz da ilave edilir. Fermantasyon için inokülasyon materyali olarak hacminin %10 ila 20'si kadar daha önce fermantasyonu tamamlanmış çay veya çayın ince selülozik biyofilm tabakası inoküle edilir ve farklı sıcaklık ve gün parametreleri ile fermantasyon sonunda farklı asitlik seviyelerine ulaşılmaktadır (Essawet et al., 2015). Başlıca fermantasyon ürünleri asetik asit, sitrik asit, glukoronik asit gibi organik asitler, diyet lif, etanol ve CO<sub>2</sub>'dir. Ayrıca fenolik bileşenler, C vitamini ve B grubu vitaminleri gibi pek çok biyoaktif bileşen de fermantasyon ortamında üretilebilir (Villarreal-Soto et al., 2018; Kapp & Sumner, 2019; Cardoso et al., 2020).

Fermantasyon sırasında, kombü çayı starter içeriğindeki mayalar, ekstrakt içinde çözünmüş sakarozu invertaz enzimi ile hidrolize etmektedir. Mayalar, sakarozun etanole hidrolizinden salınan glukoz ve fruktozu metabolize ederek, etanoldeki asetik asit bakterileri tarafından asetik aside dönüştürülmektedir (Essawet et al., 2015). Ayrıca mayalar tarafından etanol üretilirken, asetik asit bakterileri glukozdan glukoronik asit, fruktozdan asetik asit de üretebilmektedir (Malbaša et al., 2008; Watawana et al., 2015). Kombü çayının içeriğini asetik asit, etanol, glukoronik asitin yanı sıra okzalik asit, şeker, B<sub>1</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub> ve C vitamini gibi suda çözünen vitaminler, kateşinler, teafllavinler, flavonoller, aminoasitler, karbondioksit, sodyum, potasyum, kalsiyum, bakır, demir, mangan ve çinko gibi mineraller oluşturmaktadır. Kombü çayı sadece tat ve lezzeti ile değil, profilaktik ve terapötik etkileri nedeniyle de severek tüketilmektedir (Teoh et al., 2004; Battikh et al., 2013).

Kombü çayının, fermantasyon kinetiği, üretilen metabolitler ve biyoaktif bileşenlerle ilişkisini anlayabilmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Ayrıca kombü çayı üretim optimizasyonunda kullanılacak substrat ve optimum fermantasyon koşullarının belirlenmesi için de pek çok parametre ve varyasyon gerekmektedir (Villarreal-soto et al., 2021). Bu araştırmada siyah ve yeşil çay kullanılarak belirlenmiş fermantasyon parametrelerinde fermente edilen Kombü çaylarının bazı önemli gıda bileşenleri üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Materyal Temini

Araştırmada kullanılan kombu çayı starteri, Danem Süt ve Süt Ürünleri Ltd. Şti. (Süleyman Demirel Üniversitesi, Göller Bölgesi Teknokenti, Isparta) tarafından sağlanmıştır. Üretimde kullanılan aynı marka siyah ve yeşil çaylar Isparta ilindeki yerel marketten temin edilmiştir.

### Kombu Çayı Üretimi ve Parametreleri

Üretimde, 8 g siyah çay veya 8 g yeşil çay 800 mL sıcak su ile 15 dakika demlenmeye bırakılmıştır. Daha sonra çay ekstraktları süzülerek ve her iki çaya 16 gr şeker eklenmiştir. Siyah ve yeşil çay örnekleri (SYÇ ve YEÇ), 25°C'ye soğutulduktan sonra her ikisine de eşit miktarda olmak üzere 60 g kombu çayı starteri ilave edilmiştir. Fermantasyon 25°C'de 7 gün devam etmiştir. Kombu çayı (SKOM ve YKOM) üretimleri 2 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Siyah çay ve yeşil çay örneklerinden ve bunlardan üretilen kombu çaylarından örnekler alınmıştır. Farklı kombu çayı örneklerinde pH, kimyasal bileşim, şeker bileşenleri, organik asit profilinin tespiti, renk değişimi ve örneklerin duyu analizleri gerçekleştirilmiştir.

### Metot

#### pH

Örneklerin pH değerleri Inolab (WTW, Measurement System, FL, ABD) pH metre kullanılarak belirlenmiştir.

#### Kimyasal Bileşim

Örneklerin kimyasal bileşiminin tespiti için protein (AOAC, metot 984.13), yağ (AOAC, metot 996.06), kurumadde (AOAC, metot 953.07) ve kül (AOAC, metot 923.03) analizleri yapılmıştır (AOAC, 2012).

#### Şeker Bileşenleri

Kombu çayı örnekleri 0,45 µm filtreden geçirilmiştir. Şeker bileşenlerinin kantitatif tayininde Shimadzu RID-10A dedektörü (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japonya) ile Shimadzu LC 20AD pompasından oluşan HPLC Sistemi kullanılmıştır. Ayırma işleminde LiChroCART, 250 x 4.6 mm, 5 µm kolon kullanılmıştır. Kolon fırın sıcaklığı ise 80°C'ye ve enjeksiyon hacmi 20 µL olarak ayarlanmıştır. Asetonitril ve deiyonize sudan (75:25 v/v) oluşan mobil faz kullanılmış ve akış hızı 1.0 mL/dk olarak ayarlanmıştır (Muhialdin et al., 2019).

#### Organik Asit Profili

HPLC cihazında SPD-10Avp UV-VIS dedektör (210 nm) kullanılarak kombu çayı örneklerinde organik asitlerin (oksalik asit, sitrik asit, asetik asit, laktik asit, sitrik asit ve suksinik asit) içeriği belirlenmiştir. Teknokroma tracer extrasil ODS2 250x4.6 mm boyutlarında partikül çapı 5 µm (Barselona, İspanya) kolona 0.8 ml/dk akış hızında örnekler enjekte edilmiştir. pH'sı 2.20'ye ayarlanan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>O, mobil faz olarak kullanılmıştır (Jayabalan et al., 2007; Muhialdin et al., 2019).

#### Renk

Renk ölçümü Minolta Chroma Meter (CR-400; Konica Minolta, Inc., Marunouchi, Japan) ile yapılmıştır. Örnekler kristal kuvarz cam tüplere hava boşluğu kalmayacak şekilde eklenip; CIE L\*, a\*, b\* ve ΔE değerleri okunmuştur (Guzel-Seydim et al., 2021). Bu koordinat sisteminde, L\* değeri dikey ekseninde parlaklıktan koyuluğa gidişi gösterirken, +a\* kırmızılığa, -a\* yeşillığe, +b\* sarılığa ve -b\* maviliğe sahiptir. Örneklerin ölçümünden önce cihazın kalibrasyonu beyaz kalibrasyon plakası ile yapılmıştır.

#### Duyusal Değerlendirme

7 gün sonunda fermantasyonu tamamlanan örneklerden kombu çayı starteri süzüldükten sonra örnekler soğutulmuştur. Panelistlere 4°C'de soğuk olarak verilmiştir. Siyah ve yeşil çaylardan hazırlanan Kombu çaylarının duyu olarak değerlendirilmesi 1-9 arasında hedonik skala kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kombu

çayları kodlandırılarak 8 paneliste, duyuusal değerlendirme formuyla beraber sunulmuş ve ürünlerin değerlendirilmesinin yapılması istenmiştir (Osiripun & Apisittiwong, 2021).

### İstatistiksel değerlendirme

Kombu çayı üretimi 2 tekerrürlü, analizler en az 2 paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesinde SPSS v24.0 paket programı (SPSS Inc., Chicago, Illinois, US) kullanılmış, veriler çoklu varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Farklılıklar arasında  $p < 0.05$  anlamlı olarak kabul edilmiştir.

## ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Siyah çay ve yeşil çay örneklerinin sırasıyla ortalama pH değeri  $4.15 \pm 0.10$  ve  $3.29 \pm 0.05$  olarak belirlenmiştir. Fermantasyon sonrası siyah ve yeşil çaydan üretilen kombu çayı örneklerinde 7. günde pH değerleri  $3.20 \pm 0.20$  ve  $3.26 \pm 0.03$ 'dir. Fermantasyon süresince, her iki çayda da pH düşmüştür; fermantasyon sonunda siyah ve yeşil çay örneklerin pH değerleri benzer bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Kombu çayı üretimiyle ilgili yapılan araştırmalarda farklı şeker oranları, farklı fermantasyon sıcaklık ve süreleri kullanılmasına karşın genel olarak kombu çayının pH değeri 3.20-3.60 aralığında bulgularımızla uyumlu olarak tespit edilmiştir (Cvetković et al., 2008; Kallel et al., 2012; Velićanski et al., 2014).

Siyah ve yeşil çay ile hazırlanan kombu çaylarının kimyasal analiz bulguları Çizelge 1'de sunulmuştur. Siyah ve yeşil çayların kuru madde değerleri ile bunlardan hazırlanan kombu çaylarının kuru madde değerleri birbirine benzer olarak %98-%99 aralığında tespit edilmiştir. Bulgular, Jayabalan et al. (2010)'ın yaptığı araştırma sonuçlarıyla uyumludur. Kombu çayı örneklerinde kül içeriği fermantasyonun ilk gününe göre önemli düzeyde azalmıştır ( $p < 0.05$ ). Kombu çayı fermantasyonu süresince mikrobiyotanın mineral kullanımıyla ilgili olduğu düşünülmüştür. Yapılan bir çalışmada, beyaz şeker (%10), hindistan cevizi, hurma şekeri (%10) ve pekmez (%10) ile hazırlanan Kombu çay örneklerinin kül içeriği sırasıyla %0.23, %0.04 ve %0.60 tespit edilmiştir (Muhialdin et al., 2019). Kombu çayının kül içeriği, üretim sürecinde kullanılan karbon kaynaklarına bağlıdır. Bununla birlikte, farklı hammaddelerden yapılan kombu çayının kül içeriği ile ilgili sınırlı sayıda literatür vardır.

**Çizelge 1.** Kombu çaylarının kimyasal analiz bulguları (g/100g)

**Table 1.** Chemical composition of kombucha teas (g/100g)

Örnek	Nem	Kül	Protein	Yağ	Karbonhidr
SYÇ	99.38±0.25	0.095±0.005 <sup>A</sup>	-	-	0.47±0.23 <sup>Ab</sup>
SKOM	98.46±0.31	0.065±0.003 <sup>B</sup>	-	-	1.42±0.45 <sup>Ba</sup>
YEÇ	98.68±0.18	0.090±0.001 <sup>A</sup>	-	-	1.17±0.25 <sup>Aa</sup>
YKOM	98.52±0.35	0.075±0.005 <sup>B</sup>	-	-	1.35±0.25 <sup>Aa</sup>

SYÇ: Şeker ilave edilmiş siyah çay, SKOM: Siyah çay ile üretilen kombu çayı, YEÇ: Şeker ilave edilmiş yeşil çay, YKOM: Yeşil çay ile üretilen kombu çayı

<sup>a,b</sup>: Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen siyah ve yeşil çay örneklerinde farklılıklar önemlidir ( $p < 0.05$ )

<sup>A,B</sup>: Siyah ve yeşil çay örneklerinde fermantasyonun etkisi aynı sütun içinde farklı harflerle ifade edilen farklılıklar önemlidir ( $p < 0.05$ )

Protein tayin limiti (LOD): 0.05 g/100 g; Yağ tayin limiti (LOD): 0.01 g/100 g.

Siyah ve yeşil çay kullanılarak üretilen kombu çaylarının şeker bileşenleri Çizelge 2' de verilmiştir. Fermantasyonun, hem siyah hem yeşil çayda kullanılan toplam şeker miktarını azalttığı tespit edilmiştir. Kombu çayı starter mikrobiyotası şekeri etkin kullanmıştır. Fermantasyon öncesi çaylardaki şeker miktarındaki değişim analiz süresinde olası enzimatik aktiviteden kaynaklanmıştır (Rechner et al., 2004; Jakubczyk et al., 2020). Fermantasyon sürecinde çeşitli karbon kaynakları kullanımının şeker tüketim miktarı üzerinde önemli bir etkisi vardır ( $p < 0.05$ ). Siyah çaydan üretilen kombu çayında glukoz, fruktoz ve sakaroz 7 gün olan fermantasyon süresince mikrobiyota tarafından tamamen kullanılmıştır. Yeşil çayın

fermantasyonu süresince de şekerlerin kullanımı olmasına karşın yeşil çaydan üretilen kombu çayında önemli miktarda glukoz, fruktoz ve sakaroz tespit edilmiştir. Yeşil çaydan kombu çayı üretiminde fermantasyon süresinin uzatılması önemli olabilir. Siyah çay bileşenlerinin mikrobiyota üzerindeki etkisi bu noktada çok önemlidir. Fermantasyonun başarılı bir şekilde gerçekleşmesi yalnızca şeker kaynağına bağımlı değildir, aynı zamanda siyah çayda bulunan biyoaktif bileşenlerin de fermantasyonun gerçekleşmesi için önemli olduğu düşünülmüştür (Wu et al., 2021). Kombu çayı starterinin en iyi glukoz ve sakaroz şekerini kullandığı önceki çalışmalarda belirtilmiştir (Malbaşa et al., 2008; Villarreal-Soto et al., 2018; Watawana et al., 2015). Jayabalan et al. (2010), siyah çay kombu starterinin 21 gün süren fermantasyon sürecinde glukozun, fruktoza oranla daha hızlı kullanıldığını belirtmişlerdir.

### Çizelge 2. Kombu çaylarının şeker bileşenleri (g/L)

**Table 2.** Sugar components of kombucha teas (g/L)

Örnek	Glukoz	Fruktoz	Sakaroz
SYÇ	5.17±0.025 <sup>Aa</sup>	2.54±0.01 <sup>Ab</sup>	9.78 ±0.29 <sup>Aa</sup>
SKOM	- <sup>Bb</sup>	- <sup>Bb</sup>	- <sup>Bb</sup>
YEÇ	1.99±0.01 <sup>Ab</sup>	2.03±0.045 <sup>Bb</sup>	11.24±0.05 <sup>Aa</sup>
YKOM	1.65 ±0.04 <sup>Ba</sup>	1.99±0.01 <sup>Ba</sup>	9.60±0.02 <sup>Ba</sup>

SYÇ: Şeker ilave edilmiş siyah çay, SKOM: Siyah çay ile üretilen kombu çayı, YEÇ: Şeker ilave edilmiş yeşil çay, YKOM: Yeşil çay ile üretilen kombu çayı

<sup>a,b</sup>: Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen siyah ve yeşil çay örneklerinde farklılıklar önemlidir ( $p<0.05$ )

<sup>A,B</sup>: Siyah ve yeşil çay örneklerinde fermantasyonun etkisi aynı sütun içinde farklı harflerle ifade edilen farklılıklar önemlidir ( $P<0.05$ )

Laktöz, maltoz ve ksiloz için tayin limiti (LOD): 0.05 g/L.

Fermantasyon süresince sakaroz monomerlerine parçalandıktan sonra kombu çayı starter içeriğindeki mikrobiyota tarafından kullanılmış ve başlıca asetik asit olmak üzere organik asitlerin miktarı artmıştır. Genel olarak, fermantasyon sırasında fruktoz içeriğinin sakarozdan daha düşük olması, maya hücreleri tarafından karbon kaynağı olarak fruktozun tercih edildiğini düşündürmektedir (Jayabalan et al., 2010; Neffe-Skocińska et al., 2017). Siyah ve yeşil çay örnekleri ile fermantasyonu tamamlanmış kombu çayı örneklerinde organik asit profili Çizelge 3' de verilmiştir.

### Çizelge 3. Kombu çaylarının organik asit profili (mg/L)

**Table 3.** Organic acid profiles of kombucha teas (mg/L)

Örnek	Asetik asit	Okzalik asit	Sitrik asit	Süksinik asit
SYÇ	- <sup>Ba</sup>	168.3 ±3.8 <sup>Aa</sup>	110.5±6.8 <sup>Aa</sup>	540.1±21.1 <sup>Aa</sup>
SKOM	5001.2±4.2 <sup>Aa</sup>	7.3 ±1.5 <sup>Ba</sup>	49.9±4.3 <sup>Ba</sup>	256.2±2.7 <sup>Ba</sup>
YEÇ	- <sup>Ba</sup>	36.4±2.9 <sup>Ab</sup>	25.6±0.3 <sup>Ab</sup>	70.1±4.0 <sup>Ab</sup>
YKOM	118.1±0.3 <sup>Ab</sup>	6.6±0.2 <sup>Bb</sup>	20.8±0.8 <sup>Bb</sup>	56.8±1.2 <sup>Bb</sup>

SYÇ: Şeker ilave edilmiş siyah çay, SKOM: Siyah çay ile üretilen kombu çayı, YEÇ: Şeker ilave edilmiş yeşil çay, YKOM: Yeşil çay ile üretilen kombu çayı

<sup>a,b</sup>: Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen siyah ve yeşil çay örneklerinde farklılıklar önemlidir ( $p<0.05$ )

<sup>A,B</sup>: Siyah ve yeşil çay örneklerinde fermantasyonun etkisi aynı sütun içinde farklı harflerle ifade edilen farklılıklar önemlidir ( $p<0.05$ )  
Laktik asit tayin limiti (LOD): 0.25 mg/L

Hem siyah hem de yeşil çay ile üretilen içeceklerde asetik asit miktarı fermantasyona bağlı olarak önemli düzeyde artmıştır ( $p<0.05$ ). En belirgin artış ise fermantasyonu tamamlanan üründe 5001 g/L olarak belirlenen siyah çaydan üretilen kombu çayında olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Yeşil çaydan üretilen kombu çayında asetik asit üretimi 118 g/L olarak gerçekleşmiştir; siyah çaya göre çok daha sınırlı bir üretim olduğu belirgindir. Aynı miktarda ve aynı kökünde kombu çayı starteri kullanılmasına karşın, kullanılan çayın çeşidi fermantasyonu önemli düzeyde etkilemiştir. Ayrıca siyah ve yeşil çayın organik asit profilinde genetik, yetiştirme koşulları (iklim, coğrafi konumu, yüksekliği, sıcaklık ve toprağın yapısı gibi), hasat zamanı ve koşullarına, depolama şartlarına göre değişim mümkündür (Oliveira et al., 2008). Mikrobiyal metabolizmada önemli görevi

olan okzalik asit ve sitrik asit miktarları da siyah çay fermantasyonunda daha etkin kullanıldığı Çizelge 3'te belirgin olarak anlaşılmaktadır. Okzalik asit ve sitrik asit yeşil çay fermantasyonunda da kullanılmış ve azalmış ancak siyah çaya göre oransal olarak daha düşük düzeyde kalmıştır. Süksinik asit miktarı siyah çaydan üretilen kombucha çayında %47, yeşil çaydan üretilen kombucha çayında %81 oranında azalmıştır. Jayabalan et al. (2007), çalışmada Kombucha fermantasyonu siyah çay, yeşil çay ve çay atığı için uygulanmıştır. Örneklerin fermantasyon sürecinde elde edilen organik asit profilleri incelenmiş ve 0. gün örneklerinde laktik asit değişiminin düzenli olmadığı, ancak fermantasyonun laktik asit içeriğine olumlu etkisi tespit edilmiştir. Asetik asit bakterileri mayaların ürettiği etanolü kullandığından, asetik asit içeriği zamanla artmıştır.

Siyah ve yeşil çay örnekleriyle, fermantasyonu tamamlanan kombucha çayları örneklerinde renk bulguları Çizelge 4'de verilmiştir. Siyah çaya göre, siyah çaydan üretilen kombucha çayında örneklerin renginde açılma gerçekleşmiştir ( $p<0.05$ ). Fermantasyon sonunda, siyah çay ile üretilen kombucha çaylarının kırmızılık-yeşillik değeri artmış, ancak yeşil çaydan üretilen kombucha çaylarında  $a^*$  değerinde azalma söz konusudur. Fermantasyona bağlı olarak siyah ve yeşil çaydan üretilen iki örnekte de  $b^*$  değeri önemli ölçüde artmıştır ( $P<0.05$ ). Renk, kalite ve uygunluk açısından içecekler için önemli bir parametredir. Çalışmada elde edilen renk verileri, ürünlerin duyu kabul edilebilirliği ile ilişkilidir. Özellikle antosiyanin içeriği, örneklerin rengini önemli ölçüde etkilemektedir. Ayrıca fermantasyon sürecinde renk özellikleri etkilenmektedir. Çaydaki çeşitli fitokimyasallar, bakteriler ve mayalar tarafından serbest bırakılan enzimler tarafından biyotransformasyona uğramaktadır. Yapılan çalışmada, kombucha çaylarındaki renk değişiminin, polifenollerin mikrobiyal dönüşümünün bir sonucu olduğu düşünülmektedir (Watawana et al., 2017).

**Çizelge 4.** Kombucha çaylarının renk değerleri

**Table 4.** Color attributes of kombucha teas

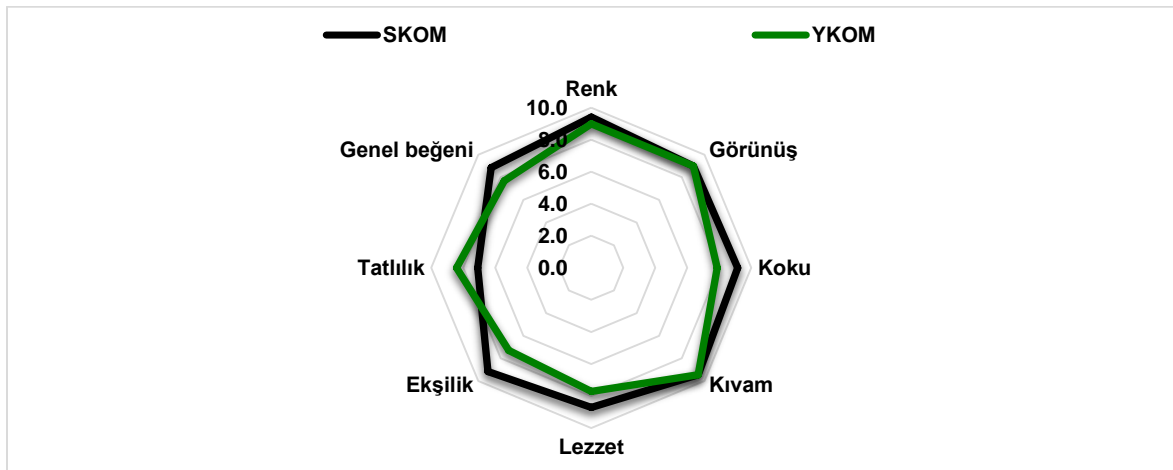
Örnek	L*	a*	b*	$\Delta E$
SYÇ	16.93±0.04 <sup>Bb</sup>	0.18±0.01 <sup>Ba</sup>	0.055±0.005 <sup>Bb</sup>	0.96
SKOM	17.47±0.01 <sup>Ab</sup>	0.39±0.01 <sup>Aa</sup>	0.815±0.005 <sup>Aa</sup>	17.49
YEÇ	17.40±0.05 <sup>Ba</sup>	0.17±0.02 <sup>Ba</sup>	0.885±0.005 <sup>Aa</sup>	0.31
YKOM	17.55±0.01 <sup>Aa</sup>	0.15±0.01 <sup>Bb</sup>	0.615±0.005 <sup>Bb</sup>	17.56

SYÇ: Şeker ilave edilmiş siyah çay, SKOM: Siyah çay ile üretilen kombucha çayı, YEÇ: Şeker ilave edilmiş yeşil çay, YKOM: Yeşil çay ile üretilen kombucha çayı

<sup>a,b</sup>: Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen siyah ve yeşil çay örneklerinde farklılıklar önemlidir ( $p<0.05$ )

<sup>A,B</sup>: Siyah ve yeşil çay örneklerinde fermantasyonun etkisi aynı sütun içinde farklı harflerle ifade edilen farklılıklar önemlidir ( $P<0.05$ ).

Siyah ve yeşil çay ile üretilen Kombucha çaylarının renk, görünüş, koku, kıvam, lezzet, ekşilik/tatlılık ve genel beğeniye yönelik duyu özellikleri Şekil 1'de gösterilmektedir.



**Şekil 1.** Kombucha çaylarının duyu değerlendirilmesi.

**Figure 1.** Sensory evaluation of kombucha teas.

Kombu çay örneklerinin aroma özellikleri değerlendirildiğinde, koku (9.14), lezzet (8.71) ve genel beğeni (8.86) açısından en beğenilen çay örneklerinin siyah çay ile hazırlanan kombu çayı olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Örneklerin tatlılık açısından değerlendirilmesinde, yeşil çay ile hazırlanan kombu çayı (8.43) daha yüksek puana sahiptir; şeker analizi bulgularından da yeşil çaydan üretilen kombu çayında şeker miktarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ekşilik açısından da siyah çaydan üretilen kombu çayı (9.14) yüksek skor almıştır; organik asit profil bulgularında yüksek asetik asit miktarıyla uyumludur. Genel beğenilirlik açısından tüm çay örnekleri beğenilerek tüketilmiştir.

## SONUÇ

Ülkemizde bugüne kadar çok fazla tanınmayan, Kombu çayı üretiminde kullanılan çay çeşidinin fermantasyon ve dolayısıyla duyu özellikleri üzerine etkileri tespit edilmiştir. Fermantasyon sürecinin ve çeşitli substrat ortamlarının organik asit profilini ve şeker bileşenlerinin değişiminde etkili olduğu belirlenmiştir. Bunun başlıca nedeni siyah çayda yeşil çaya göre, kombu çayı fermantasyonu gelişimi için gerekli olan yüksek nitrojen kaynaklarına sahip kafein, teofilin gibi pürin türevlerinin bulunmasıdır. Bu çalışma bulgularına göre; Kombu çayının çeşitli tüketim seçeneklerine bağlı olarak daha geniş kitlelere ulaşacağı ve alternatif bir gıda ürünü olarak yeni üretim yaklaşımlarının geliştirilmesine katkı sağlayabileceği beklenmektedir. Avrupa Birliği ülkeleri göz önüne alınırsa çay üreten tek ülkenin Türkiye olması ve değişen çay tüketim alışkanlıklarına alternatif olabilecek, fermantasyonla sağlık özellikleri artırılacak bir ürün olan kombu çayının özelliklerinin araştırılması önem arz etmektedir. Bu araştırma bulgularının kombu çayı üretim teknolojilerine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## TEŞEKKÜR

Danem Süt ve Süt Ürünleri Ltd. Şti.'ne KombuDanem ve laboratuvar altyapı desteği için teşekkür ederim.

## KAYNAKLAR

- AOAC, 2012. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (19th ed.). Washington, DC, USA.
- Battikh, H., K. Chaieb, A. Bakhrouf & E. Ammar, 2013. Antibacterial and antifungal activities of black and green kombucha teas. *Journal of Food Biochemistry*, 37 (2): 231-236.
- Cardoso, R. R., R.O. Neto, C.T. dos Santos D'Almeida, T.P. do Nascimento, C.G. Pressete, L. Azevedo & de F.A.R. Barros, 2020. Kombuchas from green and black teas have different phenolic profile, which impacts their antioxidant capacities, antibacterial and antiproliferative activities. *Food Research International*, 128: 108782.
- Chieng, D. & P.M. Kistler, 2022. Coffee and tea on cardiovascular disease (CVD) prevention. *Trends in cardiovascular medicine*, 32 (7): 399-405.
- Cvetković, D., S. Markov, M. Djurić, D. Savić & A. Velićanski, 2008. Specific interfacial area as a key variable in scaling-up Kombucha fermentation. *Journal of Food Engineering*, 85 (3): 387-392.
- de Oliveira, P. V., A.H. da Silva Júnior, C.R.S. de Oliveira, C.F. Assumpção & C.H. Ogeda, 2023. Kombucha benefits, risks and regulatory frameworks: A review. *Food Chemistry Advances*, 2: 100288.
- Essawet, N. A., D. Cvetković, A. Velićanski, J. Čanadanović-Brunet, J. Vulić, V. Maksimović & S. Markov, 2015. Polyphenols and antioxidant activities of Kombucha beverage enriched with Coffeeberry extract. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 21 (3): 399-409.
- Giritlioğlu, N., E. Yıldız & O. Gürbüz, 2020. Kombu çayı üretiminde kapari tomurcuklarının (*Capparis* spp.) kullanımının fenolikler, antioksidant kapasite ve biyoerişilebilirliğe etkisi. *Akademik Gıda*, 18 (4): 390-401.
- Guzel-Seydim, Z. B., A.C. Seydim & A.K. Greene, 2021. Effect of brewing method on quality parameters and antioxidant capacity of black tea. *Functional Food Science*, 1 (8): 1-13.
- Jakubczyk, K., J. Kałduńska, J. Kochman & K. Janda, 2020. Chemical profile and antioxidant activity of the kombucha beverage derived from white, green, black and red tea. *Antioxidants*, 9 (5): 447.

- Jayabalan, R., S. Marimuthu & K. Swaminathan, 2007. Changes in content of organic acids and tea polyphenols during kombucha tea fermentation. *Food Chemistry*, 102 (1): 392-398.
- Jayabalan, R., K. Malini, M. Sathishkumar, K. Swaminathan & S.E. Yun, 2010. Biochemical characteristics of tea fungus produced during kombucha fermentation. *Food Science and Biotechnology*, 19: 843-847.
- Kallel, L., V. Desseaux, M. Hamdi, P. Stocker & E.H. Ajandouz, 2012. Insights into the fermentation biochemistry of Kombucha teas and potential impacts of Kombucha drinking on starch digestion. *Food Research International*, 49 (1): 226-232.
- Kapp, J. M. & W. Sumner, 2019. Kombucha: A systematic review of the empirical evidence of human health benefit. *Annals of Epidemiology*, 30: 66-70.
- Laureys, D., S.J. Britton & J. De Clippeleer, 2020. Kombucha tea fermentation: A review. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 78 (3): 165-174.
- Li, S., Zhang, Y. Gao, J. Li, T. Li, H. Mastroyannis, A & K. Chang, 2022. Effect of Fermentation Time on Physicochemical Properties of Kombucha Produced from Different Teas and Fruits: Comparative Study. *Journal of Food Quality*, Article ID 2342954.
- Malbasa, R., E. Lončar, M. Djurić & I. Došenović, 2008. Effect of sucrose concentration on the products of Kombucha fermentation on molasses. *Food Chemistry*, 108 (3): 926-932.
- Muhalidin, B. J., F.A. Osman, R. Muhamad, C.W.N.S. Che Wan Sapawi, A. Anzian, W.W.Y. Voon & A.S. Hussin, 2019. Effects of sugar sources and fermentation time on the properties of tea fungus (kombucha) beverage. *International Food Research Journal*, 26 (2): 481-487.
- Neffe-Skocińska, K., B. Sionek, I. Ścibisz & D. Kołożyn-Krajewska, 2017. Acid contents and the effect of fermentation condition of Kombucha tea beverages on physicochemical, microbiological and sensory properties. *Cyta Journal of Food*, 15 (4): 601-607.
- Oliveira, A. P., J.A. Pereira, P.B. Andrade, P. Valentão, R.M. Seabra & B.M. Silva, 2008. Organic acids composition of *Cydonia oblonga* Miller leaf. *Food Chemistry*, 111 (2): 393-399.
- Osiripun, V., & T. Apisittiwong, 2021. Polyphenol and antioxidant activities of kombucha fermented from different teas and fruit juices. *Journal of Current Science and Technology*, 11(2): 188-196.
- Rechner, A., R. Smith, M. A. Kuhnle, G. Gibson, G. R. Debnam, E. S. Srail, S. K. S. & C. A. Rice-Evans, 2004. Colonic metabolism of dietary polyphenols: influence of structure on microbial fermentation products. *Free Radical Biology and Medicine*, 36 (2): 212-225.
- Teoh, A. L., G. Heard & J. Cox, 2004. Yeast ecology of Kombucha fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 95 (2): 119-126.
- Ünal, G., C. Karagözlü, Ö. Kınık, E. Akan & A.S. Akalın, 2016. Influence of supplementation with green and black tea on viscosity and sensory characteristics of drinking yoghurt. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53 (3): 343-349.
- Velićanski, A. S., D.D. Cvetković, S.L. Markov, V.T. Tumbas Šaponjac & J.J. Vulić, 2014. Antioxidant and antibacterial activity of the beverage obtained by fermentation of sweetened lemon balm (*Melissa officinalis* L.) tea with symbiotic consortium of bacteria and yeasts. *Food Technology and Biotechnology*, 52 (4): 420-429.
- Villarreal-Soto, S. A., S. Beaufort, J. Bouajila, J.P. Souchard & P. Taillandier, 2018. Understanding kombucha tea fermentation: a review. *Journal of Food Science*, 83 (3): 580-588.
- Villarreal-Soto, S. A., J.P. Bouajila, S. Beaufort, D. Bonneaud, J.P. Souchard & P. Taillandier, 2021. Physicochemical properties of bacterial cellulose obtained from different Kombucha fermentation conditions. *Journal of Vinyl and Additive Technology*, 27 (1): 183-190.
- Watawana, M. I., N. Jayawardena, S.J. Ranasinghe & V.Y. Waisundara, 2017. Evaluation of the effect of different sweetening agents on the polyphenol contents and antioxidant and starch hydrolase inhibitory properties of Kombucha. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41 (1): e12752.
- Wu, Y., S. Li, Y. Tao, D. Li, Y. Han, P.L. Show & J. Zhou, 2021. Fermentation of blueberry and blackberry juices using *Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus thermophilus* and *Bifidobacterium bifidum*: Growth of probiotics, metabolism of phenolics, antioxidant capacity in vitro and sensory evaluation. *Food Chemistry*, 348: 129083.