



Kırmızı ve mor sebzelerle hazırlanan kombucha çaylarının kalite özelliklerinin belirlenmesi

Determination of quality properties of kombucha teas prepared with red and purple vegetables

Gökhan AKARCA¹, Oktay TOMAR²

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye

²Kocaeli Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Arslanbey Kampüsü, 41285, Kocaeli, Türkiye

Sorumlu yazar (Corresponding author): G. Akarca, e-posta (e-mail): gakarca@aku.edu.tr

Yazar(lar) e-posta (Author e-mail): oktaytomar@hotmail.com

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi 27 Ocak 2020
Düzeltilme tarihi 09 Nisan 2020
Kabul tarihi 09 Nisan 2020

Anahtar Kelimeler:

Kombucha
Kırmızı havuç
Kırmızı pancar
Mor lahanaya
Fermantasyon

ÖZ

Bu çalışmada, kırmızı havuç (*Daucus carota* L. var. *atrorubens* Alef.), kırmızı pancar (*Beta vulgaris* var. *cruenta* Alef.) ve mor lahanaya (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*) sebzeleri ile üretilen kombucha çaylarının fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal parametreleri araştırılmıştır. 21 günlük fermantasyon süresince örneklerin; pH, briks, su aktivitesi (a_w), viskozite, toplam antioksidan kapasite ve fenolik madde miktarı değerlerinin azaldığı ($P<0.05$), pelikül ağırlığı (biyokütle ağırlığı) değerinin ise arttığı ($P<0.05$) belirlenmiştir. Üç haftalık fermantasyon sonunda, en düşük pH ve su aktivitesi değerleri sırasıyla; 3.1 ve 0.899 ile kırmızı havuçtan üretilen örneklerde, en yüksek briks ve viskozite (100 rpm) değerleri ise; 9.59 ve 79 cP ile kırmızı pancardan üretilen kombucha çay örneklerinde olduğu belirlenmiştir. Fermantasyon süresince toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) ve maya/küf sayıları ile *Lactococcus/Streptococcus* türü bakteri sayılarının azaldığı, buna karşın ozmofilik maya, asetik ve laktik asit bakteri sayılarının ise arttığı saptanmıştır ($P<0.05$). Fermantasyon süresince a^* değerlerinin arttığı, buna karşın L^* ve b^* değerinin ise azaldığı ($P<0.05$) sonucuna varılmıştır. Duyusal analizler sonucunda ise, tüm duyuşal kriterler açısından en çok tercih edilen örneğin 8.85 genel beğeni puanı ile kırmızı pancar, en az tercih edilen örneğin ise; 4.03 genel beğeni puanı ile mor lahanaya ile üretilen örnekler olduğu belirlenmiştir.

ARTICLE INFO

Received 27 January 2020
Received in revised form 09 April 2020
Accepted 09 April 2020

Keywords:

Kombucha
Red carrot
Red beet
Purple cabbage
Fermentation

ABSTRACT

In this study investigated the chemical, microbiological, color and sensory parameters of kombucha teas produced with red carrot (*Daucus carota* L. var. *atrorubens* Alef.), red beet (*Beta vulgaris* var. *cruenta* Alef.) and purple cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*). During the 21-day fermentation, it was determined that pH, brix, water activity (a_w), viscosity, total antioxidant and phenolic content values decreased ($P<0.05$) whereas pellicle weight value increased ($P<0.05$). At the end of the three-week fermentation, the lowest pH and water activity values were 3.1 and 0.899, respectively, determined in samples produced from red carrots whereas the highest brix and viscosity values (100 rpm) were found in Kombucha tea samples produced from red beet, as 9.59% and 79 cp, respectively. During the fermentation, total aerobic mesophilic bacteria (TAMB) and yeast / mold and *Lactococcus / Streptococcus* species bacteria counts decreased, whereas osmophilic yeast, acetic and lactic acid bacteria count increased ($P<0.05$). It was concluded that a^* values increased during fermentation whereas L^* and b^* values decreased ($P<0.05$). As a result of the sensory analysis, the most preferred sample in terms of all sensory criteria was the tea produced using red beet with 8.85 overall rating score whereas the least preferred sample was the tea sample produced with using cabbage with an overall rating of 4.03.

1. Giriş

Kombucha çayı Dünya çapında tüketilen hafif tatlı, hafif asitli, ferahlatıcı ve düşük oranda karbondioksit içeriğine sahip bir içecektir. Kombucha çayı, çay yapraklarından elde edilen infüzyona, bakteri ve mayaların simbiyotik birlikteliğinden oluşan çay mantarı ilave edilerek fermentasyonu ile elde edilmektedir (Chen ve Liu 2000). Çin kökenli olan çay, 2000 yıldan fazla zamandır Asya'da geleneksel olarak tüketilmektedir. Bununla birlikte Rusya, Almanya ve Kuzey Avrupa ülkelerinde de sevilmektedir (Akarca ve Tomar 2018). Köpüklü elma suyuna andıran hafif asitli, karbonatlı ve tatlı bir tada sahip olan çay ticari kültür karışımları ya da mevcut kombucha kültürü kullanılarak üretilmektedir. Çoğunlukla ev ortamında hazırlanarak tüketilmekte olup, ticari boyutta üretim sınırlıdır (Jayabalan ve ark. 2014). Kombucha; şekerli çayda gelişen, zoogleal yapıda, asetik asit bakterileri ile ozmofilik maya türlerinin simbiyotik gelişmesi sonucunda meydana gelen yapıya verilen ortak addır. Pelikül adı da verilen bu yapıdan *Acetobacter xylinum* gibi karakteristik bakteri türleri ve *Pichia* cinsine bağlı olarak çeşitli maya türleri ile *Brettanomyces*, *Zygosaccharomyces*, *Saccharomyces* cinsi mayalar izole edilebilir (Jayabalan ve ark. 2014). Ayrıca *Gluconacetobacter* ve *Lactobacillus* cinslerine ait bakteriler de izole edilebilmektedir (Trovatti ve ark. 2011). Orijinali siyah çaydan üretilen kombucha çayının tadının yumuşatılması, aromasının farklılaştırılması, fonksiyonellik değerini ve besleyiciliğini zenginleştirmek amacıyla diğer bitkisel materyallerde de (nane, adaçayı, ıhlamur, karadut, kuşburnu, kekik, çilek vb.) üretimi gerçekleştirilmektedir (Jayabalan ve ark. 2014).

Bu çalışmada, çeşitli kırmızı ve mor sebzeler (kırmızı havuç, kırmızı pancar ve mor lahanaya) ile hazırlanan kombucha çaylarının fermentasyon süresi boyunca (0, 7, 14 ve 21. gün) fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada kullanılan sebzeler (kırmızı havuç, kırmızı pancar ve mor lahanaya) Afyonkarahisar/Türkiye ilindeki yerel pazarlardan temin edilerek, gerekli alt tür ve varyete düzeyinde teşhisi Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü öğretim üyeleri tarafından yapıldıktan sonra, Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mikrobiyoloji Laboratuvarı'na getirilmiştir.

2.2. Kombucha çaylarının hazırlanması

Kombucha çaylarının üretimi Akarca ve Tomar (2018)'in belirtilen koşullar modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Kırmızı havuç (*Daucus carota* L. var. *atrorubens* Alef.), kırmızı pancar (*Beta vulgaris* var. *cruenta* Alef.) ve mor lahanaya (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*) numunelerinin önce rende ile küçük parçalara ayrılması sağlanmıştır. Ardından her sebzededen 100'er g, alınarak, üzerine 1000 ml içme suyu ve 100 g l⁻¹ oranında sakkaroz ilave edilerek tamamen eriyene kadar karıştırılmıştır. Ardından, 95°C'de 15 dk süre ile ısı işlem uygulanmıştır. Isıl işlemin ardından örnekler 20 dk süreyle demlenmeye bırakılmıştır. Süre bitiminde karışımlar steril süzme kağıdından (Whatman, Grade 54, Diameter 55 mm) süzülerek, ağzı kapalı kavanozlar içerisinde 121°C'de 20 dk süre ile otoklavda (Nüve-OT 90L, Türkiye) sterilize edilmiştir.

Örnekler 25°C'ye kadar soğutulduktan sonra, içlerine daha önceden üretilen siyah kombucha çayının sıvı fazından 150 ml ve pelikül fazından (Bakteri ve Mayaların Simbiyotik Kültürü) ortalama 15 g l⁻¹ olacak şekilde ilave edilmiş ve 21 gün boyunca 24±1°C'de karanlık bir ortamda fermentasyona bırakılmıştır.

2.3. Fiziksel ve kimyasal analizler

Fermentasyon süresi boyunca haftalık olarak örneklerin pH değeri Hanna (HI 2215, Almanya) pH metre ve briks (% çözümlü kuru madde içeriği) el refraktometresi (Atago Refractometer N-1E, Japonya) kullanılarak Budak (2015)'te belirtildiği şekilde ölçülmüştür. Viskozite (50 ve 100 rpm) (Brookfield, Middleboro, MA, ABD) 2 numaralı spindle kullanılarak oda sıcaklığında (Ryan 2019), mantar ağırlığı hassas terazide (Radwag PS-1000 R2, Polonya), su aktivitesi (a_w) su aktivitesi ölçüm cihazında (Novasina, LabTouch, İsviçre), renk değerleri ise kolorimetre (Konika Minolta Krom Metre CR-400) kullanılarak Akarca ve ark. (2015)'e göre ölçülmüştür. Toplam antioksidan kapasite (% inhibisyon) ve toplam fenolik madde miktarı (mg GAE l⁻¹) analizleri ise DPPH ve Folin-Ciocalteu yöntemlerine göre Bekir ve ark. (2013)'te belirtildiği şekilde yapılmıştır. Toplam antioksidan kapasite (% inhibisyon) hesaplanması ise aşağıdaki formüle göre yapılmıştır.

$$\% \text{İnhibisyon} = 100 (A_{(k\ddot{o}r)} - A_{(örnek)}) / A_{(k\ddot{o}r)}$$

A: 520 nm'de absorbans değeri.

2.4. Mikrobiyolojik analizler

Kombucha çaylarının mikrobiyolojik analizleri yayma plak metoduna göre yapılmıştır. Buna çay örneklerinden hazırlanan dilüsyonlardan 0.1'er ml steril bir otomatik pipet (Research Plus, Eppendorf, Almanya) yardımıyla alınarak uygun besiyerlerine inokule edildikten sonra steril drigalski spatülü (Fıratpen, Türkiye) yardımıyla yüzeye homojen bir şekilde yayılmıştır. Toplam aerobik mezofilik Bakteri (TAMB) sayısı analizi; Plate Count Agar (PCA) (Merck 1.05463, Almanya) ile, 30°C aerobik koşullarda 48/72 saat (ISO 2013), Maya/Küf sayısı analizi; Rose Bengal Chloramphenicol Agar (Merck 1.00467) ile aerobik koşullarda 22°C'de 3/5 gün (ISO 2008a), Ozmofilik maya sayısı analizi; DG-18 Agar (Merck 1.04092, Almanya) ile, aerobik koşullarda 30°C'de 5-7 gün (ISO 2008b), laktik asit bakteri sayısı analizi; Man Rogosa and Sharpe (MRS) Agar (Merck 1.10661, Almanya) ile 30°C'de anaerobik koşullarda 24/48 saat (Tomar ve ark. 2018), *Lactococcus/Streptococcus* türü bakteri sayısı analizi; M-17 Agar (Merck, 1.15108, Almanya) ile 30°C'de aerobik koşullarda, 24/48 saat (Halkman 2005) ve asetik asit bakteri sayısı analizi Yeast Extract Calcium Carbonate Glucose (YCG) Agar (Himedia M1182, India) ile 30°C'de aerobik koşullarda 5/10 gün sürede (De Vero ve ark. 2006) yapılmıştır. İnkubasyon sonunda tüm paralellere ait sonuçların ortalamaları alınmış, tespit edilen değer 10 ile çarpılarak örneklerin ml'sinde bulunan mikroorganizma sayıları hesaplanmıştır.

2.5. Duyusal analiz

Örneklerin duyuşal değerlendirilmesi, fermentasyonun 21. gününde Akarca ve ark. (2015)'de belirtilen duyuşal test parametreleri modifiye edilerek oluşturulan puan kartları kullanılarak yapılmıştır. Analizler, Afyon Kocatepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölüm öğretim üyeleri ile doktora

öğrencilerinden oluşan yirmi panelist tarafından gerçekleştirilmiştir. Numuneler tat, yapı, görünüş, koku ve genel beğeni alanlarında 1-10 arasında hedonik skala ile değerlendirilmiştir.

2.6. İstatistiksel analizler

Araştırmada analizler çift tekerrür ve çift paralel olarak yapılmış olup, istatistiksel sonuçlar SPSS V 23.0.0.0 istatistik programı kullanılarak hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Üç haftalık fermentasyon süresince örneklerin tamamında pH değeri azalmıştır ($P<0.05$; Çizelge 1). pH değeri üzerine, örnek çeşidi, depolama süresi ve örnek çeşidi x depolama süresi ($P<0.0001$) etkileşiminin çok önemli düzeyde etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Fermentasyon sonunda, en düşük pH değerleri 3.10 ile kırmızı pancar, en yüksek ise; 4.15 ile mor lahana örneklerinde olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$; Çizelge 1). Mor lahana örneğinin pH değerinin daha yüksek kalmasının, bileşiminde bulunan fermente olabilir şekerler miktarının diğer iki sebzeyle kıyasla daha az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Alejandra ve ark. (2019) araştırmasında kombucha çaylarının fermentasyon süresi boyunca pH değerlerinin azaldığını belirlemişlerdir. Araştırmada elde edilen sonuçlar bu çalışma bulgularıyla paraleldir. Fermentasyon süresince pH değerinde meydana gelen azalma; başta asetik ve laktik asit olmak üzere fermentasyon süresince oluşan organik asitlerin konsantrasyonundaki artıştan kaynaklanmaktadır (Chen ve Liu 2000).

Bütün örneklerin pelikül ağırlığı fermentasyon sonucunda artmıştır ($P<0.05$; Çizelge 1). Pelikül miktarının artışı üzerinde, örnek çeşidi, fermentasyon süresi ve örnek çeşidi x fermentasyon süresi ($P<0.0001$) etkileşiminin çok önemli düzeyde etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Fermentasyon süresince en fazla artışın 22.84 g ile kırmızı pancar örneğinde, en az artış ise 2.04 g ile mor lahana örneğinde olduğu belirlenmiştir. Pelikül miktarında meydana gelen artışın fermentasyon süresince gelişen, başta ekstra polisakkarit sentezleyen asetik asit bakterilerinin gelişmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Mor lahana örneğinde pelikül miktarının diğer iki sebzeyle kıyasla çok düşük oranda artış göstermesinin bu sebzeyle fermente olabilir şeker miktarının çok daha az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer şekilde Susilowati ve ark. (2017) çalışmalarında fermentasyon süresince pelikül biyokütlesinin ağırlığının artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Fermentasyon süresince tüm örneklerin briks değerlerinde azalış gözlenmiştir ($P<0.05$). Fermentasyon süresi boyunca meydana gelen en fazla azalmanın mor lahana örneğinde (%5.44) olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$; Çizelge 1). Briks değeri üzerinde örnek çeşidi, fermentasyon süresi ve örnek çeşidi x fermentasyon süresinin çok anlamlı olduğu ($P<0.0001$) tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Abuduaibifu ve Tamer (2019) yaptıkları çalışmalarında kombucha çaylarının briks değerlerinin fermentasyon süresince azalış gösterdiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar tarafından tespit edilen değerler ile araştırma sonuçlarımız paralellik göstermektedir. Briks değerindeki azalış, fermentasyon sırasında mayaların sakkarozu, glikoz ve fruktoza hidrolize etmesi ve asetik asit bakterilerinin de glikoz ve fruktozu glikoliz yoluyla etanole dönüştürmesinden kaynaklanmıştır.

Kombucha çay örneklerinin su aktivitesi (a_w) değerleri fermentasyon süresince azalış göstermiştir ($P<0.05$; Çizelge 1). Fermentasyon sonunda en düşük su aktivitesi değeri 0.899 ile kırmızı havuç örneğinde, en yüksek su aktivitesi değeri ise 0.942 ile mor lahana örneğinde olduğu tespit edilmiştir. Su aktivitesi değerlerinde meydana gelen azalmanın mikroorganizma gelişmesine bağlı oluşan metabolit varlığının artışı ile ortamdaki serbest su miktarının azalmasına bağlı olduğu düşünülmektedir.

Örneklerin tamamında iki ayrı hızda (50 ve 100 rpm) ölçülen viskozite değerleri fermentasyon süresi boyunca azalmıştır ($P<0.05$; Çizelge 1). Ayrıca her iki hızda da viskozite değeri üzerinde örnek çeşidi ve fermentasyon süresinin ($P<0.0001$) çok fazla anlamlı, 100 rpm hızda yapılan ölçümlerde ise örnek çeşidi x fermentasyon süresi etkileşiminin anlamlı ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Fermentasyon süresi boyunca en fazla azalmanın (her iki hızda yapılan ölçümlerde) mor lahana örneğinde (17 ve 21 cP) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). Şekerlerin mikroorganizma faaliyeti sonucunda parçalanmasına bağlı olarak oluşan, suda çözünen kuru madde miktarındaki azalmanın, fermentasyon süresince örneklerin viskozite değerlerinin düşmesinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Watawana ve ark. (2016) çalışmalarında; hindistan cevizi suyundan yapılan kombucha çayının fermentasyona bağlı olarak viskozitesinin arttığını bildirmişlerdir. Çalışmalar arasında tespit edilen bu farklılığın üretim, hammadde ve fermentasyon koşullarındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Fermentasyon süresi boyunca toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasite azalmıştır ($P<0.05$; Çizelge 1). Üç haftalık fermentasyon süresi sonunda en düşük toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasite değerleri sırasıyla 49.29 mg GAE l⁻¹ ve %33.77 olarak mor lahana örneklerinde belirlenmiştir ($P<0.05$; Çizelge 1). Toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasite üzerinde örnek çeşidi ve fermentasyon süresi etkileşimlerinin $P<0.0001$ düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2). Fermentasyon süresince toplam fenolik madde ve antioksidan kapasitedeki azalmalar üzerinde asidik koşullar altında hidroliz, izomerizasyon ve polimerizasyon gibi faktörlerin etkili olduğu düşünülmektedir. Chu ve Chen (2006) ile Yıkılmış ve Tuğgüm (2019) çalışmalarında, kombucha çaylarında fermentasyon süresince toplam fenolik madde miktarı ile antioksidan kapasitesi değerlerinin düşüş gösterdiğini tespit etmişlerdir. Araştırmacıların bildirdiği sonuçlar ile yapılan bu çalışmanın bulguları benzerlik göstermektedir.

Örneklerin L*, a* ve b* değerleri üzerinde, örnek çeşidi ($P<0.0001$), fermentasyon süresi ($P<0.0001$) ve örnek çeşidi x fermentasyon süresi ($P<0.0001$) (L* hariç) etkileşimlerinin çok fazla anlamlı olduğu ortaya konulmuştur (Çizelge 2). Fermentasyon süresi boyunca örneklerin tamamının L* değerlerinin azaldığı belirlenmiştir ($P<0.05$; Şekil 1). Fermentasyon süresince en fazla azalma (19.88 değer azalma ile) kırmızı pancar örneğinde, buna karşın en az azalma ise (8.29 değerlik azalma ile) mor lahana örneğinde meydana gelmiştir. 21 günlük fermentasyon boyunca kırmızı pancar örneklerinin a* değerlerinde azalış gerçekleşmiştir ($P<0.05$). Mor lahana örneklerinde ise 0., 7. ve 14. günlerde artış gözlemlenirken, 21. günde azalma gerçekleşmiştir ($P<0.05$). Fermentasyonun son gününde en yüksek a* değeri kırmızı pancar örneğinde (24.45), buna karşın en düşük değer ise mor lahana örneğinde (16.13) olduğu ortaya konulmuştur ($P<0.05$; Şekil 2). Tüm örneklerin b* değerleri fermentasyon süresi

Çizelge 1. Örneklerin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.

Table 1. Physical and chemical analysis results of samples.

Kriter	pH	Pelikül Ağırlığı (g)	Briks (g 100 g ⁻¹)	Su Aktivitesi (a _w)	Viskozite 50 rpm (cP)	Viskozite 100 rpm (cP)	Toplam Fenolik Madde (mg GAE L ⁻¹)	Toplam Antioksidan Kapasite (% İnhibisyon)
Örnek Çeşidi (Ö)								
KH	3.82±0.53 ^c	24.18±7.32 ^b	10.36±1.66 ^b	0.919±0.01	57.19±4.16 ^b	59.19±6.01 ^b	206.12±24.24 ^b	67.02±6.73 ^b
KP	4.21±0.32 ^b	28.66±9.19 ^a	11.59±1.42 ^a	0.935±0.01	72.50±4.00 ^a	85.50±5.55 ^a	241.19±25.64 ^a	85.73±8.69 ^a
ML	4.38±0.23 ^a	16.90±3.90 ^c	8.91±2.12 ^c	0.833±0.07	42.38±7.05 ^c	41.63±8.80 ^c	70.23±21.31 ^c	42.39±7.67 ^c
P Value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.547	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Fermentasyon Zamanı (FZ)								
0	4.55±0.10 ^a	16.69±4.30 ^d	12.36±0.75 ^a	0.947±0.01	63.50±12.53 ^a	70.67±18.59 ^a	201.85±80.67 ^a	73.90±19.14 ^a
7	4.37±0.21 ^b	19.74±5.80 ^c	11.01±1.13 ^b	0.941±0.01	59.08±11.88 ^b	64.67±18.17 ^b	180.27±82.93 ^b	68.69±20.62 ^b
14	4.04±0.20 ^c	26.66±7.53 ^b	9.82±1.37 ^c	0.776±0.01	55.50±14.15 ^c	59.08±20.90 ^c	164.01±85.96 ^c	62.32±19.74 ^c
21	3.63±0.43 ^d	29.88±9.67 ^a	7.96±1.57 ^d	0.920±0.01	51.33±15.73 ^d	54.00±21.55 ^d	143.93±74.31 ^d	55.26±18.43 ^d
P Value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.409	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Ö x FZ								
KH x 0	4.54±0.01 ^b	17.96±1.20 ^{ef}	12.35±0.35 ^b	0.933±0.001 ^{fg}	62.00±2.83 ^c	67.00±1.41 ^c	237.03±6.32 ^b	74.48±3.82 ^c
KP x 0	4.45±0.03 ^c	16.18±0.11 ^{ef}	13.18±0.04 ^a	0.946±0.001 ^{cd}	78.00±2.82 ^a	93.00±1.41 ^a	268.97±7.71 ^a	94.81±2.96 ^a
ML x 0	4.66±0.01 ^a	15.96±0.28 ^g	11.54±0.15 ^c	0.960±0.002 ^a	50.50±2.12 ^f	52.00±1.77 ^f	99.54±4.51 ^f	52.41±2.20 ^e
KH x 7	4.43±0.02 ^c	17.04±0.24 ^{ef}	11.11±0.03 ^d	0.928±0.003 ^g	58.75±1.06 ^{cd}	61.00±1.41 ^d	214.25±14.01 ^c	70.23±1.48 ^{cd}
KP x 7	4.11±0.01 ^e	25.90±0.23 ^d	12.22±0.04 ^b	0.938±0.004 ^{ef}	72.50±0.71 ^b	86.50±1.41 ^b	250.90±3.44 ^b	90.81±3.59 ^a
ML x 7	4.57±0.01 ^b	16.29±0.45 ^{ef}	9.71±0.11 ^e	0.956±0.002 ^{ab}	46.00±1.41 ^g	46.50±2.12 ^g	75.65±2.16 ^g	45.05±3.36 ^f
KH x 14	4.11±0.02 ^c	29.09±0.15 ^c	9.79±0.24 ^e	0.916±0.002 ^h	56.00±1.42 ^{de}	56.75±0.71 ^e	195.15±3.30 ^d	64.91±2.52 ^d
KP x 14	3.79±0.01 ^f	33.54±1.54 ^b	11.36±0.11 ^{cd}	0.935±0.001 ^f	71.00±1.41 ^b	83.50±1.41 ^b	240.43±8.08 ^b	82.93±2.91 ^b
ML x 14	4.23±0.01 ^d	17.35±1.09 ^{ef}	8.31±0.05 ^f	0.951±0.001 ^{bc}	39.50±2.12 ^h	37.00±1.41 ^h	56.45±10.84 ^h	39.16±2.69 ^{fg}
KH x 21	3.76±0.01 ^f	32.65±1.68 ^b	8.19±0.06 ^f	0.899±0.004 ⁱ	52.00±1.41 ^{ef}	52.00±2.12 ^f	178.04±2.01 ^e	58.48±2.26 ^e
KP x 21	3.10±0.02 ^g	39.02±0.15 ^a	9.59±0.09 ^e	0.919±0.003 ^b	68.50±2.13 ^b	79.00±1.41 ^c	204.47±5.86 ^{cd}	74.37±1.66 ^c
ML x 21	4.15±0.01 ^e	17.99±0.31 ^e	6.11±0.04 ^g	0.942±0.002 ^{de}	33.50±2.11 ⁱ	31.00±1.41 ⁱ	49.29±1.23 ^h	33.77±3.59 ^g
P Value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

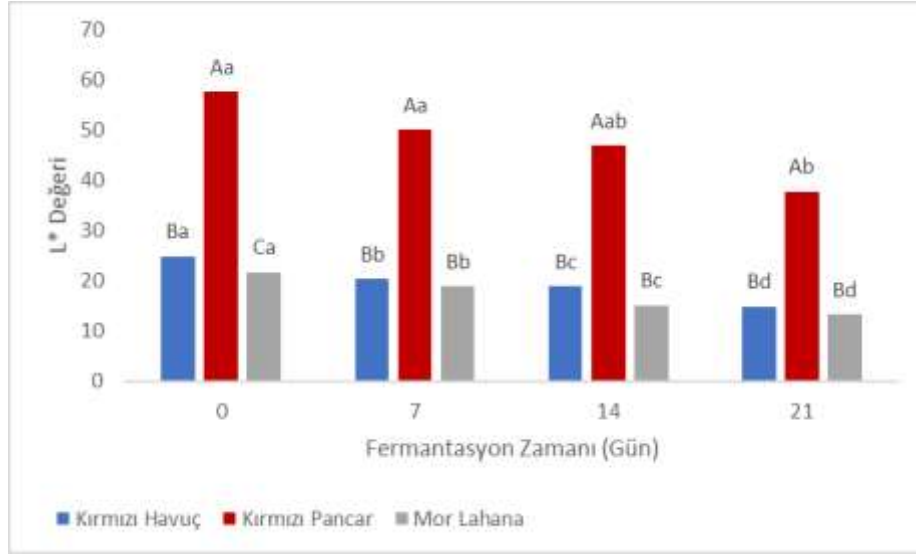
0: Fermentasyon başlangıcı, 7: Fermentasyonun 7. günü, 14: Fermentasyonun 14. günü, 21: Fermentasyonun 21. günü, a-i(j) Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). KH: Kırmızı Havuç, KP: Kırmızı Pancar, ML: Mor Lahana, ort±std sapma.

Çizelge 2. Kombucha çay örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarına ait varyans analiz sonuçları (F değerleri).

Table 2. Variance analysis results (F values) of chemical analysis results of Kombucha tea samples.

Faktör	pH	Pelikül Ağırlığı	Briks	Su Aktivitesi (a _w)	Viskozite (50 rpm)	Viskozite (100 rpm) (cP)	Toplam Fenolik Madde (mg GAE L ⁻¹)	Toplam Antioksidan Kapasite (% inhibisyon)	L*	a*	b*
Örnek (Ö)	2272.536***	436.374***	686.272***	1.043	499.309***	1635.384***	1382.587***	506.756***	383.861***	47.417***	1645.137***
Zaman (Z)	1296.157***	610.750***	1003.044***	0.634	44.259***	129.663***	76.720***	52.817***	27.831***	2068.414***	3679.215***
Ö x Z	124.575***	36.375***	16.050***	1.007	2.500	3.780*	1.647	0.485	2.242	99.637***	178.290***

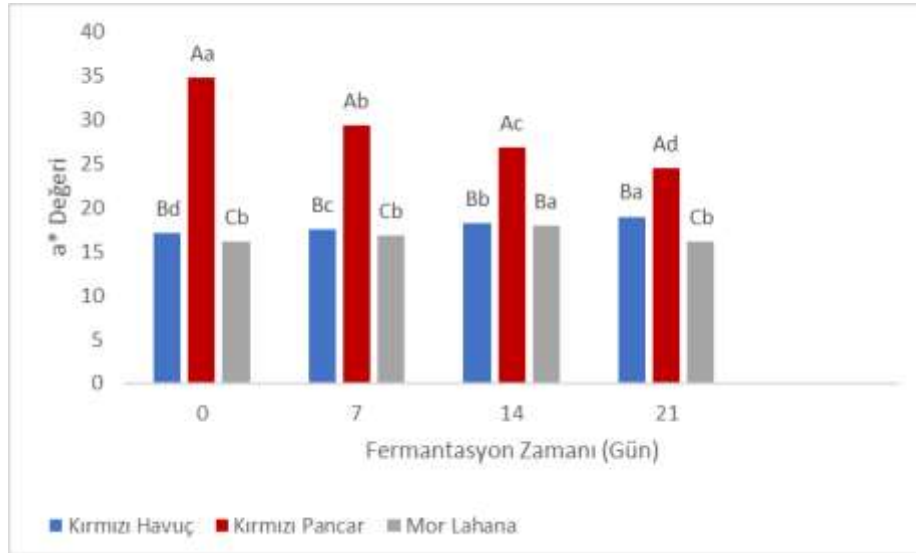
***: İstatistiksel olarak çok fazla anlamlı ($P<0.0001$), **: İstatistiksel olarak fazla anlamlı ($P<0.01$), *: İstatistiksel olarak anlamlı ($P<0.05$).



Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Şekil 1. Fermentasyon süresince örneklerin L* değerindeki değişimler.

Figure 1. Changes in L* value of samples during fermentation.



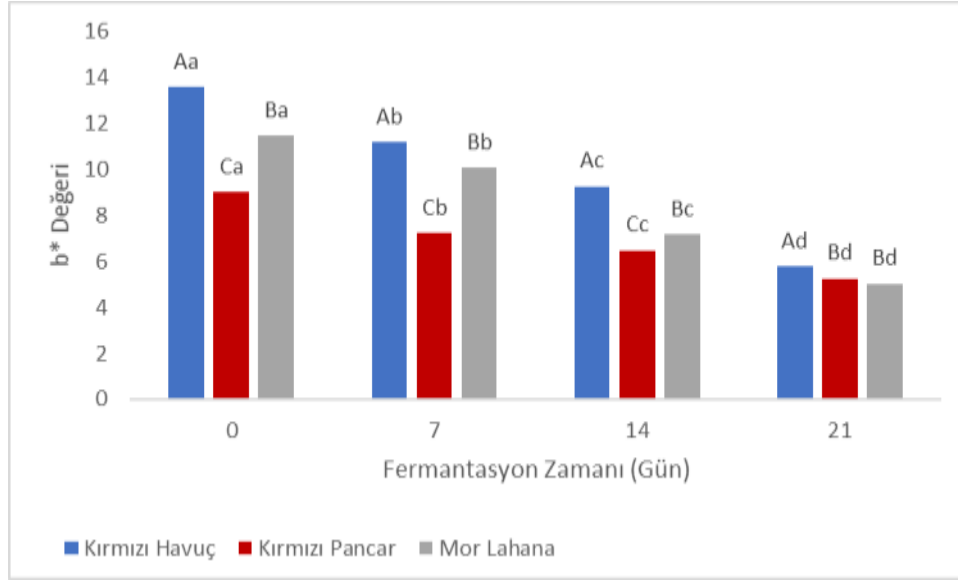
Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Şekil 2. Fermentasyon süresince örneklerin a* değerindeki değişimler.

Figure 2. Changes in a* value of samples during fermentation.

boyunca azalmıştır ($P<0.05$). Fermentasyonun 21. gününde b* değerleri sırasıyla kırmızı havuç (5.80), kırmızı pancar (5.25) ve mor lahana (5.04) olarak belirlenmiştir ($P<0.05$; Şekil 3). Fermentasyon süresince en fazla azalışın kırmızı havuç örneğinde olduğu tespit edilmiştir. Kombucha çayı örneklerinde, a* değerinin değişimleri ile L* ve b* değerlerinin azalmasının nedenlerinin; fermentasyona bağlı olarak pH'nın azalması ve mikroorganizma gelişmesi sonucunda renk pigmentlerinin ve polifenolik bileşenlerin parçalanmasından (Watawana ve ark. 2016) kaynaklandığı düşünülmektedir. Abuduaibifu ve Tamer (2019) kombucha çaylarında, renk değerlerinin (L*, a*, b*) 21 günlük fermentasyon boyunca artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Yapılan çalışma ile bulgularımız arasındaki farklılığın en önemli nedeninin; kullanılan hammaddeler ve özelliklerinin aynı olamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Örneklerin tamamında TAMB ve maya/küf sayılarının fermentasyon süresince azaldığı saptanmıştır ($P<0.05$). Süre sonunda en düşük TAMB ve maya/küf sayıları sırasıyla 2.11 ve 4.01 Log kob ml⁻¹ ile kırmızı pancar örneklerinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Örnekler arasında en az düşüş, mor lahana ile üretilen örneklerde, sırasıyla; 0.11 ve 0.26 Log kob ml⁻¹, olarak saptanmıştır. TAMB ve maya/küf sayılarının azalması üzerinde; fermentasyon süresi boyunca asetik ve laktik asit bakterisi sayılarındaki artış ile ortamdaki organik asitlerin konsantrasyonlarındaki yükselişin etkili olduğu düşünülmektedir. Yıkılmış ve Tuğgüm (2019) araştırma sonuçlarımıza paralel şekilde, tüm kombucha örneklerinin TAMB ve maya/küf sayılarının, Rahmani ve ark. (2019) maya/küf sayılarının fermentasyon süresince azaldığını belirtmişlerdir.



Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

Şekil 3. Fermentasyon süresince örneklerin b* değerindeki değişimler.

Figure 3. Changes in b* value of samples during fermentation.

Çizelge 3. Örneklerin mikrobiyolojik analiz sonuçları (Log kob ml⁻¹).

Table 3. Microbiological analysis results of samples (Log cfu ml⁻¹).

Kriter	TAMB Sayısı	Maya/Küf Sayısı	Ozmozofilik Maya Sayısı	Laktik Asit Bakterisi Sayısı	Lactococcus/ Streptococcus Türü Bakteri Sayısı	Asetik Asit Bakterisi Sayısı
Örnek Çeşidi (Ö)						
KH	2.74±0.33 ^a	4.89±0.20 ^c	2.95±0.28 ^b	3.98±0.53 ^a	3.75±0.41 ^a	5.25±1.35 ^b
KP	2.58±0.42 ^a	5.53±0.37 ^a	2.57±0.38 ^c	3.86±0.77 ^a	3.80±0.52 ^a	5.70±1.59 ^a
ML	5.68±0.05 ^a	5.16±0.11 ^b	3.34±0.25 ^a	3.45±0.06 ^b	3.16±0.34 ^b	3.92±0.67 ^c
P Value	0.540	0.583	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001
Fermentasyon Zamanı (FZ)						
0	3.22±0.14 ^a	5.14±0.18 ^a	2.60±0.46 ^d	3.22±0.19 ^d	3.16±0.07 ^c	3.35±0.22 ^d
7	3.01±0.32 ^a	4.93±0.23 ^b	2.83±0.33 ^c	3.57±0.20 ^c	3.58±0.19 ^b	4.64±0.84 ^c
14	2.74±0.48 ^a	4.80±0.28 ^c	3.05±0.32 ^b	3.92±0.36 ^b	3.85±0.71 ^a	5.41±0.99 ^b
21	5.70±0.55 ^a	4.57±0.47 ^d	3.34±0.31 ^a	4.33±0.67 ^a	3.49±0.74 ^b	6.41±1.34 ^a
P Value	0.820	0.824	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001
Ö x FZ						
KH x 0	3.11±0.04 ^b	5.19±0.06 ^{ab}	2.62±0.08 ^g	3.29±0.08 ^e	3.17±0.08 ^{fg}	3.43±0.15 ^h
KP x 0	3.15±0.03 ^b	4.93±0.07 ^{cd}	2.07±0.09 ^h	2.99±0.06 ^f	3.11±0.09 ^{gh}	3.55±0.16 ^h
ML x 0	3.40±0.04 ^a	5.30±0.03 ^a	3.10±0.09 ^{cd}	3.38±0.05 ^e	3.21±0.08 ^{fg}	3.10±0.17 ⁱ
KH x 7	2.96±0.12 ^c	4.91±0.09 ^{cd}	2.84±0.10 ^{ef}	3.81±0.13 ^d	3.75±0.08 ^{de}	5.15±0.10 ^e
KP x 7	2.70±0.02 ^d	4.69±0.04 ^e	2.47±0.06 ^g	3.48±0.04 ^e	3.63±0.13 ^e	5.21±0.09 ^{de}
ML x 7	3.39±0.03 ^a	5.19±0.03 ^{ab}	3.19±0.07 ^{bcd}	3.43±0.06 ^e	3.37±0.13 ^f	3.57±0.16 ^h
KH x 14	2.49±0.06 ^e	4.81±0.05 ^{de}	3.08±0.06 ^{cd}	4.18±0.08 ^c	4.21±0.11 ^{ab}	5.45±0.10 ^d
KP x 14	2.38±0.05 ^e	4.49±0.03 ^f	2.69±0.11 ^{fg}	4.10±0.19 ^c	4.41±0.11 ^a	6.50±0.13 ^c
ML x 14	3.35±0.01 ^a	5.11±0.02 ^b	3.38±0.08 ^b	3.48±0.08 ^e	2.95±0.05 ^h	4.28±0.06 ^g
KH x 21	2.40±0.08 ^e	4.69±0.05 ^e	3.29±0.09 ^{bc}	4.62±0.07 ^b	3.89±0.06 ^{cd}	6.99±0.12 ^b
KP x 21	2.11±0.03 ^f	4.01±0.13 ^g	3.03±0.17 ^{de}	4.89±0.20 ^a	4.04±0.13 ^{bc}	7.54±0.16 ^a
ML x 21	3.29±0.04 ^a	5.04±0.03 ^{bc}	3.69±0.11 ^a	3.50±0.02 ^e	2.55±0.10 ⁱ	4.72±0.13 ^f
P Value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

0: Fermentasyon başlangıcı, 7: Fermentasyonun 7. günü, 14: Fermentasyonun 14. günü, 21: Fermentasyonun 21. günü, a-i(l) Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasında fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). KH: Kirmızı Havuç, KP: Kirmızı Pancar, ML: Mor Lahana, ort±std sapma.

Örnek çeşidi, fermentasyon süresi ve örnek çeşidi x fermentasyon süresi etkileşimlerinin (ozmofilik maya sayısı hariç) laktik, asetik asit bakterisi *Lactococcus/Streptococcus* türü bakteri ve ozmofilik maya sayıları üzerinde çok fazla anlamlı ($P<0.0001$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4). Çalışmada fermentasyon süresi boyunca ozmofilik maya, asetik asit ve laktik asit bakterisi sayılarında artış görülmüştür ($P<0.05$; Çizelge 3). Ayed ve ark. (2017) çalışmalarında farklı sıcaklıklarda fermentasyon süresi boyunca tüm örneklerin ozmofilik maya, asetik asit ve laktik asit bakterisi sayılarının arttığını bildirmişlerdir. Çalışmada elde edilen veriler ile araştırmamız bulguları paralellik göstermektedir. Mikroorganizma sayılarında meydana gelen bu artışın, ortamdaki fermente olabilir karbonhidrat miktarının yeterli olması ve ortam koşullarının bu mikroorganizmaların gelişmesine elverişli olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. *Lactococcus/Streptococcus* türü bakteri sayıları ise; fermentasyonun 14. gününe kadar bir artış göstermesine karşın (mor lahanada 7. günden sonra), kalan sürede ise azalmıştır ($P<0.05$; Çizelge 3). Bu azalışın, ortam asitliğinin ve diğer fermentatif mikroorganizmaların sayısının artmasına bağlı olarak *Lactococcus/Streptococcus* türü bakterilerin gelişmesini baskılamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Duyusal analiz sonuçları, tüm duyusal kriterler (tat, yapı, görünüş, koku ve genel beğeni) açısından değerlendirildiğinde; en fazla beğenilen örneğin kırmızı pancar, buna karşın en az beğenilen örneğin mor lahanadan üretilen çay örnekleri olduğu ortaya konulmuştur. Kırmızı pancardan üretilen kombucha çay örneğinin tat, yapı, görünüş, koku ve genel beğeni puanları

sırasıyla; 8.44, 8.54, 9.46, 7.14, 8.44 olarak, buna karşın kırmızı lahanaya üretilen örneğin ise; 4.05, 6.47, 7.26, 3.58 ve 4.05 olarak tespit edilmiştir ($P<0.05$; Şekil 4).

4. Sonuç

Bu çalışmada, üç farklı kırmızı ve mor sebze ile üretilen kombucha çay örneklerinin; fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal özellikleri tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda özellikle kırmızı pancar ve kırmızı havucun kombucha çayı üretiminde kullanılabileceği, buna karşın mor lahananın kombucha çayı üretimine uygun olmadığı ortaya konulmuştur. Kombucha çayı, vücut tarafından sindirilen, emilen ve metabolize edilen ve etkilerini hücre düzeyinde uygulayan çok çeşitli biyoaktif bileşenlerin kaynağıdır. Kombucha çayının sağlığa faydalı yönleriyle, son zamanlarda popülerliği artmaktadır. Farklı sebzelerin kombucha çaylarında substrat olarak kullanılmasının lezzet, aroma ve fonksiyonel özellikleri açısından daha fazla tercih edilebileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte, Kombucha çayı, sağlığa yararları ve terapötik özelliklere sahip olması nedeniyle gazlı içecek tüketiminin yerine alternatif olabileceği düşünülmektedir.

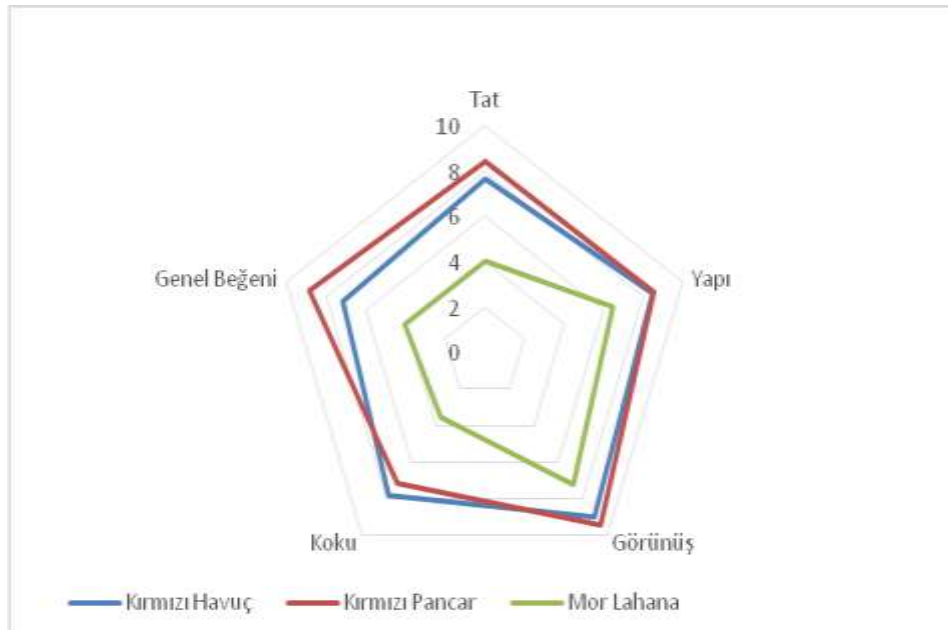
Sonuçlar, antosiyanin bakımından zengin hammaddelerin kombucha içeceğinin besinsel değerine, fonksiyonel ve duyusal özelliklerine katkıda bulunduğunu göstermiştir. Ancak Kombucha'nın fermentasyon süreci ile biyolojik aktiviteleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmek ve fonksiyonel bir içecek olarak kullanımı için kapsamlı bilimsel çalışmalar yapılmalıdır.

Çizelge 4. Kombucha çay örneklerinin mikrobiyolojik analiz sonuçlarına ait varyans analiz sonuçları (F değerleri).

Table 4. Results of variance analysis (F values) of microbiological analysis of Kombucha tea samples.

Faktör	TAMB	Maya/Küf	Ozmofilik Maya	Laktik Asit Bakterisi	<i>Lactococcus/Streptococcus</i>	Asetik Asit Bakterisi
Çeşit	0.646	0.562	127.480***	57.706***	175.357***	389.686***
Depo	0.307	0.301	43.417***	126.742***	56.155***	564.423***
Çeşit x Depo	0.478	0.468	1.691	29.001***	43.630***	35.809***

***: İstatistiksel olarak çok fazla anlamlı ($P<0.0001$), **: İstatistiksel olarak fazla anlamlı ($P<0.01$), *: İstatistiksel olarak anlamlı ($P<0.05$).



Şekil 4. Kombucha çay örneklerinin duyusal analiz sonuçları.

Figure 4. Sensory analysis results of Kombucha tea samples.

Kaynaklar

- Abuduaibifu A, Tamer CE (2019) Evaluation of physicochemical and bio accessibility properties of goji berry kombucha. *Journal of Food Processing and Preservation* 43: 14077.
- Akarca G, Tomar O, Gök V (2015) Effect of different packaging methods on the quality of stuffed and sliced mozzarella cheese during storage. *Journal of Food Processing and Preservation* 39(6): 2912-2918.
- Akarca G, Tomar O (2018) Antimicrobial and antioxidative properties of kombucha teas produced with black and green tea. *European Journal of Science and Technology* 14: 96-101.
- Alejandra S, Soto V, Beauforta S, Bouajilaa J, Soucharda JP, Renardc T, Rollanc S, Taillandier P (2019) Impact of fermentation conditions on the production of bioactive compounds with anticancer, anti-inflammatory and antioxidant properties in kombucha tea extracts. *Bress Biochemistry* 83: 44-54.
- Ayed L, Ben Abid S, Hamdi M (2017) Development of a beverage from red grape juice fermented with the Kombucha consortium. *Annals of Microbiology* 67(1): 111-121.
- Bekir J, Mars M, Souchard JP, Bouajila J (2013) Assessment of antioxidant, anti-inflammatory, anti-cholinesterase and cytotoxic activities of pomegranate (*Punica granatum*) leaves. *Food and Chemical Toxicology* 55: 470-475.
- Budak N (2015) Total antioxidant activity and phenolic contents with advanced analytical techniques in the mulberry vinegar formation process. *Fruit Science* 2(2): 27-31.
- Chen C, Liu BY (2000) Changes in major components of tea fungus metabolites during prolonged fermentation. *Journal of Applied Microbiology* 89: 834-839.
- Chu SC, Chen C (2006) Effects of origins and fermentation time on the antioxidant activities of kombucha. *Food Chemistry* 98: 502-507.
- De Vero L, Gala E, Gullo M, Solieri L, Landi S, Giudici P (2006) Application of denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) analysis to evaluate acetic acid bacteria in traditional balsamic vinegar. *Food Microbiology* 23: 809-813.
- Halkman K (2005) Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları. 1. Baskı. Başak Matbaacılık Ltd. Şti, Ankara.
- ISO (2008a) International Standard Organization, ISO 21527-1:2008 Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds – Part 1: Colony count technique in products with water activity greater than 0,95.
- ISO (2008b) International Standard Organization, ISO 21527-2:2008 Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds – Part 2: Colony count technique in products with water activity greater than 0,95.
- ISO (2013) International Standard Organization, 4833-1:2013 Microbiology of the food chain – Horizontal method for the enumeration of micro-organisms – Part 1: Colony count at 30 degrees C by the pour plate technique.
- Jayabalan R, Malbasa RV, Loncar ES, Vitas JS, 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.
- Rahmani R, Beaufort S, Villarreal-Sotob SA, Taillandier P, Bouajilab J, Debouba M (2019) Kombucha fermentation of African mustard (*Brassica tournefortii*) leaves: Chemical composition and bioactivity. *Food Bioscience* 30: 100414.
- Ryan J, Hutchings SC, Fang Z, Bandara N, Gamlath S, Ajlouni S, Ranadheera CS (2019) Microbial, physico-chemical and sensory characteristics of mango juice-enriched probiotic dairy drinks. *International Journal of Dairy Technology* 70: 1-9.
- Susilowati A, Iskandar JM, Melanie H, Maryati Y, Lotulung PD (2017) Characteristic of fermented spinach (*Amaranthus* spp.) polyphenol by kombucha culture for antioxidant compound. *AIP Conference Proceedings* 183(1): 02018.
- Tomar O, Akarca G, Beykaya M, Çağlar A (2018) Some characteristics of Erzincan Tulum cheese produced using different probiotic cultures and packaging material. *Journal of the Faculty of Veterinary Medicine Kafkas University* 24(5): 647-658.
- Trovatti E, Serafim LS, Freire CSR, Silvestre AJD, Neto CP (2011) *Gluconacetobacter sacchari*: An efficient bacterial cellulose cell-factory. *Carbohydrate Polymers* 86: 1417-1420.
- Watawana MI, Jayawardena N, Gunawardhana CB, Waisundara VY (2016) Enhancement of the antioxidant and starch hydrolase inhibitory activities of king coconut water (*Cocos nucifera* var. *aurantiaca*) by fermentation with kombucha 'tea fungus. *International Journal of Food Science & Technology* 51(2): 490-498.
- Yıkılmış S, Tuğgüm S (2019) Evaluation of microbiological, physicochemical and sensorial properties of purple basil kombucha beverage. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 7(9): 1321-1327.