

Kombu Çayı Üretiminde Kapari Tomurcuklarının (*Capparis spp.*) Kullanımının Fenolikler, Antioksidant Kapasite ve Biyoerişilebilirliğe Etkisi

Nihan Girtlioğlu , Elif Yıldız , Ozan Gürbüz  ✉

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa

Geliş Tarihi (Received): 24.05.2020, Kabul Tarihi (Accepted): 10.09.2020

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): ozang@uludag.edu.tr (O. Gürbüz)

☎ 0 224 294 15 00 📠 0 224 294 14 02

Öz

Kombu çayı asetik asit bakterileri ve mayaların simbiyotik ilişkisiyle şeker ilave edilmiş çay ekstraktların fermentasyona uğratılması sonucu elde edilen fermente bir içecektir. Kombu çayının tüketimi ve konusundaki çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmada, Artvin bölgesinden temin edilen *Capparis ovata* Desf. türüne ait kapari tomurcukları Kombu çayı üretiminde kullanılmış, kapari tomurcuğu ve fermentasyon sonucunda elde edilen Kombu çayı örnekleri (KC₁: yeşil çay, KC₂: kapari tomurcuğu, KC₃: kapari tomurcuğu+yeşil çay) analiz edilmiştir. Kombu çayı üretiminde kullanılan kapari tomurcuğunun kurumadde, suda çözünen kurumadde, kül ve toplam asitlik ile pH ortalama değerleri sırasıyla; 25.99±1.12 g/100g; 14.47±0.21; 1.74±0.06 g/100 g; 0.57±0.06 g/100 g; 5.30±0.12 olarak belirlenmiştir. Üretilen Kombu çayı örneklerinde, fermentasyon sonunda toplam asitlik 0.74±0.02 ile 1.43±0.04 g/100g arasında değişirken, pH ise 3.18±0.01 ile 3.19±0.01 değerleri arasında belirlenmiştir. Kapari tomurcuğunda antosiyanin içeriğine rastlanmazken; KC₁ örneğinin antosiyanin miktarı 2.30 mg/L (siyanidin-3-glikozit eşdeğeri) olarak bulunmuş, KC₃ örneğinde bu değer kapari tomurcuğunun da etkisi ile %52 oranında artarak, 3.50 mg/L (siyanidin-3-glikozit eşdeğeri) olduğu belirlenmiştir. Kombu çayı örneklerinin sağlık üzerindeki potansiyelleri belirlemek amacı ile antioksidan kapasiteleri incelenmiş, yeşil çay ve kapari içeren KC₃ örneği; ekstrakte edilebilir (TEAC_{ABTS}: 7.06 µmol Trolox/mL; TEAC_{DPPH}: 7.12 µmol Trolox/mL), hidrolize edilebilir (TEAC_{ABTS}: 7.59 µmol Trolox/mL; TEAC_{CUPRAC}: 4.28 µmol Trolox/mL; TEAC_{DPPH}: 3.03 µmol Trolox/mL) ve biyoerişilebilir fenolikler (TEAC_{ABTS}: 5.70 µmol Trolox/mL; TEAC_{CUPRAC}: 4.47 µmol Trolox/mL; TEAC_{DPPH}: 2.36 µmol Trolox/mL) açısından en yüksek değerleri göstermiştir. Ayrıca, duyuşal değerlendirme sonuçlarına göre, KC₃ örneği, 5.61 puan (genel beğeni) ile panelistlerce en beğenilen örnek olmuştur. Çalışmanın sonucunda, fenolik bileşenlerce zengin bir substrat olan kapari tomurcuğu kullanılarak, antioksidan kapasite ve toplam fenolik bileşen içeriği zenginleştirilmiş, yeni ve sağlıklı bir fermente içecek üretilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Capparis* spp., Kombu çayı, Antioksidan kapasite, Antosiyanin, Biyoerişilebilirlik

Effect of Caper Buds (*Capparis spp.*) on Phenolics, Antioxidant Capacity, and Bioaccessibility on Kombucha Tea Production

ABSTRACT

Kombucha is a fermented beverage obtained by the fermentation of tea extracts containing sugar by the symbiotic culture of acetic acid bacteria and yeasts. The consumption and studies about the Kombucha are increasing steadily. In this study, caper buds belonging to *Capparis ovata* Desf. obtained from the Artvin region in Turkey were utilized in

Kombucha production; caper buds and Kombucha tea samples (KC₁: Green-tea, KC₂: Caper bud, KC₃: Caper bud + Green-tea) were analyzed. The dry matter, water-soluble dry matter, ash and total acidity and pH of caper buds used in Kombucha tea production were determined as 25.99±1.12 g/100g, 14.47±0.21, 1.74±0.06 g/100g, 0.57±0.06 g/100g and 5.30±0.12, respectively. In Kombucha samples, at the end of fermentation, the total acidity ranged from 0.74±0.02 to 1.43±0.04 g/100g, while the pH was between 3.18±0.01 and 3.19±0.01. Although, caper buds did not contain any anthocyanin, KC₁ sample had 2.30 mg/L (cyanidin-3-glycoside equivalent) anthocyanin and it increased by 52% and determined as 3.50 mg/L (cyanidin-3-glycoside equivalent) in KC₃ sample by the inclusion of caper buds. In order to determine the potential of Kombucha tea samples on health, antioxidant capacity of samples were determined, and green tea and caper bud containing KC₃ sample had the highest values in extractable (TEAC_{ABTS}: 7.06 µmole Trolox/mL; TEAC_{DPPH}: 7.12 µmole Trolox/mL), hydrolyzable (TEAC_{ABTS}: 7.59 µmole Trolox/mL; TEAC_{CUPRAC}: 4.28 µmole Trolox/mL; TEAC_{DPPH}: 3.03 µmole Trolox/mL) and bioaccessible phenolics (TEAC_{ABTS}: 5.70 µmole Trolox/mL; TEAC_{CUPRAC}: 4.47 µmole Trolox/mL; TEAC_{DPPH}: 2.36 µmole Trolox/mL). In addition, according to sensory evaluation results, KC₃ with 5.61 points was the most preferred sample by panelists (overall acceptability). As a result of the study, antioxidant capacity and total phenolic component contents of tea samples were enriched by using a phenolic compound rich substrate capers buds, and a new healthy fermented beverage was produced.

Keywords: *Cappariss* spp., Kombucha, Antioxidant capacity, Anthocyanin, Bioaccessibility

GİRİŞ

Artan dünya nüfusu ve bununla beraber ortaya çıkan sağlık problemleri ile bireyler sağlıklı beslenmeye daha çok önem vermeye başlamış ve ilaç tedavisi yerine bitkisel içerikli tedavilere olan ilgi artmıştır. Bu amaçla; son yıllarda besin içeriği zengin, biyoerişilebilirliği yüksek, fonksiyonel gıda arayışı ile sağlıklı reçeteler oluşturulmakta ve sağlık üzerindeki etkileri incelenmektedir.

Kapari bitkisi *Capparaceae* familyasına ait, ülkemizde *Capparis spinosa* ve *Capparis ovata* olmak üzere iki türünün ve bu türlere ait 6 çeşidinin Güneydoğu Anadolu, Orta Doğu, Karadeniz, Marmara ve Akdeniz bölgelerinin bazı yörelerinde yetişen, bubu, devedikeni, geber otu, gebere otu, gebere, gebre, gevil, kapara, kapari, kapari, kebere, keberegebre out, kedi tırnağı, kemer, keper, kepere, menginik, şeballah ve yumuk gibi isimlerle de anılan çok yıllık bir bitkidir [1, 2].

Kapari gıda genellikle sektöründe lezzeti geliştirmek amacıyla baharat olarak kullanılmayanın yansıra, "Karpuzcuk" adı verilen kapari tomurcukları hazır yemek ürünlerine, peynire, et ve su ürünlerine, fırıncılık ürünlerine ilave edilerek kullanılabilen ve konservesi geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Reçelinin de yapılmasının yanı sıra, salamurada muhafaza etmek suretiyle turşu olarak da kullanımı yaygındır [3-5]. Kapari bitkisinin içeriğinde 100 g tomurcuğu (kurumaddede) baz alındığında; 24.03 g protein, 12.52 g selüloz, 2.19 g lipit, 9.41 mg kül, 64 mg fosfor, 66 mg kalsiyum, 8.7 mg demir ve az miktarda nişasta tespit edilmiştir [6]. *Capparis*'in farklı türlerinde, bitkinin farklı kısımları (kök kabuğu, yaprak, çiçek tomurcuğu, meyve, tohum) alkaloid, flavonoid, glukozinolat, lipid, polifenol gibi birçok kimyasal bileşik içermektedir [7-8]. Kapari bitkisinin aroma bileşenlerini ise izobütül izotiyosiyanat, kükürt ve sildo-oktasiklosülfür oluşturmaktadır [9]. Kaparinin metanolik ekstraktlarında tespit edilen başlıca flavonoidler kaparirutin, kuersetin 3-O-glukosid, kuersetin 3-O-glukosid-7-O-rhamnosid olmakla birlikte, kaparirutin ve kuersetin kaparinin antioksidan özelliği üzerinde etkili flavonoidlerdir [7]. Yemiş'in [10] yaptığı çalışmada kapari tomurcuklarındaki glukosinatlar ve

flavonoidler incelenmiş, içerdiği glukosinatların yüksek oranda glukokapparinden (%92.1), flavonoidlerin ise rutin (1.45g/100g KA) ve kamferol-3-rutinozid (0.88g/100g KA)'den oluştuğu tespit edilmiştir. Ayrıca diğer çalışmalarla da, yüksek miktarda α, γ ve δ tokoferol içeriğine sahip olduğu ifade edilmiştir [7, 8]. Kapari gıda sektörünün yansıra sağlık sektöründe de kullanım alanı bulmaktadır. Huseini ve ark. [11] tip-2 diyabetik hastalarla yaptığı çalışmada meyvelerin antidiyabetik ve kolesterol düşürücü etkisini, Eddouks ve ark. [12] streptozotosin-indüklenmiş diyabetik sıçanlarla yaptığı çalışmada anti-obesite etkisini, Kazemian ve ark. [13] ise diyabetik sıçanlarla yaptığı çalışmada anti-hepatoksik etkisini belirlemiştir. İçerdiği fenolik bileşenler sayesinde de antioksidan, idrar söktürücü, anti-hipertansiyon, balgam söktürücü etkileri bulunduğu ve eklem, kas, kemik, diş ağrılarında ağrı kesici etki gösterdiği; dalak büyümesi, kalça rahatsızlığı, hemofili, gut, skorbit hastalıklarında tedavi edici rollere sahip olduğu belirlenmiştir [14-16].

Turşu, sirke, boza, kefir, Kombu çayı, sucuk gibi fermente gıdalar, vücuttaki oluşan zararlı metabolitlerden korunmaya yardımcı olan antioksidatif ve fenolik bileşenlerce zengin içeriği ile dikkat çekmektedir. Fermentasyon ile ürünlerin raf ömrü uzatılarak daha uzun süre faydalanmamız sağlanırken aynı zamanda, içeriği zenginleştirilmiş, fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş yeni ürünler de elde edilmektedir. Fermente ürünlerin, immun sistemi destekleyici olduğu, kanserin önlenmesinde ve hastalıkların tedavisinde yardımcı rol oynadığı, osteoporoz belirtilerini azalttığı, antioksidan, antimikrobiyal, antikolesterol ve probiyotik özelliklerinin bulunduğu çeşitli çalışmalarda bildirilmiş, sağlık üzerine etkileri de ortaya koyulmuştur [17].

Fermente ürünlerden "Kombucha", maya ve asetik asit bakterilerinin simbiyotik birleşiminin şekerli çayın fermentasyonu ile elde edilen bir içecek olup ve kelime olarak Japonca *Laminaria japonica* adındaki geniş yapraklı bir deniz yosununu tanımlayan 'Kombu' ile çay anlamına gelen 'Cha' kelimelerinin birleşiminden oluşmaktadır [18, 19]. Kombu çayı, hafif tatlı ve asidik yapıya sahip olup dünya çapında tüketilen ve popülerliği giderek artan bir içecektir [20]. Mikroorganizmaların

aktivitesiyle oluşan bu fermente içecek genellikle çeşitli çay türlerinden (siyah, yeşil, beyaz vb.) veya kahveden meydana gelen sıvı faz ile sıvı fazın üzerinde oluşan selülozik yapıdaki biyofilm tabakasından meydana gelmektedir [19, 21]. Bu selülozik biyofilm tabakası 'tea fungus' olarak bilinmekte ve 'SCOBY' olarak adlandırılmaktadır. SCOBY, İngilizce 'Bakteri ve mayaların simbiyotik kültürü' anlamına gelen Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast'in kısaltmasıdır. Gerçekleşen aerobik fermentasyonda çay, kahve gibi substratlar içerdikleri kafein, teofilin gibi bileşiklerle Kombu mayasının hücrelerinin gelişimi için gerekli azot kaynağını, eklenen şeker (%7-15 oranında) ise karbon kaynağını oluşturmaktadır [22]. Kombu çayında bulunan mayalar, çayın içerdiği karbonhidrat kaynağını invertaz enzimi ile parçalamakta ve elde ettikleri glikozdan etil alkol üretmektedir. Simbiyotik bakteriler ise mayaların ürettikleri etil alkolden asetik asit meydana getirmektedir. Kombu çayı üretimi için hazırlanan içerik; fermentasyon kabı üzeri hava geçişine izin veren bir bez veya tülbent ile kapatılarak, doğrudan güneş ışığına maruz kalmayacak şekilde, 25°C-28°C sıcaklıkta, 7-12 gün süreyle fermentasyona bırakılır [23, 24]. Fermentasyon süresi ve ekstrakta göre Kombu çayının içeriği farklılık göstermekle birlikte genel itibarıyla asetik asit, laktik asit, glukonik asit, polifenoller, probiyotikler, etanol, etil glukonat, kateşinler, teoflavinler, flavonoller gibi çay bileşenleri, invertaz, amilaz gibi hidrolitik enzimler, Na, K, Ca, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn gibi elementleri içermektedir [22, 25]. Kombu çayı serinletici özelliğinin yanı sıra profilaktik (hastalık önleyici) ve terapötik (tedavi edici) özelliklerinin olması nedeniyle de tercih edilmektedir [19, 26, 27]. Antibiyotik etkisinin olduğu, immun sistemi desteklediği, antikanserojenik, antidiyabetik, hipokolesterolemik, hipoglisemik, antioksidan, antimikrobiyel özellikler taşıdığı, laksatif özelliğinin olduğu, bağırsak florasının gelişmesine yardımcı olduğu, metabolizmayı hızlandırarak kilo kaybını desteklediği yapılan çalışmalarda belirlenmiştir [19, 21, 28-35].

Sağlık üzerindeki etkileriyle bilinen fenolik bileşikler, aromatik halka (en az bir adet) ve hidroksil grubu içeren bitkilerde doğal olarak bulunan organik bileşiklerdir. Sağlık üzerinde kanser riskini azaltmak, kalp-damar hastalıklarını engellemek vb. birçok olumlu etkisi bulunmaktadır [36]. Fenolik bileşikler vücuttaki hücrelerin zarar görmesini serbest radikaller ile tepkimeye girerek, metallerle şelat oluşturarak, hidroperoksidleri daha stabil forma dönüştürerek, diğer indirgen ajanlarla sinerjik etki oluşturarak engellemekte ve böylelikle vücutta antioksidan etki göstermektedir [37]. Gıdaların sahip olduğu antioksidan etki, hidrojen transferine dayanan reaksiyonlar (HAT; Hydrogen Atom Transfer) ve tek elektron transferine dayanan reaksiyonlar (SET; Singlet Electron Transfer) olmak üzere iki farklı reaksiyon mekanizması ile analiz edilebilmektedir [38]. Tekrar edilebilir, ucuzluğu ve yaygınlığı nedeniyle, örnek içeriğine de bağlı olarak; DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)), CUPRAC (The Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity), FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) ve Folin-Ciocalteu metodu (Toplam Fenolik Bileşen Analizi; Total Phenolic

Content) tercih edilen antioksidan kapasite metotları arasındadır.

Gıdaların antioksidan özelliklerinin sağlık üzerindeki etkileri, vücuttaki sindirilebilirliğine göre farklılık göstermektedir. Gıda matrisi içinde, karmaşık yapılar halinde bulun fenolik bileşikler, bağırsakta sindirim sürecinden geçtikten sonra vücutta kullanılabilirlikte olup ve bu konuda birbiriyle ilişkili iki kavram öne çıkmaktadır: biyoerişilebilirlik ve biyoyararlılık [39]. Biyoerişilebilirlik, mide-bağırsaksisteminde gıda matrisinden serbest hale geçerek, bağırsak emilimi için uygun hale gelen biyolojik fraksiyonu; biyoyararlılık ise, bağırsaktan emildikten sonra vücudun kullanabileceği, kan ve idrarda rastlanabilen, biyolojik etkiye sahip fraksiyonu ifade etmektedir [39-41]. Gıdaların biyoerişilebilirlikleri, sindirim enzimleri ile yapay olarak oluşturulan *in vitro* sindirim sistemi ile belirlenmekte olup [42], gıdanın sağlık üzerindeki etkisi ile ilgili potansiyelini ortaya koyan önemli parametrelerden biridir.

Bu çalışmada kapari bitkisinin (*Capparis ovata* Desf.) tomurcuğu ile Kombu çayı üretimi gerçekleştirilerek üretimde kullanılan kapari tomurcuğu ve üretimi gerçekleştirilen Kombu çayı örneklerinin fiziko-kimyasal analizlerinin yanısıra; ekstrakte edilebilir, hidrolize edilebilir ve biyoerişilebilir fenolik bileşen ekstraktlarının antioksidan kapasite (TEAC_{DPPH}, TEAC_{CUPRAC} ve TEAC_{ABTS}), toplam fenolik bileşen analizleri de yapılarak biyoerişilebilirlikleri (%) belirlenmiştir.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Kombu çayı üretiminde kullanılan kapari tomurcuğu *Capparis ovata* Desf. türüne ait olup, 2019 yılı ağustos ayında, Artvin Deriner Barajı bölgesinden (H: 220 m; N: 41° 10' 11.0064"; E: 41° 52' 12.9972") (Şekil.1) elde edilmiştir. Temin edilen kapari tomucukları Kombu çayı üretimi ve analizleri yapılarak dek -18°C'de depolanmıştır. Kombu çayı üretiminde kullanılan yeşil çay (Doğadan Gıda Ürünleri A.Ş., İstanbul, Türkiye) ve pancar şekeri (Doğuş Gıda A.Ş., İstanbul, Türkiye) yerel marketlerden temin edilmiştir. Fermentasyonun sağlandığı starter kültür (SCOBY) ticari olarak satışını gerçekleştiren Oregon Kombucha Tea (ABD) firmasından (ABD) temin edilmiştir.

Kombu Çayı Üretimi

Kombu çayının üretimi için, sterilize edilmiş 1 L damıtık suya 14 g/L yeşil çay ve/veya 100 g/L homojenize edilmiş kapari tomurcuğu (Tablo. 1, Şekil. 2) eklenerek 100°C'de 15 dakika demleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Demleme işlemi sonrasında süzme işleminin ardından içerik 28°C-30°C soğutulmuş, bu esnada 30 g/L pancar şekeri ilave edilmiştir. Elde edilen ekstrakta bir önceki fermentasyondan elde edilen 100 mL/L Kombu çayı ve SCOBY eklenmiştir. Çayın üzeri hava geçirebilecek şekilde çift katlı tülbent ile kapatılarak 28±2°C'de fermentasyona bırakılmıştır. pH'sı 3.20±0.10'e gelen Kombu çayları, şişelenerek pastörize edilmiştir (Şekil. 2). Analizlere kadar +4°C'de depolanmıştır.



Capparis ovata Desf.

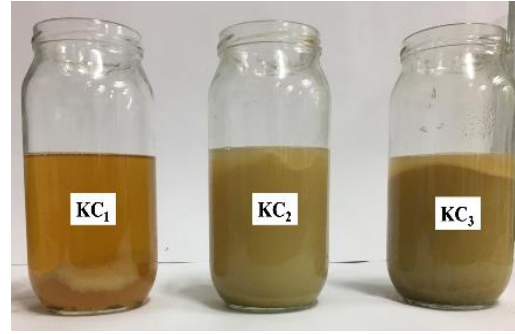
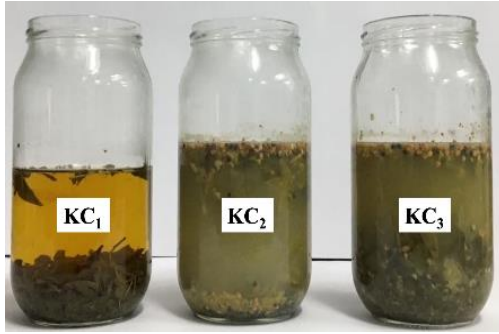
H: 220 m, N: 41°10' 11.0064", E: 41°52' 12.9972"

Şekil 1. Artvin ilinde bulunan kapari bitkisi ve kapari tomurcuğu

Tablo 1. Kombü çayı formülasyonları*

Örnek	Kapari tomurcuğu (g)	Yeşil Çay yaprakları (g)	Şeker (g)	Saf Su (L)	Kombü çayı (mL)
KC ₁	-	14.00	30.00	1.00	200.00
KC ₂	100.00	-	30.00	1.00	200.00
KC ₃	100.00	14.00	30.00	1.00	200.00

*KC₁: Yeşil Çaylı Kombü Çayı, KC₂: Kapari Tomurcuklu Kombü Çayı, KC₃: Yeşil Çay + Kapari Tomurcuklu Kombü Çayı



Şekil 2. Kombü çayı örnekleri

*KC₁:Yeşil Çaylı Kombü Çayı, KC₂:Kapari Tomurcuklu Kombü Çayı, KC₃: Yeşil Çay + Kapari Tomurcuklu Kombü Çayı

Metot

Fiziko-Kimyasal ve Kimyasal Analizler

Kapari tomurcuğu ve Kombü çayı örneklerinde kurumadde tayini (AOAC Metot No: 984.25), suda çözünen kurumadde tayini (AOAC Metot No: 970.59), kül tayini (AOAC Metot No: 940.26) pH tayini (AOAC

Metot No: 981.12; Hanna marka, pH 211 model pH-metre, Hanna Instruments S.R.L., ABD), toplam asitlik tayini (AOAC Metot No:942.15) yapılmıştır [43].

Örneklerin, renk tayini Minolta Spektrofotometre (CM-3600d; Osaka, Japonya) cihazı ile yapılarak, L^* , a^* , b^* parametreleri belirlenmiştir. Örneklerin toplam antosiyanin içeriği, Lee ve ark. [44] tarafından belirlenen

pH-diferansiyel metoduna göre spektrofotometrik (Optizen 3220UV, Optizen Labs LLC, Varşova, Polonya) olarak belirlenmiş, sonuçlar *siyanidin-3-glikozit* (S3G) eşdeğeri olarak hesaplanmıştır.

Antioksidan Kapasite ve Toplam Fenolik Bileşen Analizleri

Fenolik Madde Ekstraksiyonu

Kapari ve Kombu çayı örnekleri, ekstrakte edilebilir, hidrolize edilebilir ve biyoerişilebilir fenolik ekstraksiyonları elde edilerek analiz edilmiştir. Ekstrakte edilebilir ve hidrolize edilebilir fenolik fraksiyonlarının ekstraksiyonu için Vitali ve ark. [45]'nin metoduna göre, kapari tomurcuğu için 2 gr-Kombu çayı için 2 mL örnek, HCl conc/metanol/su (1:80:10, v/v) eklenerek çalkalayıcı su banyosunda (250 rpm) (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, ABD) 20°C'de ekstrakte edilmiştir. Ardından 3500 rpm devir ile santrifüj edilmiştir (4°C, 10 dk.) (3 K 30 Sigma Santrifüj, Almanya). Ekstrakte edilebilir fenoliklerin ekstraksiyonu analiz için ayrılırken, kalıntının üzerine metanol/H₂SO₄ (10:1) eklenerek çalkalayıcı su banyosunda (250 rpm), 85°C'de 20 saat ekstrakte edilmiştir. Ardından, 3500 rpm devir ile santrifüj edilmiş (4°C, 10 dk.), hidrolize edilebilir fenolik ekstraksiyonu olarak ayrılmıştır. Biyoerişilebilir fenolik fraksiyonlarının ekstraksiyonu için, Bouayed ve ark. [42]'nin *in vitro* enzimatik ekstraksiyon prosedürüne göre, 2 mL-2 g örnek, pepsin enzimi (40 mg/mL, 0.1 M HCl) eklendikten sonra 37°C'de çalkalayıcı su banyosunda (250 rpm, 2 saat) çalkalanmıştır. Ardından, pankreatin enzimi (2 mg/mL) ve 'bile (safra) karışımı' (12 mg/mL) eklenerek 2 saat daha çalkalama işlemine (37°C, 250 rpm) devam edilmiştir. Ekstraksiyon sonunda örnekler santrifüj edilmiştir (15°C, 3500 rpm, 10 dakika). Kapari meyvesi ve Kombu çayı örneklerinin ekstrakte edilebilir, hidrolize edilebilir ve biyoerişilebilir fenolik ekstraksiyonları analizlere kadar, -18°C'de depolanmıştır.

Antioksidan Kapasite Analizleri

Kapari meyvesi ve Kombu çayı örnekleri fenolik bileşenlerinin antioksidan kapasitesi ekstrakte edilebilir, hidrolize edilebilir ve biyoerişilebilir fenolikler açısından ABTS, DPPH ve CUPRAC metotları olmak üzere üç farklı yöntem kullanılarak belirlenmiştir. ABTS için, Apak ve ark. [46]; DPPH için, Brand-Williams ve ark. [47]; CUPRAC için, Apak ve ark. [48]'in analitik prosedürleri uygulanmıştır. Ekstratların absorbansları spektrofotometrik olarak belirlenmiş; sonuçlar kapari tomurcuğu için µmol Trolox eşdeğeri/g kapari tomurcuğu, Kombu çayı örnekleri için ise µmol Trolox eşdeğeri/mL Kombu çayı olarak ifade edilmiş ve üçlü analiz sonuçları ortalama ± SS olarak verilmiştir.

Toplam Fenolik Bileşen Analizi

Kapari ve Kombu çayı örneklerinin toplam fenolik bileşen analizi Folin-Ciocalteu metoduna göre Naczek ve Shahidi [49]'nin analitik prosedürleri uygulanarak yapılmıştır. Ekstraktların absorbansları spektrofotometrik olarak belirlenmiş, sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri

(GAE)/g-mL olarak değerlendirilmiş ve üçlü analiz sonuçları ortalama ± SS olarak verilmiştir.

Fenolik Bileşenlerin % Biyoerişilebilirliğinin Belirlenmesi

Kapari ve Kombu çayı örneklerinin fenoliklerinin % biyoerişilebilirliği ekstrakte edilebilir, hidrolize edilebilir ve biyoerişilebilir fenoliklerin, toplam fenolik içerik ve antioksidan kapasite analizi sonuçları ile Anson ve ark. [50]'na göre hesaplanmıştır (Denklem 1).

$$\% \text{ Biyoerişilebilirlik}^* = \frac{\text{BFB}}{\text{EFB} + \text{HFB}} \times 100 \quad (1)$$

*EFB: Ekstrakte edilebilir Fenolik Bileşenler, HFB: Hidrolize edilebilir Fenolik Bileşenler, BFB: Biyoerişilebilir Fenolik Bileşenler

Duyusal Analiz

Kombu çayı örneklerinin duyu analizi değerlendirilmesi, 9'lu hedonik skala kullanılarak, 22-50 yaş aralığındaki, eğitilmiş olmayan 18 kişilik tadım ekibi tarafından gerçekleştirilmiştir. Kombu çayı örnekleri renk, berraklık, tat, koku, ekşilik ve genel beğeni açısından değerlendirilmiştir.

İstatistiksel Değerlendirme

Kapari ve Kombu çayı örneklerine ait 3 tekerrürlü olarak yapılan analiz sonuçlarından elde edilen veriler istatistiksel olarak JMP IN 7.0.0 (Statistical Discovery from SAS 2005. Institute Inc.) programı kullanılarak varyans analizi ile değerlendirilmiştir. LSD (Least Significant Difference) testi uygulanarak elde edilen ortalama değerler arasındaki istatistiksel fark gruplarının belirlenmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Kapari Tomurcuğu

Fiziko-Kimyasal Özellikler

Kombu çayı üretiminde hammadde olarak kullanılan kapari tomurcuğunun kurumadde içeriği 25.99 g/100 g, suda çözünür kurumadde içeriği 14.47 g/100 g, kül miktarı 1.74 g/100 g, toplam asitlik miktarı 0.57 g/100 mL (sitrik asit eşdeğeri olarak) ve pH'sı 5.30 olarak belirlenmiştir. Kurumadde içeriği literatürden bir miktar yüksek bulunmuş olup; Arslan [51] tarafından *Capparis ovata*'ya ait kapari tomurcuklarında kurumadde miktarını 23.40±0.11 ile 21.19±0.18 g/100 g değerleri arasında belirlerken; Yemiş [10] tarafından ise 21.10 g/100 g olarak belirlendiğini ifade etmiştir. Kapari tomurcuğuna ait kül miktarı ise, kurumadde üzerinden değerlendirildiğinde, 6.69±0.06 g/100 g olarak bulunmuştur. Özcan [52]'in yaptığı çalışmada *C. ovata*'ya ait kuru ağırlık üzerinden kül miktarı %6.24; Kuşçu ve Yıldırım'ın [53] yaptığı çalışmada %6.70; Yemiş'in [10] yaptığı bir çalışmada ise %8.42 olarak bildirilmiştir. Kuşçu ve Yıldırım [53] kapari tomurcuğunun pH'sını 6.63, toplam asitlik miktarını 0.69 g/100 g olarak tespit etmiştir. Yemiş [10] ise, pH değerini 4.82 olarak, toplam asitlik miktarını 0.51 g/100 g olarak belirlemiştir.

Analiz sonuçlarının literatürdeki çalışmalarla benzerlik gösterdiği tespit edilmiş olup, farklılıkların iklim ve yetiştirme koşullarından ileri geldiği düşünülmektedir.

Antioksidan Kapasite ve Toplam Fenolik Bileşen Tayini

Kapari tomurcuğunda toplam fenolik bileşen ve antioksidan kapasite tayini ABTS, CUPRAC, DPPH metotlarına göre ekstrakte edilebilir, hidrolize edilebilir

ve biyoerişilebilir fenolikler olmak üzere 3 farklı ekstraksiyon ile belirlenmiştir (Tablo 3).

Ekstrakte edilebilir, hidrolize edilebilir ve biyoerişilebilir fenolik bileşenlerin antioksidan kapasitesi değerlendirildiğinde TEAC_{ABTS}'ye göre sırası ile 23.53±0.06 µmol Trolox/g; 31.59±0.27 µmol Trolox/g; 18.55±0.5 µmol Trolox/g olarak belirlenmiş, TEAC_{DPPH} ve TEAC_{CUPRAC} verilerine göre daha yüksek bulunmuştur (p<0.01).

Tablo 2. Kapari tomurcuğunun antioksidan kapasite ve toplam fenolik bileşen içeriği*

	Ekstrakte Edilebilir Fenolikler	Hidrolize Edilebilir Fenolikler	Biyoerişilebilir Fenolikler	%Biyoerişilebilirlik
Toplam Fenolik Bileşen (mg GAE/g)	45.40±0.47 ^a	43.73±0.30 ^a	21.27±0.06 ^a	11.95±0.05 ^c
ABTS (µmol Trolox /g)	23.53±1.06 ^b	31.59±1.27 ^b	18.55±0.15 ^b	16.86±0.85 ^b
CUPRAC (µmol Trolox /g)	7.89±0.33 ^c	18.46±0.15 ^c	8.38±0.50 ^c	29.50±1.16 ^a
DPPH (µmol Trolox /g)	21.03±0.42 ^b	11.51±0.29 ^c	8.38±0.50 ^c	12.92±0.79 ^c

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında p<0.01 oranında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır.

Biyoerişilebilirlik (%) değerlerine göre ise, CUPRAC metoduna %29.50±0.16 olarak belirlenmiş (p<0.01), biyoerişilebilir fenoliklerin daha fazla ekstrakte edilebildiği bir metot olmuştur. Abdul Ameer [54], yaptığı çalışmada Bahreyn'de yetişen kapari tomurcuğunun ekstrakte edilebilir fenolik bileşiklerinin ABTS metoduna göre 8.13 mmol Trolox/kg taze meyve ağırlığı, DPPH metoduna göre 6.13 mmol Trolox/kg taze meyve ağırlığı olarak bildirilmiştir. Khanavi ve ark [55] tarafından ise, DPPH metoduna göre IC₅₀ değeri 556.66±26.73 µg/ml olarak belirlenmiştir. Yabani olarak yetişen kapari tomurcuğu literatüre göre nispeten daha yüksek antioksidan potansiyel göstermiştir; literatürdeki farklılıkların ayrıca iklim ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak da değişkenlik gösterdiği düşünülmektedir.

Folin Ciocalteu metoduna göre uygulanan toplam fenolik bileşen analizine göre ise ekstrakte edilebilir, hidrolize edilebilir ve biyoerişilebilir fenolikler olmak üzere sırası ile 45.40±0.47 mg GAE/g; 43.73±0.30 mg GAE/g; 21.27±0.06 mg GAE/g olarak saptanmıştır. Ardağ'ın [56] *C. spinosa* tomurcuğunda yaptığı çalışmada ekstrakte edilebilir toplam fenolik madde miktarı 1.83 µg GAE/mg taze meyve ağırlığı, Tlili ve ark.'nın [8] yaptıkları çalışmada ise kaparinin tomurcuğunda ekstrakte edilebilir toplam fenolik içeriğin 2621 mg GAE/100 g taze meyve ağırlığı olduğu tespit edilmiştir. *C. spinosa* rutin ve kuersertin gibi flavonoid bileşiklerce zengin içeriği ile bilinmekte olup, antioksidan potansiyelinin içerdiği kaemferol, alkaloid, glucosino-late, lipid flavonoids, 5-hydroxymethylfurfural, 5-hydroxymethylfuroic asit, 2-furoic asit, protocatechic asit, vanilic asit, süksinik asit ve 4-hidroksibenzoik asit gibi bileşiklere dayanmaktadır [8,57-58].

Kombu Çayı

Fiziko-Kimyasal Özellikler

KC₁, KC₂, KC₃ Kombu çayı örneklerinin fiziko-kimyasal özellikleri Tablo 3'te verilmiştir. 25.99 g/100 g kurumadde içeriğine sahip kapari tomurcuğu ve yeşil çay fermentasyonu ile elde edilen KC₃ örneği, 1.14±0.0 g/100 mL ile en yüksek kurumadde değerine sahip örnek olarak belirlenmiş, suda çözünür kurumadde miktarı ise 1.83±0.06 g/100 mL olarak tespit edilmiştir (p<0.01). Sadece yeşil çay fermentasyonu ile üretilen KC₂ örneğine kıyasla, kapari ilavesi, KC₃ örneğinde kurumadde ve suda çözünür kurumadde değerlerinin artışında etkili olmuştur.

Kombu çayı örneklerinin % kül miktarları KC₁, KC₂, KC₃ örneklerinde sırası ile 0.06±0.06 g/100 mL, 0.19±0.10 g/100 mL, 0.20±0.01 g/100 mL olarak tespit edilmiştir (p<0.01) (Tablo 3). Kapari ilavesinin Kombu çayı örneklerinin kül miktarını sadece yeşil çay fermentasyonu ile elde edilen örneğe (KC₁) göre üç kat arttırdığı görülmüştür ve aynı zamanda mineral madde içeriğini de zenginleştirdiği düşünülmektedir.

Asitlik-pH değerleri incelendiğinde, her üç Kombu çayı örneğinin de 16 günlük fermentasyon sonucunda pH değerinin yaklaşık olarak 3.19±0.01 düzeyine ulaştığı belirlenmiştir (Şekil 3). Başlangıç pH'ları farklı olan Kombu çaylarında en yüksek pH değişimi KC₃ örneğinde (pH: 4.57'den 3.18'e), en düşük pH değişimi ise KC₂ örneğinde (pH: 4.28'den 3.19'a) görülmüştür. pH değerlerindeki düşüş oranlarına bakıldığında kapari tomurcuğu içeren Kombu çaylarındaki (KC₂ ve KC₃) pH düşüşünün, yeşil çaylı Kombu çayından (KC₁) fazla olması; kapari tomurcuğundaki bileşenlerin, Kombu çayı kültüründe bulunan bakteri ve mayaların aktivitesini

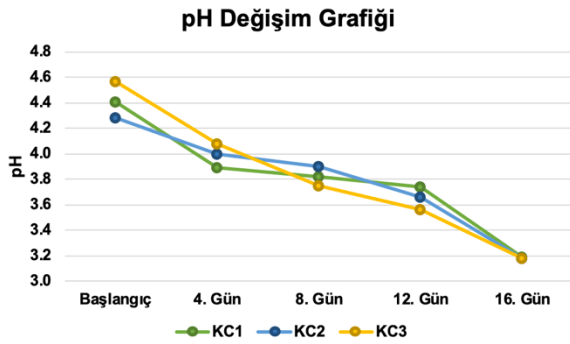
arttırıcı etki göstermesinden kaynaklandığını düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlar Güldane ve ark.'nın [59], 11 günlük fermentasyon sonucu belirledikleri yeşil çay (pH: 3.16), siyah çay (pH: 3.22) ve beyaz çay (pH: 3.11) içeren Kombu çayı pH değerleriyle benzerlik göstermektedir. Ayrıca, Tarhan'ın [60] yeşil

çay ile yaptığı Kombu çayında pH değerinin 10 günlük fermentasyon sonunda 5.65'den 3.52'ye düştüğü belirlenmiştir. Değersel farklılıkların, kullanılan yeşil yaprağın türüne, büyüklüğüne, işlenişine, Kombu çayı fermentasyon parametreleri ve kültür kompozisyonuna göre değiştiği düşünülmektedir.

Tablo 3. Kombu çayı örneklerine ait fizikokimyasal özellikler*

Örnek	Toplam Kurumadde (g/100 mL)	Suda Çözünen Kurumadde (g/100 mL)	Kül (g/100 mL)	Toplam Antosiyanin Miktarı (mg/L)	Renk Parametreleri		
					L^*	a^*	b^*
KC ₁	0.88±0.13 ^b	1.73±0.06 ^b	0.06±0.06 ^b	2.30±0.02 ^b	25.36±0.92 ^a	0.61±0.04 ^a	4.29±0.32 ^a
KC ₂	1.11±0.18 ^a	1.83±0.06 ^b	0.19±0.10 ^a	TE**	22.88±0.09 ^b	-0.04±0.01 ^c	2.74±0.05 ^c
KC ₃	1.14±0.02 ^a	2.17±0.06 ^a	0.20±0.01 ^a	3.50±0.07 ^a	20.94±0.08 ^c	0.19±0.02 ^b	3.45±0.07 ^b

KC₁: Yeşil Çaylı Kombu Çayı, KC₂: Kapari Tomurcuklu Kombu Çayı, KC₃: Yeşil Çay + Kapari Tomurcuklu Kombu Çayı. Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında p<0.01 oranında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır. K: Kapari tomurcuğu; TE: Tespit edilemedi.



Şekil 3. Kombu çayı örneklerinin pH ve % toplam asitlik grafiği

KC₁: Yeşil Çaylı Kombu Çayı, KC₂: Kapari Tomurcuklu Kombu Çayı, KC₃: Yeşil Çay + Kapari Tomurcuklu Kombu Çayı

Kombu çayı örneklerinin, asetik asit cinsinden belirlenen toplam asitlik miktarı artışı en fazla KC₃ (%0.84'den %2.58'e) örneğinde, en düşük artış ise KC₁ (%1.74'e) örneğinde görülmüştür. Sadece kapari tomurcuğu kullanılarak fermentasyonu gerçekleştirilen KC₂ örneğinde, toplam asitlik miktarı ise 0.69'den 2.30'a yükselmiştir. Elde edilen verilere incelendiğinde, kapari içeren Kombu çaylarında (KC₂ ve KC₃) asitlik artışı yüksek, yalnızca yeşil çay içeren Kombu çayında ise nispeten daha düşük gerçekleştiği tespit edilmiştir. Fermentasyonun 4. gününde KC₁, KC₂ ve KC₃ örneklerinde önemli düzeyde farklılık tespit edilmiştir (p<0.01). Kombu çayı fermentasyonunda, 3. günden itibaren gözlemlenen önemli artış, şeker içeriğinin büyük bir kısmının mayalar tarafından hidrolize edilmesine, sakkarozun da invertaz enzimi tarafından glikoza ve fruktoza dönüştürülmesine bağlanmıştır [61-62]. Asitliğin yükselmesinin bir diğer nedeni olarak da fermentasyon sırasında asetik asit, glukuronik asit ve glukonik asit gibi organik asitlerin meydana gelmesi gösterilmektedir [63]. Cardoso ve ark. [63] tarafından Kombu çayı örneklerindeki majör asit, asetik asit (3 g/L) olarak belirlenmiş olup, fermentasyon sırasında asetik asit bakterilerinin etanolün oksidasyonu ile meydana gelmektedir [33]. Jayabalan ve ark. [64] tarafından yeşil çayın Kombu çayına fermentasyonu sonunda asetik asit, glukuronik asit ve laktik asit üretiminin öne çıktığı ve miktarlarının sırası ile 3.0, 1.39 ve 0.13 g/L olarak belirlendiği bildirilmiştir. KC₃ örneği, 2.58 g/100mL ile daha yüksek asitlik değerleri gösterdiği ve pH gelişiminin

daha doğrusal bir grafik izlendiği, kapari içeriğinin bakteri ve mayaların aktivitesini arttırdığı, artan simbiyotik kültür aktivitesi ile daha yüksek miktarda organik asit meydana geldiği belirlenmiştir.

Kombu çayı örneklerinde Lee ve ark. [44] tarafından belirlenen pH-diferansiyel metoduna göre yapılan antosiyanin tayini sonucunda kapari tomurcuğu ve sadece kapari tomurcuğu fermentasyonu ile elde edilen KC₂ örneğinde antosiyanin içeriği tespit edilememiştir. Fakat yeşil çayın fermentasyonu ile elde edilen KC₁ örneğinin antosiyanin miktarı 2.30 mg/L (S3G eşdeğeri) olarak belirlenirken, yeşil çayın ve kapari tomurcuğunun fermentasyonu ile bu değer, KC₃ örneğinde, kapari tomurcuğunun da desteği ile artarak 3.5 mg/L (S3G eşdeğeri) olarak belirlenmiştir. Kapari tomurcuğu antosiyanin içermemesine rağmen, yeşil çay ile birlikte kullanılarak Kombu çayı elde edildiğinde, kaparinin antosiyanin miktarını %52 oranında arttırıcı etki gösterdiği belirlenmiştir. Yıldız ve ark. [65] tarafından siyah havuç ile üretilen Kombu çaylarında antosiyanin içeriği aynı metoda göre incelenmiş olup, yeşil çayın fermentasyonu ile elde edilen kontrol örneğinde içerik 3.4 mg/L (S3G eşdeğeri) olarak belirlenmiştir.

Renk değerleri incelendiğinde yeşil çayın fermentasyonu ile elde edilen KC₁ örneğinin en yüksek parlaklık (L^* :25.36) değerine sahip olduğu görülmektedir (Tablo 4) (p<0.01). Kapari tomurcuklarının taneli yapıda olması ve posa bırakmasının (Demlemeden işleminden sonra

süzülmesine rağmen) parlaklığı etkilediği, bu nedenle kapari tomurcuğu içermeyen KC₁ örneğinin kapari tomurcuğu içeren örneklerle göre parlaklık değerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. KC₁ örneğinde a* ve b* değerleri ise sırası ile 0.61 ve 4.29 olarak, KC₂ ve KC₃ örneklerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir (p<0.01). Antosiyaninler asidik ortamda kırmızı-turuncu renk veren bileşiklerdir olup [66], yeşil çay içeren KC₁ ve KC₃ örneklerinde antosiyanin içeriği (Minor seviyede olsa da) tespit edilmiştir. Kombü çayı asidik yapısı ile antosiyanin

içeren yeşil çay örneklerinin (KC₁, KC₃) daha yüksek a* değerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Antioksidan Kapasite ve Toplam Fenolik Bileşen Tayini

Kapari tomurcuğu kullanılarak üretilen Kombü çaylarının ekstrakte edilebilir, hidrolize edilebilir ve biyoerişilebilir fenolik içeriğinin antioksidan kapasite ve toplam fenolik bileşen analiz sonuçları ile fenolik bileşiklerin % biyoerişilebilirlikleri Tablo 5'de verilmiştir (p<0.01).

Tablo 4. Kombü çayı örneklerinin antioksidan kapasite ve toplam fenolik bileşen içeriği*

Örnek	Ekstrakte Edilebilir Fenolikler				Hidrolize Edilebilir Fenolikler			
	Toplam Fenolik Bileşen (mg GAE/g)	Antioksidan Kapasite (µmol trolox/g)			Toplam Fenolik Bileşen (mg GAE/g)	Antioksidan Kapasite (µmol trolox/g)		
		ABTS	CUPRAC	DPPH		ABTS	CUPRAC	DPPH
KC ₁	9.09±0.12 ^b	6.29±0.23 ^b	4.32±0.02 ^a	6.91±0.06 ^b	4.59±0.13 ^b	7.01±0.11 ^b	3.59±0.10 ^b	2.94±0.05 ^b
KC ₂	7.19±0.06 ^c	4.46±0 ^c	2.30±0.04 ^b	6.43±0.08 ^b	4.26±0.04 ^b	3.85±0.23 ^c	3.35±0.03 ^c	2.90 ±0.01 ^b
KC ₃	9.69±0.06 ^a	7.06±0.08 ^a	4.03±0.03 ^a	7.12±0.06 ^a	6.30±0.30 ^a	7.59±0.15 ^a	4.28±0.01 ^a	3.03±0.20 ^a
Örnek	Biyoerişilebilir Fenolikler				%Biyoerişilebilirlik			
	Toplam Fenolik Bileşen (mg GAE/g)	Antioksidan Kapasite (µmol trolox/g)			Toplam Fenolik Bileşen (mg GAE/g)	Antioksidan Kapasite (µmol trolox/g)		
		ABTS	CUPRAC	DPPH		ABTS	CUPRAC	DPPH
KC ₁	5.23±0.01 ^a	5.53±0.02 ^a	3.96±0.01 ^b	2.08±0.11 ^a	19.03±0.40 ^b	20.67±0.25 ^b	24.87±0.24 ^b	10.50±0.40 ^a
KC ₂	4.94±0.01 ^b	4.14±0.08 ^b	1.24±0.01 ^c	1.28±0.01 ^b	21.55±0.06 ^a	25.23±0.22 ^a	10.89±0.28 ^c	6.88±0.06 ^b
KC ₃	5.26±0.05 ^a	5.70±0.02 ^a	4.47±0.01 ^a	2.36±0.20 ^a	16.41±0.40 ^c	19.48±0.04 ^b	26.90±0.24 ^a	11.62±0.11 ^a

*KC₁: Yeşil Çaylı Kombü Çayı, KC₂: Kapari Tomurcuğu Kombü Çayı, KC₃: Yeşil Çay + Kapari Tomurcuğu Kombü Çayı. Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında p<0.01 oranında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır.

Kombü çaylarına ait antioksidan kapasite verilerine göre, ekstrakte edilebilir fenolik bileşenlerden en yüksek değerler KC₃ örneğinde (TEAC_{ABTS}: 7.06±0.08 µmol Trolox/mL, TEAC_{DPPH}: 7.12±0.06 µmol Trolox/mL) belirlenmiştir (p<0.01). Yapılan analizler sonucunda ABTS ve DPPH yöntemlerinin Kombü çayı örneklerinin ekstrakte edilebilir fenolik içerikleri için paralel sonuçlar gösterdiği, CUPRAC metoduna göre ise en yüksek ekstrakte edilebilir fenolik içeren örneğin KC₁ (4.32±0.02 µmol Trolox/mL) olduğu belirlenmiştir. Kapari ve yeşil çay içeren KC₃ örneğinin, sadece yeşil çay içeren KC₁ örneğine göre ekstrakte edilebilir fenolikleri ABTS metoduna göre %12.24; DPPH metoduna göre ise %3.03 arttırdığı belirlenmiştir. Hidrolize edilebilir fenolikler açısından KC₃ örneği KC₁ ve KC₂ örneklerine göre önemli düzeyde yüksek değerler göstermiştir (p<0.01). Biyoerişilebilir fenolikler açısından ise, KC₃ örneği KC₁ örneği ile kıyaslandığında ABTS metoduna göre %3.07; CUPRAC metoduna göre %12.88; DPPH metoduna göre ise %13.46 oranında artış sağlandığı tespit edilmiştir. Biyoerişilebilirliği yüksek olan KC₃ örneğinin, mide-bağırsak sisteminde antioksidan aktivitesini en fazla koruyabilen Kombü çayı örneği olduğu ve biyoerişilebilir fenolik içeriğinin TEAC_{ABTS}: 5.70 µmol Trolox/mL; TEAC_{CUPRAC}: 4.47 µmol Trolox/mL; TEAC_{DPPH}: 2.36 µmol Trolox/mL değerlerine sahip olduğu da belirlenmiştir. Toplam fenolik bileşen analizi sonucuna göre de, KC₃ örneği ekstrakte edilebilir fenoliklerinin toplam fenolik bileşen analiz değeri (9.69±0.06 mg GAE/mL), sadece yeşil çayın fermentasyonu ile elde edilen KC₁ (9.09±0.12 mg GAE/mL) örneği ile karşılaştırıldığında, kaparinin kullanımı ile, %6.60 oranında zenginleştiği

gözlemlenmiştir. Kapari ve yeşil çay birleşiminin (KC₃) Kombü çayında olumlu etki gösterdiği belirlenmiş ve yeşil çaylı Kombü çayına (KC₁) göre daha yüksek fenolik madde içerdiği ve *in vitro* biyoerişilebilirliği daha yüksek olan bir ürün elde edildiği saptanmıştır. Analizler sonucunda kapari ve yeşil çayın birlikte kullanılarak fermente edilmesinin ABTS, DPPH, yöntemine göre antioksidan aktiviteyi arttırıcı etki gösterdiği, böylelikle fenolik içerik ve antioksidan kapasitenin daha yüksek olduğu KC₃ örneğinin elde edildiği belirlenmiştir.

Literatür incelendiğinde Kombü çayı antioksidan kapasite analizleri genellikle tek ekstraksiyon yapılarak, ekstrakte edilebilir fenolikler üzerinden değerlendirildiği belirlenmiştir. *In-vitro* biyoerişilebilirlik çalışmalarındaki eksiklik diğer bilim insanlarının da dikkatini çekmesi ile bu konudaki çalışmalar artmaktadır. Cardoso ve ark. [63], yeşil çay ve siyah çay Kombü örnekleri ile yaptıkları çalışmada, fenolik asitlerin ve flavonoidlerin içerikteki öne çıkan biyoaktif bileşikler olduğunu, fenolik bileşen içeriğinin %70,2'sini flavonoidlerin oluşturduğunu, miktar ve aktivitelerinin fermentasyon koşullarına bağlı olarak değiştiğini belirtmiştir. Aynı çalışmada yeşil çay içeren Kombü çayı örneklerinin TEAC_{ABTS} değeri 8.22 µmol Trolox/mL, toplam fenolik bileşen içeriğini 0.70mg GAE/mL olarak belirlemiştir.

Pereira ve ark. [67]'na ait çalışmada yeşil çay ve siyah çay ile hazırlanan Kombü çaylarında toplam fenolik bileşen miktarı sırası ile 1080 mg GAE/L ve 1120 mg GAE/L olarak belirlenirken; Khokhar ve Magnusdottir [68] çalışmalarında yeşil çay-Kombü çayının toplam fenol içeriği 86.3 mg GAE/g olarak saptamıştır. Toplam

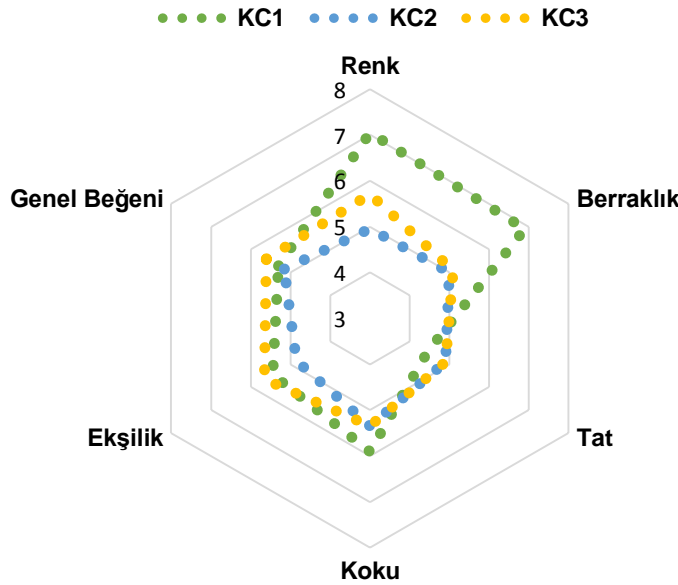
fenolik bileşen analiz sonuçlarımız, literatür ile uyumluluk göstermektedir. Jakubczyk ve ark. [69] beyaz, yeşil, siyah ve kırmızı Kombu çay örneklerinde, 14 gün süre ile fermentasyonu gözlemlemiş ve yeşil çay-Kombu çayı örneğinin çay türü açısından en yüksek antioksidan potansiyel ile karakterize edildiğini ve fermentasyonun ilk gününden itibaren en yüksek değerleri verdiğini belirtmiştir. Örneği 14 günlük fermentasyon sırasında; DPPH inhibisyonunun %80.33'den %88.23'e, toplam fenolik bileşen içeriğinin de 269.0±0.9 mg/L'den 320.1±3.5 mg/L'ye yükseldiği ifade edilmiştir.

Kombu çayındaki fenoliklerin bileşimi ve konsantrasyonunun yanısıra, fermentasyon sırasında üretilen askorbik asit ve diğer organik asitler gibi metabolitler de Kombu çayının antioksidan kapasitesini değiştirebilmektedir [70]. Kombu çayı antioksidan kapasitesi fermentasyon sıcaklığı [71] ve süresinden de [72] etkilenmektedir. Ayrıca toplam fenolik bileşikler fermentasyon süresi boyunca kademeli olarak artmaktadır. Yeşil ve siyah çaydaki kompleks fenolik bileşikler, Kombu çayının asidik ortamında SCOBY mikrobiyotasındaki bakteri ve mayalara ait enzimler tarafından parçalanmaya uğrayabilmektedir. Kompleks polifenollerin küçük moleküllere degradasyonu da toplam fenolik bileşiklerin artmasına neden olmaktadır [33]. Bu durum aynı zamanda fenolik bileşenlerin biyoerişilebilirliğinin artmasını da sağlamaktadır. Çalışmada elde edilen veriler sonucunda, sadece yeşil

çay fermentasyonu ile elde edilen KC₁ örneği ile kıyaslandığında, kapari tomurcuğu ile yeşil çayın birlikte fermentasyonu ile elde edilen KC₃ örneklerinin fenolik bileşen içeriğinin, biyoerişilebilirliğinin yani vücut tarafından kullanılabilirliğinin arttığı düşünülmektedir.

Duyusal Analiz

Kombu çayı örnekleri duyuusal değerlendirilmesi, 22-43 yaş aralığındaki 18 kişilik panelist grubu tarafından belirlenmiştir (Şekil 4). Renk, berraklık ve koku kriterlerinde en yüksek puanı alan örnek KC₁ (7.08; 6.93; 5.91); tat ve ekşilik kriterlerinden sırası ile en yüksek puan alan örnekler ise KC₂ (4.92; 4.87) ve KC₃ (4.92; 4.66) olmuştur (p<0.01). Genel beğeni durumu incelendiğinde ise, en yüksek puanları alan örnek kapari tomurcuğu ve yeşil çay fermentasyonu ile elde edilen KC₃ (5.61) örneği olmuştur. KC₂ örneği ekşilik, tat ve genel beğeni kriterlerinden nispeten düşük puanlar alsa da, yeşil çayın kapari ile zenginleştirilmesi ile elde edilen KC₃, yeşil çaylı KC₁ örneğinden de daha fazla beğenilmiştir. Panelistlerin %27'sinin ilk kez Kombu çayı denemesine rağmen, 3 formülasyon da 5 puan ve üzerinde genel beğeni puanı alarak, panelistler tarafından kabul görmüştür. Ayrıca panelistler, gıdaların sağlık üzerindeki etkilerinin bilinmesinin, onların tüketilebilirliğini arttırdığını, farklı tatlara bu nedenle daha olumlu bakıldığını belirtmiştir.



Şekil 4. Kombu çayı örneklerinin duyuusal analiz sonuçları

KC₁: Yeşil Çaylı Kombu Çayı, KC₂: Kapari Tomurcuğu Kombu Çayı, KC₃: Yeşil Çay + Kapari Tomurcuğu Kombu Çayı

SONUÇ

Bu çalışma kapsamında; kapari tomurcuğunun, Kombu çayı üretiminde kullanımı, simbiyotik Kombu çayı kültürü (SCOBY) ile sadece yeşil çayın fermente edilmesi (KC₁), sadece kapari tomurcuğunun fermente edilmesi (KC₂) ve yeşil çay ile kapari tomurcuğunun beraber fermente edilmesi (KC₃) ile incelenmiştir. Kombu çayı üretiminde kullanılan kapari tomurcuğunun ekstrakte edilebilir,

hidrolize edilebilir ve biyoerişilebilir fenolik bileşenlerin antioksidan kapasitesi değerlendirildiğinde TEAC_{ABTS} 'ye göre sırası ile 23.53±0.06 µmol Trolox/g; 31.59±0.27 µmol Trolox/g; 18.55±0.5 µmol Trolox/g olarak belirlenmiş, TEAC_{DPPH} ve TEAC_{CUPRAC} verilerine göre daha yüksek bulunmuştur (p<0.01). Üretilen Kombu çaylarından KC₃ örneğinin ise, sadece yeşil çay içeren KC₁ örneğine göre ekstrakte edilebilir fenolikleri ABTS metoduna göre %12.24; DPPH metoduna göre ise

%3.03 arttırdığı belirlenmiştir. Biyoerişilebilir fenolikler açısından ise, KC₃ örneği KC₁ örneği ile kıyaslandığında ABTS metoduna göre %3.07; CUPRAC metoduna göre %12.88; DPPH metoduna göre ise %13.46 oranında artış sağlandığı tespit edilmiştir. Ayrıca KC₁ örneğinin antosiyanin miktarı 2.30 mg/L (S3G eşdeğeri) olarak belirlenirken, yeşil çayın ve kapari tomurcuğunun fermentasyonu ile bu değer, KC₃ örneğinde, kapari tomurcuğunun etkisi ile artarak 3.5 mg/L (S3G eşdeğeri) olarak belirlenmiştir. %27'si ilk kez Kombu çayı tadan paneslit grubundan en yüksek genel beğeni puanı olarak (5.61), duyuşal özellikler ile de tüketime uygun bir ürün geliştirilmiştir. Kapari ve yeşil çay birleşiminin (KC₃) Kombu çayında olumlu etki gösterdiği belirlenmiş ve yeşil çaylı Kombu çayına (KC₁) göre daha yüksek miktarlarda biyoaktif bileşen içeren ve *in vitro* biyoerişilebilirliği daha yüksek olan bir ürün elde edildiği saptanmıştır. Sağlık üzerinde etkili bileşenleri açısından zenginleştirilmiş, fonksiyonel bir ürün elde edildiği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Baytop, T. (1995). Türkçe Bitki Adları Sözlüğü, Türk Dil Kurumu Yayınları 578, Ankara.
- [2] Bilgin, M. (2004). Kapari Yurt İçi Piyasa ve Ürün Araştırması. İstanbul Dış Ticaret Odası Dış Ticaret Şubesi Araştırma Servisi, 23.
- [3] Romeo, V., Ziino, M., Giuffrida, D., Conduro, C., Verzera, A. (2007). Flavour profile of capers (*Capparis spinosa* L.) from the Eolian Archipelago by HS-SPME/GC-MS. *Food Chemistry*, 101(3), 1272-1278.
- [4] Falade, O.S., Adekunle, A.S., Aderogba, M.A., Atanda, S.O., Harwood, C., Adewusi, S.R. (2008). Physicochemical properties, total phenol and tocopherol of some Acacia seed oils. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(2), 263-268.
- [5] Argun, M.E. (2012). Kapari (*Capparis ovata* Desf. var. *Canescens*) Çiçek Tomurcuklarının Fermentasyonu Üzerine Bazı Baharat Uçucu Yağ ve Ekstraktlarının Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- [6] Kara, A. (2012). Türkiye'de Yetişen Kapari (*Capparis* spp.) Bitkisinde Genetik Çeşitliliğin Moleküler İşaretleyicilerle Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi. Hitit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Çorum.
- [7] Matthäus, B., Özcan, M. (2005). Glucosinolates and fatty acid, sterol, and tocopherol composition of seed oils from *Capparis spinosa* Var. *spinosa* and *Capparis ovata* Desf. Var. *canescens* (Coss.) Heywood. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(18), 7136-7141.
- [8] Tlili, N., Khaldi, A., Triki, S., Munné-Bosch, S. (2010). Phenolic compounds and vitamin antioxidants of caper (*Capparis spinosa*). *Plant Foods for Human Nutrition*, 65(3), 260-265.
- [9] Brevard, H., Brambilla, M., Chaintreau, A., Marion, J.P., Diserens, H. (1992). Occurrence of elemental sulphur in capers (*Capparis spinosa* L.) and first investigation of the flavour profile. *Flavour and Fragrance Journal*, 7(6), 313-321.
- [10] Yemiş, O. (2008). Kapari (*Capparis* spp.) Acılık Bileşenleri ve Flavonoidlerin Proses Sırasındaki Değişimi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- [11] Huseini, H.F., Hasani-Rnjbar, S., Nayebi, N., Heshmat, R., Sigaroodi, F.K., Ahvazi, M., Alaei, A.B., Kianbakht, S. (2013). *Capparis spinosa* L. (Caper) fruit extract in treatment of type 2 diabetic patients: a randomized double-blind placebo-controlled clinical trial. *Complementary Therapies in Medicine*, 21(5), 447-452.
- [12] Eddouks, M., Lemhadri, A., Michel, J.B. (2005). Hypolipidemic activity of aqueous extract of *Capparis spinosa* L. in normal and diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 98(3), 345-350.
- [13] Kazemian, M., Abad, M., Reza Haeri, M., Ebrahimi, M., Heidari, R. (2015). Anti-diabetic effect of *Capparis spinosa* L. root extract in diabetic rats. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 5(4), 325.
- [14] Angelini, G., Vena, G.A., Filotico, R., Foti, C., Grandolfo, M. (1991). Allergic contact dermatitis from *Capparis spinosa* L. applied as wet compresses. *Contact Dermatitis*, 24(5), 382-383.
- [15] Panico, A.M., Cardile, V., Garufi, F., Puglia, C., Bonina, F., Ronsisvalle, G. (2005). Protective effect of *Capparis spinosa* on chondrocytes. *Life Sciences*, 77(20), 2479-2488.
- [16] Jiang H., Lib, X., Ferguson, D.K., Wanga, Y.F., Liu, C.J., Lia, C.S. (2009). Study on the chemical components of fatty acid and total flavone content from *Capparis spinosa* fruit, *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 1, 82.
- [17] Farhad, M., Kailasapathy, K., Tamang, P.J. (2010). Health Aspects of Fermented Foods. In: Fermented Foods and Beverages of the World, Tamang JP, Kailasapathy K (ed), CRC Press Newyork, United States of America, 391-414.
- [18] El-Taher, E.M. (2011). Kombucha: A New Microbial Phenomenon and Industrial Benefits, *African Journal of Biological Sciences*, 7, 41-60.
- [19] Battikh, H., Bakhrouf, A., Ammar, E. (2012). Antimicrobial effect of Kombucha analogues. *LWT-Food Science and Technology*, 47(1), 71-77.
- [20] Dufresne, C., Farnworth, E. (2000). Tea, Kombucha, and health: a review. *Food Research International*, 33(6), 409-421.
- [21] Chu, S.C., Chen, C. (2006). Effects of origins and fermentation time on the antioxidant activities of kombucha. *Food Chemistry*, 98(3), 502-507.
- [22] Essawet, N.A., Cvetković, D., Velićanski, A., Čanadanović-Brunet, J., Vulić, J., Maksimović, V., Markov, S. (2015). Polyphenols and antioxidant activities of Kombucha beverage enriched with Coffeeberry® extract. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 21(3), 399-409.
- [23] Dutta, D., Gachhui, R. (2006). Novel nitrogen-fixing *Acetobacter nitrogenifigens* sp. nov., isolated from Kombucha tea. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 56(8), 1899-1903.
- [24] İleri, T., Taşçı, F., Şahindokuyucu, F. (2010). Kombucha ve sağlık üzerine etkileri. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 29(1), 69-77.

- [25] Watawana, M.I., Jayawardena, N., Gunawardhana, C.B., Waisundara, V.Y. (2015). Health, wellness, and safety aspects of the consumption of kombucha. *Journal of Chemistry*, Article ID 591869.
- [26] Greenwalt, C.J., Ledford, R.A., Steinkraus, K.H. (1998). Determination and characterization of the antimicrobial activity of the fermented tea kombucha. *LWT-Food Science and Technology*, 31(3), 291-296.
- [27] Teoh, A.L., Heard, G., Cox, J. (2004). Yeast ecology of Kombucha fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 95(2), 119-126.
- [28] Sievers, M., Lanini, C., Weber, A., Schuler-Schmid, U., Teuber, M. (1995). Microbiology and fermentation balance in a kombucha beverage obtained from a tea fungus fermentation. *Systematic and Applied Microbiology*, 18(4), 590-594.
- [29] Liu, C.H., Hsu, W.H., Lee, F.L., Liao, C.C. (1996). The isolation and identification of microbes from a fermented tea beverage, Haipao, and their interactions during Haipao fermentation. *Food Microbiology*, 13(6), 407-415.
- [30] Shenoy, C. (2000). Hypoglycemic activity of bio-tea in mice. *Blood*, 1, 1-26.
- [31] Yang, Z.W., Ji, B.P., Zhou, F., Li, B., Luo, Y., Yang, L., Li, T. (2009). Hypocholesterolaemic and antioxidant effects of kombucha tea in high-cholesterol fed mice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(1), 150-156.
- [32] Malbaša, R.V., Lončar, E.S., Vitas, J.S., Čanadanović-Brunet, J.M. (2011). Influence of starter cultures on the antioxidant activity of kombucha beverage. *Food Chemistry*, 127(4), 1727-1731.
- [33] Jayabalan, R., Malbaša, R.V., Lončar, E.S., Vitas, J.S., Sathishkumar, M. (2014). A review on kombucha tea-microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4), 538-550.
- [34] Četojević-Simin, D.D., Velićanski, A.S., Cvetković, D.D., Markov, S.L., Mrđanović, J.Ž., Bogdanović, V.V., Šolajić, S.V. (2012). Bioactivity of lemon balm kombucha. *Food and Bioprocess Technology*, 5(5), 1756-1765.
- [35] Değirmencioğlu, N., Yıldız, E., Şahan, Y., Gültaş, M., Gürbüz, O. (2019). Fermentasyon süresinin kombu çayı mikrobiyotası ve canlılık oranları üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 17(2), 200-211.
- [36] Kavitha R., Abdelrahman R. (2012). The effect of different processing methods on phenolic acid content and antioxidant activity of red beet. *Food Research International*, (1), 16-20.
- [37] Rice-Evans, C.A., Miller, N.J., Paganga G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science*, 2, 152-159.
- [38] Prior, R.L., Wu, X., Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4290-4302.
- [39] Bermúdez-Soto, M.J., Tomás-Barberán, F.A., García-Conesa, M.T. (2007). Stability of polyphenols in chokeberry (*Aronia melanocarpa*) subjected to in vitro gastric and pancreatic digestion. *Food Chemistry*, 102(3), 865-874.
- [40] Benito, P., Miller, D. (1998). Iron absorption and bioavailability: an updated review. *Nutrition Research*, 18(3), 581-603.
- [41] Porrini, M., Riso, P. (2008). Factors influencing the bioavailability of antioxidants in foods: A critical appraisal. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 18(10), 647-650.
- [42] Bouayed, J., Deußer, H., Hoffmann, L., Bohn, T. (2012). Bioaccessible and dialysable polyphenols in selected apple varieties following in vitro digestion vs. their native patterns. *Food Chemistry*, 131(4), 1466-1472.
- [43] AOAC. (1990). Official Methods of Analysis. Maryland, USA: Association of Official Analytical Chemists International.
- [44] Lee, J., Durst, R.W., Wrolstad, R.E. (2005). Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. *Journal of AOAC International*, 88(5), 1269-1278.
- [45] Vitali, D., Dragojević, I.V., Šebečić, B. (2009). Effects of incorporation of integral raw materials and dietary fibre on the selected nutritional and functional properties of biscuits. *Food Chemistry*, 114(4), 1462-1469.
- [46] Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Celik, S.E. (2008). Mechanism of antioxidant capacity assays and the CUPRAC (cupric ion reducing antioxidant capacity) assay. *Microchimica Acta*, 160(4), 413-419.
- [47] Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C.L.W.T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.
- [48] Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Karademir, S.E. (2004). Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(26), 7970-7981.
- [49] Naczk, M., Shahidi, F. (2004). Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*, 1054(1-2), 95-111.
- [50] Anson, N.M., Selinheimo, E., Havenaar, R., Aura, A.M., Mattila, I., Lehtinen, P., Bast, A., Poutanen, K., Haenen, G.R. (2009). Bioprocessing of wheat bran improves in vitro bioaccessibility and colonic metabolism of phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(14), 6148-6155.
- [51] Arslan, D. (2004). Kapari (*Caparis Ovata* Var. *Canescens*) Çiçek Tomurcuklarının Kontrollü Şartlarda Salamura Ürüne İşlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 70s, Konya.
- [52] Özcan, M. (1996). Kapari (*Capparis* spp.) Çiçek Tomurcuklarının Bileşimi ve Salamura Ürüne İşlenmesi. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen

- Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- [53] Kuşçu, A., Yıldırım, N. (2018). Acılığı giderilmiş kapariden (*Capparis* Spp.) geleneksel ve vakum yöntemleriyle üretilen reçellerin kalite özelliklerinin karşılaştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 881-886.
- [54] Abdul Ameer, A.A. (2016). Assessment of the antioxidant properties of the caper fruit (*Capparis spinosa* L.) from Bahrain. *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Science*, 19, 1-7.
- [55] Khanavi, M., Ara, L., Khavassi, N., & Hajimehdipour, H. (2020). *Capparis spinosa*: a comparative study of raw and processed fruits. *Journal of Medicinal Plants*, 1(73), 91-99.
- [56] Ardağ, A. (2008). Antioksidan Kapasite Tayin Yöntemlerinin Analitik Açıdan Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Aydın.
- [57] Vahid, H., Rakhshandeh, H., Ghorbani, A. (2017). Antidiabetic properties of *Capparis spinosa* L. and its components. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 92, 293-302.
- [58] Yang, T., Wang, C.H., Chou, G.X., Wu, T., Cheng, X.M., Wang, Z.T. (2010). New alkaloids from *Capparis spinosa*: Structure and X-ray crystallographic analysis. *Food Chemistry*, 123(3), 705-710.
- [59] Güldane, M., Bayram, M., Topuz, S., Kaya, C., Gök, H. B., Bülbül, M., Koç, M. (2017). Beyaz, siyah ve yeşil çay kullanılarak üretilen kombuchaların bazı özelliklerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (JAFAG)*, 34(1), 46-56.
- [60] Tarhan, K. (2017). Kombü Çayı Üretiminde Farklı Substrat Kaynaklarının Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya.
- [61] Harkness Troy, A.A., & Arnason Terra, G. (2014). A simplified method for measuring secreted invertase activity in *Saccharomyces cerevisiae*. *Biochem Pharmacol (Los Angel)*, 3(151), 2167-0501.
- [62] Rahmani, R., Beaufort, S., Villarreal-Soto, S. A., Taillandier, P., Bouajila, J., Debouba, M. (2019). Kombucha fermentation of African mustard (*Brassica tournefortii*) leaves: Chemical composition and bioactivity. *Food Bioscience*, 30, 100414.
- [63] Cardoso, R.R., Neto, R.O., dos Santos D'Almeida, C.T., do Nascimento, T.P., Pressete, C.G., Azevedo, L., de Barros, F.A.R. (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.
- [64] Jayabalan, R., Marimuthu, S., Swaminathan, K. (2007). Changes in content of organic acids and tea polyphenols during kombucha tea fermentation. *Food Chemistry*, 102(1), 392-398.
- [65] Yıldız, E., Guldaz, M., Gurbuz, O. (in press). Determination of in-vitro phenolics, antioxidant capacity and bio-accessibility of Kombucha tea produced from black carrot varieties grown in Turkey. *Food Science and Technology, in press*.
- [66] Harkness Troy, A.A., Arnason Terra, G. (2014). A simplified method for measuring secreted invertase activity in *Saccharomyces cerevisiae*. *Biochem Pharmacol (Los Angel)*, 3(151), 2167-0501.
- [67] Pereira, V.P., Knor, F.J., Velloso, J.C.R., Beltrame, F.L. (2014). Determination of phenolic compounds and antioxidant activity of green, black and white teas of *Camellia sinensis* (L.) Kuntze, Theaceae. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*, 16(3), 490-498.
- [68] Khokhar, S., Magnusdottir, S.G.M. (2002). Total phenol, catechin, and caffeine contents of teas commonly consumed in the United Kingdom. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(3), 565-570.
- [69] Jakubczyk, K., Kałduńska, J., Kochman, J., Janda, K. (2020). Chemical profile and antioxidant activity of the kombucha beverage derived from white, green, black and red tea. *Antioxidants*, 9, 447.
- [70] Malbaša, R.V., Lončar, E.S., Vitas, J.S., Čanadanović-Brunet, J.M. (2011). Influence of starter cultures on the antioxidant activity of kombucha beverage. *Food Chemistry*, 127(4), 1727-1731.
- [71] Jayabalan, R., Subathradevi, P., Marimuthu, S., Sathishkumar, M., Swaminathan, K. (2008). Changes in free-radical scavenging ability of kombucha tea during fermentation. *Food Chemistry*, 109(1), 227-234.
- [72] Chu, S.C., Chen, C. (2006). Effects of origins and fermentation time on the antioxidant activities of kombucha. *Food Chemistry*, 98(3), 502-507.