

## **Siyah, yeşil ve beyaz çayların kalite kriterleri, mineral içerikleri, antioksidan ve antimikrobiyal aktivite yönünden karşılaştırılması\***

**Atilla AKBULUT<sup>1</sup>, Şevket Metin KARA<sup>2</sup>, Aysel ÖZCAN<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 52200-Ordu, Türkiye

<sup>2</sup>Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, 52200-Ordu, Türkiye

<sup>3</sup>Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Rize, Türkiye

\*Bu makaledeki veriler Atilla Akbulut'un yüksek lisans tezinden alınmıştır.

Alınış tarihi: 15 Nisan 2020, Kabul tarihi: 24 Eylül 2020

Sorumlu yazar: Şevket Metin KARA, e-posta: smkara58@hotmail.com

### **Öz**

*Camellia sinensis* bitkisinden elde edilen siyah, yeşil ve beyaz çaylar güçlü antioksidan ve antimikrobiyal etkileri olan biyoaktif bileşikler içermektedirler. Bu çalışma, mayıs, temmuz ve eylül sürgün dönemlerinde hasat edilen taze çay yapraklarından hazırlanan siyah, beyaz ve yeşil çayların kalite kriterleri, mineral element ve toplam fenol içerikleri ile antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteleri yönünden karşılaştırılması amacıyla yürütülmüştür. Çay ekstraktlarında toplam fenol içeriğinin belirlenmesinde Folin-Ciocalteu metodu, mineral elementlerin tayininde atomik absorpsiyon spektrometresi ve kalite kriterlerinin belirlenmesinde HPLC cihazı kullanılmıştır. Çay örneklerinin antioksidan kapasiteleri DPPH serbest radikal süpürme yöntemi ile belirlenmiş, antimikrobiyal aktivite testlerinde disk difüzyon yöntemi kullanılmıştır. Beyaz çayın P, K, Mg, Cu ve Zn içeriği ve yeşil çayın Ca ve Fe içeriği diğer çaylardan daha yüksek bulunmuştur. Siyah çayın kafein içeriği beyaz ve yeşil çaya göre daha yüksek olmasına karşılık, beyaz ve yeşil çayların kateşin bileşikleri içeriği siyah çaya oranla oldukça yüksektir. Beyaz ve yeşil çaylar siyah çaya göre daha yüksek toplam fenol içeriğine sahiptirler ve antioksidan aktiviteleri siyah çaya oranla daha yüksektir. Tüm çaylarda en fazla oranda bulunan kateşin türü epigallokateşin gallat olmuş, bunu epigallokateşin izlemiştir. Antimikrobiyal aktivite yönünden birinci sırada beyaz çay yer almış, bunu yeşil ve siyah çaylar izlemiştir. Bu çalışma, beyaz ve yeşil çayların kateşin

bileşikleri ve toplam fenol içeriğinin ve bunlara bağlı olarak antioksidan ve antimikrobiyal etkinliğinin siyah çaya oranla daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlara göre, beyaz ve yeşil çayların siyah çaya oranla daha fazla tüketilmesinin insan sağlığı açısından daha faydalı olacağı ileri sürülebilir.

**Anahtar kelimeler:** *Camellia sinensis*, DPPH, kafein, kateşin, toplam fenol

**Comparison of black, white and green teas in terms of quality criteria, mineral content, antioxidant and antimicrobial activity**

### **Abstract**

Black, green and white teas derived from *Camellia sinensis* contain bioactive compounds with powerful antioxidant and antimicrobial properties. This study was carried out to compare the contents of quality criteria, total phenols and mineral elements along with antioxidant and antimicrobial activities of black, green and white teas of three shooting periods (may, july and august). The presence of mineral elements and quality criteria in tea extracts was quantified by flame atomic absorption spectrometry and HPLC. The content of total phenolics in tea extracts was determined according to Folin-Ciocalteu procedure. Antioxidant and antimicrobial activities of the tea extracts were determined by DPPH radical scavenging-assay and using disk diffusion method, respectively. The contents of P, K, Mg, Cu, and Zn

were found to be higher in white tea, whereas the highest contents of Ca and Fe were detected in green tea. The content of caffeine in black tea was higher compared to green and white teas whereas the contents of different catechin compounds were rather higher in white and green teas. White and green teas have higher total phenol as compared to black tea and therefore produce higher antioxidant activities. Epigallocatechin gallate (EGCG) was the predominant catechin, followed by epigallocatechin (EGC), in all tea samples. The highest antimicrobial activity was observed in white tea followed by green and black tea. The present study revealed that the contents of total phenolic and catechin compounds and antioxidant and antimicrobial activity of both white and green teas were correspondingly higher than those of black tea. Therefore, it is concluded that consuming white and green tea can be more beneficial for human health than black tea.

**Key words:** *Camellia sinensis*, caffeine, catechins, DPPH, total phenol

## Giriş

Dünyada sudan sonra en çok tüketilen içeceklerin başında gelen çay, *Camellia sinensis* bitkisinin genç yapraklarının işlenmesiyle hazırlanan bir içecektir. Çay günümüzde Çin, Hindistan, Kenya, Sri Lanka, Türkiye, Vietnam, İran ve Japonya'nın başını çektiği 30'dan fazla ülkede ticari olarak yetiştirilmektedir (Seyis ve ark., 2018). Çay tarımının 19. yüzyılın sonlarına doğru Doğu Karadeniz Bölgesi'nde başladığı bilinen Türkiye'de, siyah çay içimi Türk insanının yaşam tarzının ayrılmaz bir parçası olarak kabul edilmektedir (Yurteri ve ark., 2019).

Dünyada yaygın olarak kullanılan siyah, yeşil, beyaz ve oolong olarak isimlendirilen çayların üretim ve işleme teknolojileri, kimyasal bileşimleri, biyolojik aktiviteleri ve bunların sonucunda insan sağlığına olan etkileri oldukça farklıdır (Yang ve Landau, 2000; Zhu ve ark., 2006). Tüm dünyada üretilen çayların büyük bir çoğunluğu (%78) siyah, bir kısmı (%20) yeşil ve az bir kısmı (%2) oolong ve çok az bir kısmı da beyaz çay olarak tüketilmektedir (Salman ve Özdemir, 2018). Fermente olmayan yeşil çay, kateşinlerin enzimatik oksidasyonunu önlemek için taze çay yapraklarından enzim inaktivasyonu ile elde edilir (Gökalp ve Çeper, 1990). Böylece, taze çay sürgünlerinde bulunan yüksek miktardaki kateşinler yeşil çayda muhafaza edilmektedir. Yeşil çayın fenolik içeriği ve antioksidan kapasitesi siyah çaya göre daha yüksektir (Zuo ve ark., 2002; Anissi ve

ark., 2014). Beyaz çay ismini tomurcukların etrafında bulunan ve kurutulduktan sonra beyaz renge dönen gümüş renkli tüylerinden almaktadır ve 5-6 kg taze yaş çay yaprak tomurcuğundan ancak 1 kg beyaz çay üretimi gerçekleşir (Salman ve Özdemir, 2018).

Çay yaprağında 4000 civarında biyoaktif olarak etkin olan bileşiğin bulunduğu, bunun 1/3'ünü polifenollerin oluşturduğu ve bunların büyük çoğunluğunun flavanoller olduğu bildirilmektedir (Sharangi, 2009; Seyis ve ark., 2018). İşleme teknolojisi ve çay tipine göre çay yaprağındaki flavanol içeriği değişmekte olup, siyah çayda işleme nedeniyle flavanol içeriği azalmaktadır (Tosun ve Karadeniz, 2005). Özellikle yeşil ve beyaz çay kateşinler ve kateşin türevlerini kapsayan polifenollerce oldukça zengin bir yapıya sahiptir ve bu kateşinlerin oldukça güçlü antioksidan özelliğe sahip olduğu kanıtlanmıştır (Wang ve ark., 2000; Kanwar ve ark., 2012). Çaydaki kateşin miktarı hem çay kalitesini artırır, hem de insan sağlığı üzerinde olumlu katkı yapmaktadır (Almajano ve ark., 2008; Anissi ve ark., 2014). Çay, aynı zamanda çeşitli makro ve mikro elementler bakımından da insan sağlığı için önemli bir kaynak durumundadır. Düzenli çay tüketimi çok sayıdaki mineral element için günlük olarak gerek duyulan ihtiyacı karşılayabilir (Fernandez ve ark., 2002; Ercişli ve ark., 2008).

Ülkemizde çay tarımının çok yoğun olarak yapıldığı Karadeniz Bölgesi'nde, kasım ayından mayıs ayına kadar süren kış etkisinden dolayı çay bitkisinde büyüme ve gelişme durmaktadır. Havaaların ısınmaya başlamasıyla, nisan ayının ortalarından itibaren çay sürgünlerinde büyüme ve gelişme başlar. Mayıs ayının ilk haftalarında birinci sürgün dönemi hasadı başlamaktadır. İlk hasadın yapıldığı birinci sürgün dönemini takiben temmuz-ağustos aylarında ikinci sürgün dönemi ve eylül-ekim aylarında ise üçüncü sürgün dönemi çay hasadı yapılmaktadır. Yapılan araştırmalar üç sürgün döneminde üretilen çayların farklı kalitede olduğunu göstermiştir (Özdemir ve ark., 2018). Genel olarak en kaliteli çaylar, birinci sürgün döneminde ve mayıs ayı başlarında üretilen çaylardır.

Literatürde antioksidan ve antimikrobiyal aktivite yönünden siyah, yeşil ve beyaz çaylarla karşılaştırmalı araştırmaların oldukça sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Bu çalışma, ülkemizde siyah, yeşil ve beyaz çayların kateşin içeriği ve özellikle antioksidan ve antimikrobiyal aktivite yönünden karşılaştırıldığı ilk çalışma olma özelliğine sahiptir.

Bu gerekçeler göz önüne alınarak, bu çalışma birinci, ikinci ve üçüncü sürgün döneminde hasat edilen çay yapraklarından hazırlanan siyah, yeşil ve beyaz çayların mineral madde ve toplam fenol içerikleri, kalite kriterleri, antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteleri yönünden karşılaştırılması amacıyla yürütülmüştür.

### Materyal ve Yöntem

#### Çay örneklerinin alınması

Çalışmada kullanılan çay örnekleri Rize il merkezi ile Çayeli sahil şeridi ve sahilden 10-15 km içeriye kadar uzanan bölgede (41: 04 E, 40:68 N) çay tarımı yapılan arazilerden 2018 yılında toplanan çay yapraklarından üretilen yarı mamul kuru çaylardan alınmıştır. Bölgede çay üreticileri genelde yılda bir defa olmak üzere serpme olarak 100 kg da<sup>-1</sup> 25-5-10 (N:P:K) kompoze gübre uygulamakta ve üç sürgün döneminde (Mayıs: 1. sürgün; Temmuz: 2. sürgün ve Eylül: 3. sürgün) çay yaprağı hasadı yapmaktadır. Siyah çaylar ÇAYKUR Genel Müdürlüğü'ne bağlı Veliköy, yeşil çaylar Cumhuriyet ve beyaz çaylar ise Gündoğdu çay fabrikalarından temin edilmiştir. Taze çay yapraklarının 32 °C'de soldurma ve kıvrıma, 24-26 °C'de oksidasyon ve 45-65 °C'de 27-32 dakika süreyle kurutulmasıyla yarı mamul siyah çaylar hazırlanmıştır. Oksidasyon işlemi olmayan yeşil çayların hazırlanmasında kurutmadan önce taze çay filizleri 110-120 °C'de 1-3 dakika şoklamaya tabi tutulmuş, beyaz çay üretiminde sadece soldurma ve kurutma işlemi uygulanmıştır. Bu şekilde hazırlanan temiz, lif ve çöp içermeyen ve rutubet oranı %5'i geçmeyen kuru çay örnekleri analiz yapılana kadar rutubet arkmayan renkli cam kavanozlarda normal oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

#### Mineral elementlerin analizi

Kurutma dolabında (Irmeco marka, SLW 750 model, Almanya) 65 °C'de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulan çay örneklerinden 0.200 g tartılarak yüksek ısıya dayanıklı cam şişelere konulmuştur. Çay örnekleri kül fırınında (Protherm marka, PLS 110/15 model, Türkiye) 550 °C'de 8 saat süreyle kül haline gelene kadar yakılmıştır. Bu şekilde elde edilen kül, 2 ml 1/3 HCl eklendikten sonra, saf su ile 20 ml'ye tamamlanmış ve mavi-bant filtre kâğıdından süzümüştür. Elde edilen çay çözeltilinde toplam fosfor (P) içeriği vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemiyle; toplam potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), Bakır (Cu) çinko (Zn) ve mangan (Mn) miktarı ise atomik absorpsiyon

spektrometresiyle belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

#### Kalite kriterlerinin belirlenmesi

Kurutulmuş çay örneklerinden 3 g ısıya dayanıklı cam şişelere konulmuş ve üzerine 100 ml kaynamış su ilave edilerek yarım saat süreyle demlemeye bırakılmış ve elde edilen çözeltiler membran filtre kâğıdı ile süzümüştür. Çay örneklerinde kalite kriterleri olarak kafein (CAF), kateşin (C), epikateşin (EC), epigallokateşin (EGC) ve epigallokateşin gallat (EGCG) analizi yapılmıştır. Analizler Shimadzu marka LC-2030C 3D model HPLC cihazında yapılmış ve Merck marka Purospher Star RP-18 Sum 250x4.0 kolon ve DAD detektör kullanılmıştır (Halisçelik, 2013; Özdemir ve ark., 2018).

#### Toplam fenol ve antioksidan aktivite tayini

Çay ekstraktlarının toplam fenol içeriği Kahkonen ve ark. (1999) tarafından önerilen Folin-Ciocalteu metoduyla belirlenmiş, çözücü olarak metanol kullanılmış ve okumalar Uv-spektrofotometre cihazında 765 nm dalga boyunda gerçekleştirilmiştir. Çay örneklerinin toplam fenol içeriği mg/g gallik asit (GAE) eşdeğeri olarak ifade edilmiştir. Örneklerin toplam antioksidan kapasiteleri 1,1-difenil-2-pikril hidrazil (DPPH) serbest radikal süpürme yöntemi ile belirlenmiştir.

Antioksidan aktivenin belirlenmesinde Miliauskas ve ark. (2004) tarafından önerilen metot kullanılmış ve okumalar Uv-spektrofotometre ile 517 nm dalga boyunda yapılmıştır. Çay örneklerinin antioksidan aktivitesi % ve başlangıçtaki DPPH derişiminin % 50'sinin azalması için harcanan antioksidan miktarını ifade eden IC50 (inhibe edici, engelleyici konsantrasyon) değeri ile verilmiştir (Brand-Williams ve ark., 1995). İnhibe edici etkisi olan bir maddenin tam inhibisyon sağlaması için gerekli olan konsantrasyonun yarı değeri olan IC50 değeri mg/ml askorbik asit eşdeğeri üzerinden ifade edilmiştir.

#### Antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi

Çalışmada farklı çayların antimikrobiyal etkilerini belirlemek için *Pseudomonas aeruginosa* ATCC®27853, *Proteus vulgaris* ATCC®7829, *Bacillus cereus* ATCC®10876, *Escherichia coli* ATCC®25922, *Salmonella typhimurium* ATCC®14028, *Staphylococcus aureus* ATCC®25923, *Listeria monocytogenes* ATCC®7677 bakterileri ile *Aspergillus niger* ATCC®9642 ve *Candida albicans* ATCC®10231 fungusları kullanılmıştır. Antimikrobiyal etkilerin test edilmesinde kontrol antibiyotiği olarak Ampicillin ve Cephazolin ve

antifungal olarak Nystatin kullanılmış ve çay örnekleri metanol ile ekstrakte edilmiştir. Bakteriler için Muller Hinton Agar (Meat infusion 2.0 g/L, Casein hydrolysate 17.5 g/L, Starch 1.5 g/L, Agar-agar 13.0 g/L) besiyeri, mantarlar için Saboraud Dextrose Agar (Peptone 10.0 g/L; D (+) Glucose 40.0 g/L, Agar-agar 15.0 g/L) besiyerleri kullanılmıştır. Antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesinde Disk Difüzyon yöntemi kullanılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda besiyeri üzerinde oluşan inhibisyon zonlarına ait çaplar dijital kumpas ile mm cinsinden ölçülmüş ve çalışma üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Ekstraksiyonlara ait Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu (MİK) değerleri, metanol ile seyreltilmiş ekstratlar içinde mikroorganizmaların inkübe edilmesiyle belirlenmiştir (Vanden Berghe ve Vlietinck, 1991).

### İstatistiksel analizler

Toplam fenolik madde, kalite kriterleri ve mineral element içerikleri ile antioksidan aktivite üçer tekerrürlü olarak belirlenmiş ve veriler tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme metoduna göre varyans analizine tabi tutulmuşlardır. Çay örneklerinde antimikrobiyal aktivite tayini inhibisyon zon çapı büyüklüğü ve MİK değerleri ile test edilmiştir. Verilerin analizi SAS-JMP.13.0

istatistik programı ile yapılmış, ortalamalar arasındaki farklılıkların önem kontrolleri  $P \leq 0.05$  güven sınırında Tukey metodu ile test edilmiştir.

### Bulgular ve Tartışma

#### Mineral element içerikleri

Birinci, ikinci ve üçüncü sürgün olarak hasat edilen çay yapraklarından hazırlanan siyah, yeşil ve beyaz çayların mineral element içerikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Magnezyum dışındaki elementlerin miktarı çay tiplerine göre istatistiki olarak önemli farklılık göstermektedir. Diğer taraftan, sürgün etkisi Fe, Cu ve Mn içeriğinde, çay tipi x sürgün etkisiyle Mg ve Fe hariç bütün elementlerde istatistiki olarak önemli ( $P < 0.05$ ) çıkmıştır. Mineral elementlerin pek çoğunda çay tipi x sürgün etkisinin istatistiki olarak önemli çıkması, sürgün etkisinin çay tiplerine göre değiştiğini ifade etmektedir.

Beyaz çayın P, K ve Mg içeriği yeşil ve siyah çaylardan daha yüksek olmasına karşılık, yeşil çayın Ca içeriği diğer çaylardan daha yüksektir. Mikro elementler yönünden çay tipleri incelenince, Fe içeriğinde yeşil çayın, Zn ve Cu içeriğinde beyaz çayın ve Mn içeriğinde ise siyah çayın ilk sırada yer aldığı görülmüştür.

Çizelge 1. Birinci, ikinci ve üçüncü sürgün siyah, yeşil ve beyaz çayların mineral element (P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn ve Mn) içerikleri.

Çay tipi	Sürgün nosu			Ortalama	Sürgün nosu			Ortalama
	1	2	3		1	2	3	
	P (ppm)				K (mg kg <sup>-1</sup> )			
Siyah	0.136 b*	0.153 b	0.152 b	0.147 B	9.303 c	10.943 bc	11.120 b	10.456 B*
Yeşil	0.142 b	0.153 b	0.172 b	0.156 B	9.436 bc	9.730 bc	10.137 bc	9.768 B
Beyaz	0.344 a	0.368 a	0.323 a	0.348 A	14.680 a	14.480 a	13.503 a	14.221 A
Ortalama	0.207	0.225	0.219		11.140	11.718	11.587	
	Ca (mg kg <sup>-1</sup> )				Mg (mg kg <sup>-1</sup> )			
Siyah	0.917 c	0.788 c	0.854 c	0.853 B	1.025	1.193	1.203	1.140
Yeşil	1.262 b	1.517 a	1.292 ab	1.357 A	1.014	1.247	1.305	1.188
Beyaz	0.137 d	0.086 d	0.146 d	0.123 C	1.332	1.309	1.214	1.285
Ortalama	0.772	0.797	0.764		1.124	1.249	1.241	
	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )				Cu (mg kg <sup>-1</sup> )			
Siyah	0.447	0.313	0.369	0.376 C	0.152 g	0.191 f	0.212 ef	0.185 C
Yeşil	0.934	0.824	0.853	0.871 A	0.225 de	0.242 cd	0.244 cd	0.237 B
Beyaz	0.717	0.642	0.626	0.662 B	0.263 bc	0.268 ab	0.288 a	0.273 A
Ortalama	0.699 A*	0.593 B	0.616 B		0.213 C	0.234 B	0.248 A	
	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )				Mn (mg kg <sup>-1</sup> )			
Siyah	0.076 d	0.109 cd	0.094 cd	0.093 C	0.310 c	0.484 a	0.522 a	0.439 A
Yeşil	0.107 cd	0.109 cd	0.118 c	0.111 B	0.326 c	0.406 b	0.385 b	0.373 B
Beyaz	0.353 a	0.314 b	0.320 ab	0.329 A	0.063 d	0.056 d	0.058 d	0.059 C
Ortalama	0.179	0.177	0.178		0.232 B	0.315 A	0.322 A	

\*Aynı harfe gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak ( $P < 0.05$ ) önemli fark yoktur.

İncelenen sekiz elementin beş tanesinde (P, K, Mg, Cu ve Zn) beyaz çay, iki tanesinde (Ca ve Fe) yeşil çay ve bir tanesinde (Mn) siyah çay en yüksek değere sahiptir. Diğer taraftan P, Fe, Cu ve Zn içeriği yönünden en küçük değerler siyah çaydan alınmıştır. Çay tiplerinde sürgün etkisi incelendiğinde, siyah ve yeşil çaylarda çoklukla ikinci ve üçüncü sürgünlerin, buna karşılık beyaz çayda ise birinci sürgün çayların daha yüksek değerler aldığı görülmektedir. Gerek çay tipleri ve gerekse hasat zamanı bakımından, çay örneklerinde en fazla bulunan elementlerin K, Mg ve Ca olduğu belirlenmiştir.

İşlenmiş çayda mineral elementler açısından ortaya çıkan farklılıklar iklim ve toprak koşulları, çay plantasyonunun yaşı ve gelişme durumu, kültürel işlemler ve demleme yöntemi gibi çok çeşitli faktörlere göre değişebilmektedir (Arslan ve Toğrul, 1995; Çelik, 2006). Diğer taraftan çay yapraklarının mineral element içerikleri hasat zamanına göre önemli derecede farklılık gösterebilmektedir (Horuz

ve Korkmaz, 2006; Ertürk ve ark., 2010). Nitekim Ercişli ve ark. (2008), çay yaprağının P ve N içeriğinin birinci sürgün çaylarda, buna karşılık K, Ca, Mg, S ve Mn içeriğinin ikinci sürgün çaylarda daha yüksek olduğunu bildirmektedirler. Daha önceki pek çok araştırmada da ifade edildiği gibi (Fernandez ve ark., 2001; Ercişli ve ark., 2008; Ertürk ve ark., 2010), bu araştırma sonucuna göre, özellikle beyaz ve yeşil çayların insan sağlığı açısından gerekli olan mineral elementler bakımından değerli bir ürün olduğu söylenebilir.

#### Kalite kriterleri

Araştırma kapsamında kalite kriteri olarak çay örneklerinde kafein (CAF), kateşin (C), epikateşin (EC), epigallokateşin (EGC) ve epigallokateşin gallat (EGCG) bileşiklerinin analizi yapılmıştır. Birinci, ikinci ve üçüncü sürgün siyah, yeşil ve beyaz çay yapraklarda tespit edilen kalite kriterleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Birinci, ikinci ve üçüncü sürgün siyah, yeşil ve beyaz çayların kafein, kateşin, epikateşin, epigallokateşin ve epigallokateşin gallat içerikleri

Çay tipi	Sürgün nosu			Ortalama
	1	2	3	
	<b>Kafein (CAF, ppm)</b>			
Siyah	20171.67	20314.44	20502.24	20329.50 A*
Yeşil	9117.23	8061.28	8427.40	8535.30 C
Beyaz	11294.27	11245.82	11632.60	11390.90
Ortalama	13527.70	13207.20	13520.70	
	<b>Kateşin (C, ppm)</b>			
Siyah	76.44 c*	94.53 c	179.40 b	116.79 B
Yeşil	332.56 a	237.08 b	211.03 b	260.22 A
Beyaz	116.96 c	334.26 a	341.82 a	264.35 A
Ortalama	175.32 B*	221.96 A	244.08 A	
	<b>Epikateşin (EC, ppm)</b>			
Siyah	588.25 de	522.18 de	382.38 e	497.60 C
Yeşil	9896.59 a	5966.91 b	5976.23 b	7279.91 A
Beyaz	1064.67 cd	1252.15 c	1366.17 c	1227.66 B
Ortalama	3849.84 A	2580.41 B	2574.93 B	
	<b>Epigallokateşin (EGC, ppm)</b>			
Siyah	41.49 e	45.49 e	84.96 e	57.31 C
Yeşil	31344.43 a	20451.64 c	21876.16 bc	24557.41 A
Beyaz	2080.70 e	6933.22 d	23682.07 b	10898.67 B
Ortalama	11155.54 B	9143.45 C	15214.40 A	
	<b>Epigallokateşin gallat (EGCG, ppm)</b>			
Siyah	40.15 d	69.46 d	115.51 d	75.04 C
Yeşil	22045.51 b	20452.47 b	21174.85 b	21224.28 B
Beyaz	9467.90 c	32011.81 a	34016.50 a	25165.32 A
Ortalama	10517.85 B	17511.25 A	18435.54 A	

\*Aynı harfe gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak önemli (P<0.05) fark yoktur.

Kafein içeriğinde sadece çay tiplerinin etkisi önemli çıkmış, buna karşılık epikateşin, epigallokateşin ve epigallokateşin gallat içerikleri üzerine çay tipi, sürgün ve çay tipi x sürgün interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Siyah çayda en fazla

bulunan kateşin bileşeni epikateşin (EC) olurken, yeşil çayda epigallokateşin (EGC) ve beyaz çayda ise epigallokateşin gallat (EGCG) en fazla bulunan kateşinlerdir. Tüm çaylarda en fazla oranda bulunan kateşin türü epigallokateşin gallat olmuş, bunu

epigallokateşin izlemiştir. Siyah çayda en fazla miktarda bulunan bileşik kafein olmuştur. Beyaz ve yeşil çayların kateşin içerikleri siyah çaya göre çok daha yüksek bulunmuştur. Yeşil ve beyaz çayın özellikle epigallokateşin (EGC) ve epigallokateşin gallat (EGCG) içerikleri siyah çaya göre oldukça yüksek çıkmıştır. Diğer taraftan, kafein içeriğinde sürgün bazında önemli bir değişim olmazken, özellikle beyaz ve kısmen siyah çayda kateşin bileşikleri 1.sürgünden, 3.sürgüne doğru önemli derecede artmıştır. Buna karşılık yeşil çayın kateşin, epikateşin ve epigallokateşin içeriği 1.sürgünden, 3.sürgüne doğru giderek azalmıştır.

Bazı çalışmalarda beyaz ve yeşil çayların antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri yüksek olan kateşinler ve kateşin türevlerini kapsayan polifenollerce oldukça zengin olduğunu ortaya konulmuştur (Henning ve ark., 2003; Kanwar ve ark., 2012). Balcı ve Özdemir (2016) yeşil çayda ana kateşin türünün epigallokateşin gallat (EGCG) olduğunu ve bunu epigallokateşin (EGC)'in izlediğini bildirmektedirler. Benzer şekilde, 18 yeşil ve siyah çay örneğinde (Henning ve ark., 2003) ve ayrıca taze çay yaprakları ve yeşil çayda (Velioğlu, 2007) EGCG ve EGC'nin en fazla miktarda bulunan kateşinler olduğu rapor edilmektedir. Bu bulgulara uyumlu olarak bizim çalışmamızda da, beyaz ve yeşil çaylarda epigallokateşin (EGC) ve epigallokateşin gallat (EGCG) en fazla bulunan kateşinler olarak belirlenmiştir. Çalışmamızdan elde edilen bulgulara uyumlu olarak, yeşil ve beyaz çayların kateşin içerikleri ile antioksidan ve antimikrobiyal aktivitelerinin siyah çaya göre daha fazla olduğu bazı çalışmalarda ortaya konulmuştur (Lin ve ark, 1998; Zuo ve ark, 2002; Reygaert, 2014). Ayrıca, Hilal ve Engelhardt (2007) bu çalışma bulgularıyla uyumlu olarak beyaz çayın yeşil çaya göre kateşin bileşikleri yönünden daha zengin olduğunu bildirmektedirler.

Türk çaylarıyla yapılan bazı çalışmalarda yeşil çayda toplam fenol içeriğinin (Balcı ve Özdemir, 2016) siyah çayda kateşin ve fenol içeriğinin (Özdemir ve ark., 2018) birinci sürgünde diğer sürgünlere göre daha yüksek olduğu bildirilmektedir. Bu bulguları destekler mahiyette, bizim çalışmamızda yeşil çayda kateşin türevlerinin 1.sürgün çaylarda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, bizim çalışmamızda beyaz çaylarda elde edilen bulgularla uyumlu olarak, yeşil çayda kateşin bazı flavonoidlerin ve buna bağlı

olarak antifungal aktivitenin 1.hasattan 3. hasada doğru giderek arttığını gösteren çalışmalar da mevcuttur (Aladağ ve ark., 2009). Ertürk ve ark. (2010) Türkiye'de üretilen taze çay yapraklarında 3. sürgün çaylarda toplam fenolik madde içeriğinin diğer hasatlara göre daha yüksek olduğunu rapor etmektedirler. Rize'de Eylül ayında güneşlenme ve gece-gündüz arasındaki sıcaklık farkı daha fazla olduğu için, bu dönemde bitkiler daha fazla fenolik madde sentezlemektedirler. Farklı hasatlarda kalite kriterlerinin değişiminde sadece sıcaklık değil, güneşlenme miktarı ve gün uzunluğu da etkili olduğu için (Harbowy ve Balentine, 1997) bu konunun farklı çay tipleriyle araştırması önem arz etmektedir.

### **Toplam fenol ve antioksidan aktivite**

Birinci, ikinci ve üçüncü sürgün siyah, yeşil ve beyaz çay ekstraktlarının toplam fenol içeriği, IC50 değeri ve antioksidan aktiviteleri Çizelge 3'de verilmiştir. Çayların toplam fenol içerikleri, IC50 değerleri ve antioksidan aktiviteleri çay tiplerine göre istatistiki olarak önemli derecede farklılık göstermiştir. Ancak, sürgün etkisi IC50 değeri ve antioksidan aktivite bakımından önemli çıkmıştır. Çay tipi x sürgün interaksyonu bütün özelliklerde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Diğer bir deyişle, toplam fenol, IC50 değeri ve antioksidan aktivite üzerine sürgün etkisinin çay tiplerine göre farklı olduğu görülmektedir.

Toplam fenol içeriği açısından farklı çayların kıyaslanmasına göre; siyah çayın en düşük seviyede olduğu, beyaz ve yeşil çayların, sürgün bazında farklılıklar gösterse de, siyah çaya göre daha yüksek değerler verdiği belirlenmiştir. IC50 değeri (mg/ml) yönünden siyah çayın beyaz ve yeşil çaya göre daha yüksek değerler verdiği ve sürgün sayısı ilerledikçe IC50 değerinin azaldığı görülmektedir. Bilindiği gibi, bir maddenin IC50 değerinin düşük olması, antioksidan aktivitesinin yüksek olduğunu, IC50 değerinin yüksek olması ise antioksidan aktivitesinin düşük olduğunu göstermektedir. Farklı çay ekstraktlarında antioksidan aktiviteye bakıldığında, toplam fenol içeriğiyle uyumlu olarak beyaz ve yeşil çayların daha yüksek IC50 değerinin sahip oldukları görülmektedir. Sürgün bazında yapılan değerlendirmeye göre, genellikle ikinci ve üçüncü sürgün çayların daha iyi durumda oldukları tespit edilmiştir.

Çizelge 3. Birinci, ikinci ve üçüncü sürgün siyah, yeşil ve beyaz çayların toplam fenol içeriği, IC50 değeri ve antioksidan aktiviteleri

Çay tipi	Sürgün nosu			Ortalama
	1	2	3	
	Toplam fenol içeriği (mg GAE/g)			
Siyah	117.95 e*	101.35 e	102.00 e	107.10 B*
Yeşil	191.61 ab	147.88 cd	167.61 bc	169.03 A
Beyaz	124.04 de	197.53 a	187.50 ab	169.69 A
Ortalama	144.53	148.92	152.37	
	IC50 değeri (mg/ml)			
Siyah	0.041 a	0.025 bcd	0.030 b	0.032 A
Yeşil	0.023 cd	0.020 cd	0.020 c	0.021 C
Beyaz	0.026 bc	0.025 bcd	0.029 b	0.027 B
Ortalama	0.030 A	0.023 C	0.026 B	
	Antioksidan aktivite (%)			
Siyah	91.04 d	93.80 abc	92.93 c	92.59 C
Yeşil	92.24 ab	94.66 ab	94.76 a	94.55 A
Beyaz	93.75 bc	93.81 abc	93.20 c	93.59 B
Ortalama	93.01 C	94.09 A	93.63 B	

\*Aynı harfe gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak önemli (P<0.05) fark yoktur.

Çay yaprağının toplam fenol içeriği ile çayın antioksidan aktivitesi arasında kuvvetli bir ilişki olduğu ve çayın antioksidan aktivitesinden esas olarak fenolik bileşiklerin sorumlu olduğu bildirilmektedir (Anesini ve ark., 2008; Ertürk ve ark., 2010; Şavşatlı ve ark., 2018). Diğer taraftan literatürdeki bazı karşılaştırmalı çalışmalar, bu çalışmada elde edilen bulgularla uyumlu olarak, beyaz ve yeşil çayın toplam fenol içeriği ile antioksidan aktivitesinin siyah çaya göre çok daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır (Tosun ve Karadeniz, 2005; Rusak ve ark., 2008; Pereira ve ark., 2013; Anissi ve ark., 2014; Atalay ve Erge, 2017).

#### Antimikrobiyal aktivite

Birinci, ikinci ve üçüncü sürgün siyah, yeşil ve beyaz çay ekstraktlarının antimikrobiyal aktivitesi sonucu oluşan inhibisyon zon çapları Çizelge 4'de verilmiştir. İnhibisyon zon çapı 6.00 mm olarak verilen çay ekstraktlarında inhibisyon zonu oluşumu görülmemiştir. İnhibisyon zonu oluşması ve oluşan zonların büyüklüğü açısından yapılan değerlendirmeye göre; antimikrobiyal etkinlik açısından birinci sırada beyaz çayın yer aldığı, bunu yeşil ve siyah çayların izlediği belirlenmiştir. Beyaz çayın bütün ekstraktları, çalışmadaki bütün mikroorganizmalara karşı çapı 6.00 mm'den büyük inhibisyon zonu oluşturmuş ve antimikrobiyal aktivite göstermiştir. Yeşil çayın iki örnek dışındaki bütün ekstraktlarının inhibisyon zon çapı 6.00 mm'den daha büyük olmuştur. Buna göre; yeşil çayın çalışmada test edilen hemen bütün bakteri ve mantarlara karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiği

ileri sürülebilir. Yeşil ve beyaz çay ekstraktlarında ölçülen inhibisyon zon çapları 8.00-22.33 mm ile 8.66-26.33 mm arasında değişmektedir. Beyaz ve yeşil çay ekstraktlarının *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* için oluşturduğu inhibisyon zon çapları test kimyasalı olan Ampicilin ve Cephazolin tarafından oluşturulan zon çaplarından daha büyüktür. Bu değerler, beyaz ve yeşil çayın incelenen bakterilere karşı Ampicilin ve Cephazolin'den daha yüksek etkide bulunduğunu göstermektedir. Beyaz ve yeşil çaylar denemede yer alan iki mantar türüne karşı da antifungal aktivite göstermiş ancak oluşan inhibisyon zon çapları test kimyasallarından daha küçük olmuştur. Beyaz ve yeşil çayın antimikrobiyal aktivitelerinin birinci sürgünde daha yüksek olduğu ve bunu ikinci ve üçüncü sürgün çayların izlediği tespit edilmiştir.

Çizelge 4'den siyah çayın dokuz örneğinde oluşan inhibisyon zon çapının 6.00 mm'den daha küçük olduğu ve ekstraktlarda inhibisyon zonu oluşmadığı görülmektedir. *Salmonella typhimurium*'a karşı ikinci ve üçüncü sürgünler, *Listeria monocytogenes* ve *Aspergillus niger*'e karşı birinci, ikinci ve üçüncü sürgün çayların hiç birisinde inhibisyon zonu oluşmamıştır. Siyah çayda, sadece *Staphylococcus aureus*'a karşı oluşan zon çapları (13.66-18.00 mm) test kimyasallarının oluşturduğu zon çaplarından daha yüksektir. Bu bulgular, siyah çayın antimikrobiyal ve antifungal aktivitesinin beyaz ve yeşil çaylara göre daha düşük olduğunu ortaya koymaktadır.

Birinci, ikinci ve üçüncü sürgün siyah, yeşil ve beyaz çaylarda tespit edilen minimum inhibisyon

konsantrasyonu (MİK) değerleri (mg/ml) Çizelge 5’de verilmiştir. İncelenen bakterinin %99.9’unu öldüren veya üremesini engelleyen en düşük konsantrasyonu ifade eden MİK değeri bir antibiyotik veya biyokimyasalın bakteriye karşı inhibe edici etkisinin bir göstergesidir. Bir mikroorganizmayı inhibe etmek için gerek duyulan konsantrasyonu ifade eden MİK değerinin küçük olması antimikrobiyal etkinliğin yüksek olduğunu gösterir. Çizelge 5’den, beyaz ve yeşil çay ekstraktlarının, siyah çay ekstraktlarına oranla, daha düşük MİK değerleri verdiği ve siyah çay ekstraktlarının *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes* ve *Aspergillus niger*’e karşı etkisinin olmadığı görülmektedir. En düşük MİK değerleri her üç çay tipinde de birinci

sürgün hasadından elde edilmiş olup, bunu ikinci ve üçüncü sürgün hasatları izlemiştir.

Bizim çalışmamızla uyumlu olarak, yapılan çeşitli araştırmalar antimikrobiyal veya antifungal aktivitenin çay tiplerine ve hasat zamanlarına göre önemli değişim gösterdiğini ortaya koymuştur (Bancirova, 2010; Camargo ve ark., 2016). Literatür bildirişlerine göre beyaz ve yeşil çayların antimikrobiyal aktivitelerinin nispeten birbirine benzer olmakla birlikte, siyah çaya göre çok daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır (Almajano ve ark., 2008; Pereira ve ark., 2013; Atalay ve Erge, 2017; Kadiroğlu ve Dıblan, 2017; Salman ve Özdemir, 2018).

Çizelge 4. Birinci, ikinci ve üçüncü sürgün siyah, yeşil ve beyaz çay ekstraktlarının antimikrobiyal aktivitesi sonucu oluşan inhibisyon zon çapları (mm)

Çay tipi	Sürgün	<i>P.a.</i>	<i>P.v.</i>	<i>B.c.</i>	<i>E.c.</i>	<i>S.t.</i>	<i>S.a.</i>	<i>L.m.</i>	<i>A.n.</i>	<i>C.a.</i>
Siyah çay	1. sürgün	8.33	11.66	17.33	16.66	8.33	18.00	6.00	6.00	12.33
	2. sürgün	8.66	9.66	15.33	16.33	6.00	14.33	6.00	6.00	9.00
	3. sürgün	6.00	10.33	13.33	11.00	6.00	13.66	6.00	6.00	8.66
Yeşil çay	1. sürgün	12.00	21.00	18.00	19.66	11.66	22.33	13.00	7.66	13.66
	2. sürgün	9.66	17.33	12.66	19.33	8.66	19.66	9.00	8.33	13.00
	3. sürgün	6.00	17.00	11.33	18.33	6.00	19.00	8.66	8.00	11.66
Beyaz çay	1. sürgün	10.33	15.00	16.33	26.33	14.33	21.66	11.33	11.66	11.33
	2. sürgün	12.00	14.66	14.66	20.66	11.00	16.33	9.00	8.66	12.00
	3. sürgün	10.33	15.66	14.00	21.33	9.66	16.33	9.00	11.00	9.66
	Ampicillin	28.33	28.00	27.00	17.33	29.66	14.33	25.00	TE	TE
	Cephazolin	24.00	8.66	23.00	18.00	22.66	6.00	32.00	TE	TE
	Nystatin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	15.33	16.00

*P.a.*: *Pseudomonas aeruginosa*, *P.v.*: *Proteus vulgaris*, *B. c.*: *Bacillus cereus*, *E.c.*: *Escherichia coli*, *S.t.*: *Salmonella typhimurium*, *S.a.*: *Staphylococcus aureus*, *L.m.*: *Listeria monocytogenes*, *A.n.*: *Aspergillus niger*, *C.a.*: *Candida albicans*, T.E.: test edilmedi; İnhibisyon zon çapı 6.00 mm olan ekstraktlarda zon oluşumu gözlenmemiştir.

Çizelge 5. Birinci, ikinci ve üçüncü sürgün siyah, yeşil ve beyaz çay ekstraktlarının minimum inhibisyon konsantrasyonu (MİK) değerleri (mg/ml)

Çay tipi	Sürgün	<i>P.a.</i>	<i>P.v.</i>	<i>B.c.</i>	<i>E.c.</i>	<i>S.t.</i>	<i>S.a.</i>	<i>L.m.</i>	<i>A.n.</i>	<i>C.a.</i>
Siyah çay	1. sürgün	-	10	2.5	5	-	1.25	-	-	10
	2. sürgün	-	10	2.5	5	-	2.5	-	-	20
	3. sürgün	-	20	5	10	-	5	-	-	-
Yeşil çay	1. sürgün	10	0.625	0.625	0.625	10	0.313	5	20	5
	2. sürgün	20	1.25	5	0.625	20	0.313	20	20	10
	3. sürgün	-	1.25	5	1.25	-	0.625	20	20	10
Beyaz çay	1. sürgün	10	0.625	0.625	0.313	5	0.625	10	5	5
	2. sürgün	10	0.625	1.25	0.625	10	0.625	10	20	10
	3. sürgün	10	0.625	1.25	0.625	10	0.625	10	20	20

*P.a.*: *Pseudomonas aeruginosa*, *P.v.*: *Proteus vulgaris*, *B.c.*: *Bacillus cereus*, *E.c.*: *Escherichia coli*, *S.t.*: *Salmonella typhimurium*, *S.a.*: *Staphylococcus aureus*, *L.m.*: *Listeria monocytogenes*, *A.n.*: *Aspergillus niger*, *C.a.*: *Candida albicans*, -: etki yok.

## Sonuç

Bu araştırmadan elde edilen bulgular; mineral element, kateşin ve toplam fenol içerikleri ile antioksidan ve antimikrobiyal aktivitenin çay tipleri ve sürgün dönemine göre önemli derecede değiştiğini ortaya koymuştur. Beyaz çayın P, K, Mg,

Cu ve Zn içeriği yeşil ve siyah çaylardan, buna karşılık yeşil çayın Ca ve Fe içeriği beyaz ve siyah çaylardan daha yüksektir. Beyaz ve yeşil çayların önemli bir kalite kriteri olan kateşin bileşikleri içeriği siyah çaya oranla oldukça yüksektir. Birinci sürgün döneminden üçüncü sürgün dönemine doğru

gidildikçe çay örneklerinin antimikrobiyal aktiviteleri giderek azalmaktadır. Tüm çaylarda en fazla oranda bulunan kateşin türü epigallokateşin gallat olmuş, bunu epigallokateşin izlemiştir. Yeşil ve beyaz çayların toplam fenol içeriği, antioksidan aktiviteleri ve antimikrobiyal etkinlikleri siyah çaya oranla daha yüksektir. Sonuç olarak; bu çalışmadan elde edilen mineral element, toplam fenol ve kateşin içeriği ile antioksidan ve antimikrobiyal aktivite değerlerine göre, beyaz ve yeşil çayların siyah çaya oranla daha fazla tüketilmesi insan sağlığı açısından daha faydalı olacağı ileri sürülebilir.

### Kaynaklar

- Almajano, M.P., Carbó, R., Jiménez, J.A.L., & Gordon, M.H. (2008). Antioxidant and antimicrobial activities of tea infusions. *Food Chemistry*, 108(1), 55-63.
- Anesini, C., Ferraro, G.E., & Filip, R. (2008). Total polyphenol content and antioxidant capacity of commercially available tea (*Camellia sinensis*) in Argentina. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 9225-9229.
- Anissi, J., El Hassouni, M., Ouardaoui, A., & Sendide, K. (2014). A comparative study of the antioxidant scavenging activity of green tea, black tea and coffee extracts: A kinetic approach. *Food Chemistry*, 150, 438-447.
- Arslan, N., & Toğrul, H. (1995). Türk çaylarında kalite parametreleri ve mineral maddelerin farklı demleme koşullarında demleme miktarları. *Gıda*, 20(3), 179-185.
- Atalay, D., & Erge, H.S. (2017). Determination of some physical and chemical properties of white, green and black teas (*Camellia sinensis*). *Gıda*, 42(5), 494-504.
- Balçı, F., & Özdemir, F. (2016). Influence of shooting period and extraction conditions on bioactive compounds in Turkish green tea. *Food Science and Technology*, 36, 737-743.
- Bancirova, M., 2010. Comparison of the antioxidant capacity and the antimicrobial activity of black and green tea. *Food Research International*, 43: 1379-1382.
- Brand-Williams, W., Cavalier, M.E., & Berset, C. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Camargo, L.E., Pedroso, L.S., Vendrame, S.C., Mainardes, R.M., & Khalil, N.M. (2016). Antioxidant and antifungal activities of *Camellia sinensis* (L.) Kuntze leaves obtained by different forms of production. *Brazilian Journal of Biology*, 76(2), 428-434.
- Çelik, F. (2006). Çay (*Camellia sinensis*); içeriği, sağlık üzerindeki koruyucu etkisi ve önerilen tüketimi. *Türkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences*, 26, 642-648.
- Ercişli, S., Orhan, E., Ozdemir, O., Sengul, M., & Gungor, N. (2008). Seasonal variation of total phenolic, antioxidant activity, plant nutritional elements, and fatty acids in tea leaves (*Camellia sinensis* var. *sinensis* clone Derepazari ) grown in Turkey. *Pharmaceutical Biology*, 46, 683-687.
- Ertürk, Y., Ercişli, S., Sengul, M., Eser, Z., Haznedar, A., & Turan, M. (2010). Seasonal variation of total phenolic, antioxidant activity and minerals in fresh tea shoots (*Camellia Sinensis* Var. *Sinensis*). *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 23(1), 69-74.
- Fernandez-Caceres, P. L., Martin, M. J., Pablos, F., & Gonza'lez, A.G. (2001). Differentiation of tea (*Camelia sinensis*) varieties and their geo-graphical origin according to their metal content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 4775-4779.
- Fernandez-Caceres, P.L., Pablos, F., Martin, M.J., & Gonzalez, A.G. (2002). Multi-element analysis of tea beverages by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. *Food Chemistry*, 76, 483-489.
- Gökalp, H. H., & Çeper, Ş. (1990). Yeşil çay üretim teknolojisi ve ülkemizde yeşil çay üretimi. *Gıda*, 15(6), 355-358.
- Halişçelik, O. (2013). HPLC ile Gıda Ürünlerinde Fenolik Bileşen Analizi. Uygulama Notu, Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi. Ant Teknik Cihazlar, Ankara, 4 s.
- Harbowy M.E., & Balentine, D.A. (1997). Tea chemistry. *Critical Review in Plant Science*, 16, 415-480.
- Henning, S.M., Fajardo-Lira, C., Lee, H.W., Youssefian, A.A., Go, V.L.W., & Heber, D. (2003). Catechin content of 18 teas and a green tea extract supplement correlates with the antioxidant capacity. *Nutrition and Cancer*, 45(2), 226-235.
- Hilal, Y., & Engelhardt, U. (2007). Characterisation of white tea – Comparison to green and black tea. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 2, 414-421.
- Horuz, A., & Korkmaz, A. (2006). Farklı sürgün dönemlerinde hasat edilen çayın verimi, azot içeriği ve mineral madde kompozisyonu. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(1), 49-54.
- Kacar, B., & İnal, A. (2008). Bitki Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım, Yayın No: 1241, Ankara, 892 s.
- Kadiroğlu, P., & Dıblan, S. (2017). Siyah ve yeşil çayların biyoaktif ve antimikrobiyal özelliklerinin

- kıyaslanması. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 32, 13-18.
- Kahkonen, M.P., Hopia, A.I., Vuorela, H.J., Rauha, J.P., Pihlaja, K., Kujala, T.S., & Marina, H. (1999). Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food*, 47, 3954-3962.
- Kanwar, J., Taskeen, M., Mohammad, I., Huo, C., Chan, T.H., & Dou, Q.P. (2012). Recent advances on tea polyphenols. *Frontiers in Bioscience*, 4, 111-131.
- Lin, J.K., Lin, C.L., Liang, Y.C., Lin-Shiau, S.Y., & Juan, I.M. (1998). Survey of catechins, gallic acid and methylxanthines in green, oolong, pu-erh and black teas. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 3635-3642.
- Miliauskas, G., Venskutonis, P.R., & Van Beek, T.A. (2004). Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food Chemistry*, 85, 231-237.
- Özdemir, F., Nadeem, H.Ş., Akdoğan, A., Dinçer, C., & Topuz, A. (2018). Effect of altitude, shooting period, and tea grade on the catechins, caffeine, theaflavin, and thearubigin of Turkish black tea. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 42, 334-340.
- Pereira, V.P., Knor, F.J., Velloso, J.C.R., & Beltrame, F.L. (2013). Determination of phenolic compounds and antioxidant activity of green, black and white teas of *Camellia sinensis* (L.) Kuntze, Theaceae. *The Brazilian Journal of Medicinal Plants*, 16(3), 490-498.
- Reygaert, W. C. (2014). The antimicrobial possibilities of green tea. *Frontiers in Microbiology*, 5, 434.
- Rusak, G., Komes, D., Likic, S., Horz'ic', D., & Kovac, M. (2008). Phenolic content and antioxidative capacity of green and white tea extracts depending on extraction conditions and the solvent used. *Food Chemistry*, 110, 852-858.
- Salman, S., & Özdemir, F. (2018). White tea: processing, composition and health benefits. *Akademik Gıda*, 16(2), 218-223.
- Seyis, F., Yurteri, E., Özcan, A., & Savsatli, Y. (2018). Organic tea production and tea breeding in Turkey: Challenges and possibilities. *Ekin Journal*, 4(1), 60-69.
- Sharangi, A.B. (2009). Medicinal and therapeutic potentialities of tea (*Camellia sinensis* L.)- A review. *Food Research International*, 42, 529-535.
- Şavşatlı, Y., Özcan, A., Çatal, M. İ., Yurteri, E., & Seyis, F. (2018). Organik çay tarımında budama yaşı ve diurnal varyabilitenin çay (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) yapraklarının antioksidan aktivitesi üzerine etkisi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(2), 163-168.
- Tosun, İ., & Karadeniz, B. (2005). Çay ve çay fenoliklerinin antioksidan aktivitesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1), 78-83.
- Vanden Berghe, D.A., & Vlietinck, A.J. (1991). "Screening Methods for Antibacterial and Antiviral Agents from Higher Plants, 47-69", In: *Methods in Plant Biochemistry / Vol. 6, Assays for Bioactivity* (Eds: Hostettmann, K., Dey, P. M., Harbone, J.D.) Academic Press, London, 360 pp.
- Wang, H., Provan, G.J., & Helliwell, K. (2000). Tea flavonoids: their functions, utilization and analysis. *Trends in Food Science & Technology*, 11, 152-160.
- Yang, C.S., & Landau, J.M. (2000). Effects of tea consumption on nutrition and health. *Journal of Nutrition*, 130, 2409-2412.
- Yurteri, E., Özcan, A., & Seyis, F. (2019). Tea (*Camellia sinensis*) cultivation and breeding in Turkey: Past and present status. *Ekin Journal*, 5(2), 111-119.
- Zuo, Y., Chen, H., & Deng, Y. (2002). Simultaneous determination of catechins, caffeine and gallic acids in green, Oolong, black and pu-erh teas using HPLC with a photodiode array detector. *Talanta*, 57, 307-316.
- Zhu, Y., Huang, H., & Tu, Y. (2006). A review of recent studies in China on the possible beneficial health effects of tea. *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 333-340.