

Farklı Çözücülerle Elde Edilen Yeşil Çay Ekstraktlarının Toplam Fenolik Madde, Toplam Flavonoid ve Antioksidan Kapasiteleri

Total Phenolic Compound, Total Flavonoid and Antioxidant Capacities of Green Tea Extracts Obtained with Different Solvents

Öz

Yeşil çay (*Camellia sinensis*), fermente edilmeden üretilen ve yüksek antioksidan kapasitesine sahip bir üründür. İçerdiği biyoaktif bileşimler sayesinde yeşil çay, serbest radikalleri etkisiz hale getirerek kanser, kardiyovasküler hastalıklar, Alzheimer, Parkinson ve diyabet gibi kronik hastalıkların oluşma riskini azaltabilmektedir. Bu çalışmada, yeşil çay yapraklarının toplam fenolik madde (TFM), toplam flavonoid (TF) içerikleri ile antioksidan kapasiteleri üzerine farklı çözücülerin (%80 etanol, %80 metanol, distile su) etkileri incelenmiştir. Ekstraktların TFM miktarları Folin-Ciocalteu yöntemiyle, TF miktarları kolorimetrik yöntemle, antioksidan kapasiteleri DPPH, ABTS, FRAP ve CUPRAC yöntemleri ile belirlenmiştir. TFM miktarları 84,82±0,90 ile 195,86±8,76 mg GAE/g; TF miktarları 76,14±2,96 ile 178,28±1,22 mg QE/g arasında değişmiştir. DPPH değerleri 74,77±2,10 (%80 etanol ekstraktı) – 87±0,70 (su ekstraktı), ABTS değerleri 114,80±6,55 (su ekstraktı) – 192,14±3,45 (%80 metanol ekstraktı), CUPRAC 0,84±0,03 (su ekstraktı) – 1,50±0,048 (%80 metanol ekstraktı), FRAP ise 5,09±0,164 (su ekstraktı) – 11,42±0,052 (%80 etanol ekstraktı) arasında belirlenmiştir. Sonuçlar, %80 etanol ve %80 metanolün TFM, TF ve antioksidan kapasite açısından suya kıyasla daha etkili çözücüler olduğunu göstermektedir. Yeşil çay, bu özellikleriyle gıda, ilaç ve kozmetik endüstrisinde değerli bir doğal antioksidan kaynağı olarak değerlendirilebilir.

Anahtar Kelimeler: Yeşil çay, toplam fenolik madde, toplam flavonoid, antioksidan kapasite, ekstraksiyon

ABSTRACT

Green tea (*Camellia sinensis*) is a non-fermented product known for its high antioxidant capacity. Due to the bioactive compounds it contains, green tea can neutralize free radicals and reduce the risk of chronic diseases such as cancer, cardiovascular diseases, Alzheimer's, Parkinson's, and diabetes. In this study, the effects of different solvents (80% ethanol, 80% methanol, and distilled water) on the total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC), and antioxidant capacities of green tea leaves were investigated. The TPC of the extracts was determined using the Folin-Ciocalteu method, TFC was measured using a colorimetric method, and antioxidant capacities were evaluated using DPPH, ABTS, FRAP, and CUPRAC assays. TPC values ranged from 84.82±0.90 to 195.86±8.76 mg GAE/g; TFC values ranged from 76.14±2.96 to 178.28±1.22 mg QE/g. DPPH values ranged from 74.77±2.10 (80% ethanol extract) to 87±0.70 (water extract), ABTS values from 114.80±6.55 (water extract) to 192.14±3.45 (80% methanol extract), CUPRAC from 0.84±0.03 (water extract) to 1.50±0.048 (80% methanol extract), and FRAP from 5.09±0.164 (water extract) to 11.42±0.052 (80% ethanol extract). The results indicate that 80% ethanol and 80% methanol are more effective solvents than water in terms of TPC, TFC, and antioxidant capacity. These findings indicate that green tea is a valuable natural antioxidant source with potential applications in the food, pharmaceutical, and cosmetic industries.

Keywords: Green tea, total phenolic content, total flavonoid, antioxidant capacity, extraction

Zeynep
BEYAZBULUT¹

¹Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Erzurum, Türkiye

Memnune
ŞENGÜL¹

¹Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Erzurum, Türkiye

İsa Arslan
KARAKÜTÜK¹

¹Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Erzurum, Türkiye



Bu çalışma Zeynep BEYAZBULUT'un yayınlanmamış yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

This study was derived from the unpublished master's thesis of Zeynep BEYAZBULUT.

Geliş Tarihi/Received 12.05.2025
Revizyon Talebi / Revision Requested 10.07.2025
Son Revizyon / Last Revision 18.07.2025
Kabul Tarihi/Accepted 06.08.2025
Yayın Tarihi/Publication Date 15.10.2025

Sorumlu Yazar/Corresponding author:

Memnune ŞENGÜL

E-mail: memnune@atauni.edu.tr

Cite this article: Beyazbulut, Z., Şengül,

M. & Karakütük, İ.A., (2025). Farklı

Çözücülerle Elde Edilen Yeşil Çay

Ekstraktlarının Toplam Fenolik Madde,

Toplam Flavonoid ve Antioksidan

Kapasiteleri, *Food Science and*

Engineering Research, 4(2), 40-48.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License.

Food Science and Engineering Research

Giriş

Camellia sinensis bitkisinden elde edilen çay, ilk olarak binlerce yıl önce Çin'de üretilmiştir (Khan vd., 2025). Çay, nemli iklimlerde yetişen küçük boylu bir ağaçtır. Dünya üzerinde yetiştirildiği bölgelerin iklim özelliklerine bakıldığında çay bitkisinin yarı tropik bir bitki olduğu söylenebilir, ancak bununla beraber mikroklima özelliğine sahip bölgelerde de yetiştirilebilir. Çay tüketimi tıbbi ve keyfi nedenlerle ortaya çıkmıştır (Alikılıç, 2016). Dünya genelinde en yaygın tüketilen içeceklerden birisi olan çay, her yıl yaklaşık olarak 2,5 milyon ton üretilmektedir. Genel olarak çayın üretildiği ülkeler, Hindistan, Çin, Sri Lanka, Türkiye, Rusya ve Japonya'dır. Dünya üzerinde üretimi yapılan ve tüketilen çayın %78'si siyah çay, %20'si yeşil çay ve %2'si ise oolong çaydır (Tengilimoğlu ve Büyüktuncer, 2011). Üretim aşamasındaki oksidasyon seviyesine göre çay oksitlenmemiş yeşil çay, yarı oksitlenmiş oolong çay ve tam oksitlenmiş siyah çay olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Mehrabı vd., 2025). Yeşil çay fermentasyona uğratılmadan, diğer çaylara uygulanan kıvrırma, soldurma, parçalama işlemleri uygulanmadan üretilmektedir. Fermentasyon sırasında çay kateşinleri, polifenol oksidaz ve peroksidad gibi enzimlerin katalize ettiği oksidasyon ve polimerizasyona uğramakta ve böylece çay yaprağında bulunan flavanol miktarı azalmaktadır. Fermentasyonla beraber kateşin miktarında önemli azalma olduğundan fermente olmayan yeşil çay, oolong ve siyah çaydan daha fazla kateşin içermektedir (Chebbi, 2022).

Yeşil çay, dünyada tüketimi fazla olan bir içecek olup (Meterc vd., 2007), Doğu Asya ülkelerinde büyük tüketici kitlesine sahiptir. Sağlığa yararlı etkileri üzerine artan bilimsel araştırma sonuçları nedeniyle yeşil çay, dünya çapında popülerlik kazanmaktadır (Khan vd., 2025; Ünal, 2022). Fenolik asitler ve flavonoidler gibi birçok biyoaktif bileşiği içeren polifenolik maddeler açısından zengin olan yeşil çay yapraklarında, polifenoller yaklaşık olarak %30 oranında bulunmaktadır (Khan vd., 2025). Yeşil çayda bulunan başlıca polifenoller; kateşinler, flavonoller, flavonlar, proantosiyanidinler ve flavonoidlerdir (Chebbi, 2022). Taze çay yapraklarında bulunan en önemli polifenoller, monomerik flavonoidlerin bir alt sınıfı olan kateşinler olup, epigallokateşin gallat, epigallokateşin, epikateşin gallat, epikateşin ve izomerleridir (Mehrabı vd., 2025). Kateşinler, yeşil çay kuru ağırlığının %20-30'unu oluşturmaktadırlar (Chebbi, 2022).

Polifenoller, antioksidan özellik göstermekte olup, bu sayede serbest radikalleri nötralize etme ve böylece hidrojenasyon mekanizmaları ile oksidasyon reaksiyon zincirini engelleyebilmektedirler (Mehrabı vd., 2025).

Polifenolik maddeler güçlü antioksidan özellikleri nedeniyle vücudu, kalp-damar hastalıkları, çeşitli kanserler, hipertansiyon, nörodejeneratif hastalıklar ve yaşlanmayla ilişkili süreçlerin patogeneğinde yer alan serbest radikallerin olumsuz etkilerine karşı korurlar. Bu bileşikler ayrıca, mide koruyucu, karaciğeri koruyucu ve hücre çoğalmasını önleyici aktiviteler gösterirler ve metabolik bozuklukların önlenmesinde önerilebilirler. Yapılan çalışmalar, yeşil çay ekstraktlarının antioksidan, antibakteriyel, antiviral, antikarsinojenik, antifungal antiapoptotik, antidiyabetik ve antimutajenik ve benzeri birçok etkiye sahip olduğunu göstermiştir (Pekal vd., 2012; Średnicka-Tober vd., 2017).

Genel olarak su infüzyonu haliyle tüketilen çay, izole edilmiş çay özleri ve tek tek çay bileşikler şeklinde de diyet takviyesi olarak yaygın kullanıma sahiptir (Rusak vd., 2008). Ticari çay ekstraktları son dönemlerde gıda antioksidanı, gıda takviyesi, kozmetik ve ilaç sanayiinde kullanılmaktadırlar (Ünal, 2022). Gıda ve ilaç sanayiinde doğal antioksidanların kullanımının artması için, bitki polifenollerinin etkili ve uygun ekstraktlarını hazırlamaya yönelik araştırmaların artması gerekmektedir (Khan vd., 2025). Ayrıca son zamanlarda bitkisel ürünlerden, tıbbi ve aromatik bitkilerden elde edilen antioksidanların değerlendirilmesine yönelik ilgi de artmaktadır (Aktaş ve Malayoğlu, 2019).

Bitkisel materyallerden biyoaktif bileşiklerin üretimi ve saflaştırılması sırasında ekstraksiyon işlemi uygulanmakta olup (Çamuroğlu, 2018), bu işlem kozmetik, bitkisel kaynaklı ilaç ve gıda endüstrileri için çok önemlidir (Şengül ve Topdaş, 2019). Ekstraksiyon, seçici çözücüler kullanılarak bitki veya hayvan dokularındaki katı veya sıvı halde bulunan biyoaktif bileşenlerin aktif olmayan kısımlardan ayrılarak sıvı faza geçmesi ile gerçekleşmektedir (Handa, 2008; Yağcıoğlu, 2015). Bitkilerin ekstraksiyonunda çözücü olarak genellikle metanol, etanol, aseton, petrol eter, hekzan ve bunların farklı konsantrasyonları kullanılmaktadır (Yağcıoğlu, 2015). Tüm ekstraksiyon yöntemlerinde genel amaç; seçiciliği geliştirmek, istenilen bileşiği ekstrakte etmek, fonksiyonel bileşikler kullanılabilecek hale getirmektir (Çamuroğlu, 2018). Bitkilerden biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonunda kullanılan klasik yöntemler, Soxhlet ekstraksiyonu, maserasyon ve hidrodistilasyondur. Modern yöntemler ise, ultrason yardımlı ekstraksiyon, enzim yardımlı ekstraksiyon, mikrodalga yardımlı ekstraksiyon, darbeli elektrik alanı yardımlı ekstraksiyon, süperkritik akış ekstraksiyonu ile basınçlı sıvı ekstraksiyonu olarak sınıflandırılmaktadır (Topdaş, 2018). Klasik ekstraksiyon yöntemi bitkisel kaynaklardan antioksidan ve fenolik madde ekstraksiyonlarında, uzun yıllardır uygulanan yöntemlerden biridir. Ekstraksiyon verimi birçok faktöre bağlıdır.

Kullanılan çözücünün türü ve kimyasal yapısı, çözünen maddenin bağ türleri ve sayısı, pH, katı-sıvı oranı ve sıcaklık gibi parametreler bu faktörlerdendir. Hedef bileşiğin ayrışmasına etki eden en önemli faktör doğru çözücü seçimidir. Çünkü hedef bileşiğin çözünürlüğü, çözücü türüne bağlıdır. Hedeflenen bileşiğin polaritesi, çözücü seçimi için en önemli faktördür (Bosiljkov vd., 2017).

Daha önceki çalışmalarda öğütülmüş bitki materyallerinden biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonunun daha kolay ve hızlı geçiş sağladığı belirlenmiştir (Coşkun, 2022; Şengül vd., 2024). Bu yüzden yapılan çalışmada, öğütülmüş yeşil çay yapraklarının farklı çözücülerle (su, etanol:su ve metanol:su) elde edilen ekstraktlarının antioksidan aktiviteleri (DPPH, ABTS, FRAP, CUPRAC yöntemleriyle), toplam fenolik madde (TFM) ve toplam flavonoid (TF) miktarları açısından mukayesesi amaçlanmıştır. Bu sayede farklı çözücülerin yeşil çayda bulunan biyoaktif bileşikler ne kadar ekstrakte ettikleri, bu bileşiklerin ekstrakta ne kadar geçtikleri belirlenmiş olacaktır. Böylece dünya genelinde son yıllarda oldukça fazla tüketilen yeşil çayın su infüzyonunun içecek olarak tüketilmesinin yanı sıra farklı çözücülerle (etanol:su ve metanol:su) elde edilen ekstraktlarının da antioksidan aktiviteleri, TFM ve TF miktarları belirlenerek, bu ekstraktların gıda, ilaç ve kozmetik sanayiinde kullanımına katkıda bulunulacaktır.

Materyal ve Metod

Materyal

Araştırmada kullanılan organik yeşil çay, Çaykur Çay İşletmesi'nden (Erzurum/Türkiye) temin edilmiştir.

Metot

Öğütme ve Eleme

Yeşil çay yaprakları waring blender (HGBWTS3, USA) yardımıyla öğütüldükten sonra 1 mm çapındaki elekten geçirilmiş ve ekstraksiyonda kullanılmıştır.

Ekstraksiyon İşlemi

Ekstraksiyon işlemi Topdaş tarafından önerilen metoda (2018) göre gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyonda saf su, %80 etanol (etanol:su, 80:20 v/v) ve %80 metanol (metanol:su, 80:20 v/v) çözücüler kullanılmıştır. Ekstraksiyon için öğütülmüş ve elenmiş yeşil çay yapraklarından 2'şer g tartılarak 100'er mL'lik erlenmayerlere aktarılmıştır. Üzerlerine ayrı ayrı; 30'ar mL saf su, etanol: su, metanol: su ilave edilmiş ve ağzları parafilm ile kapatılarak 35°C'de 20

saat çalkalamalı su banyosunda (JSSB-30T, JSR, Korea) 90 rpm'de karıştırılmıştır. Daha sonra kaba filtre kağıdı yardımıyla süzülen ekstraktlar 6.000 rpm'de, 4°C'de, 15 dakika boyunca santrifüjlenmiştir. Santrifüjlenen ekstraktlar Whatman No: 1 filtre kağıdından süzülerek analizler yapıncaya kadar -20°C'de karanlıkta muhafaza edilmiştir.

Toplam Fenolik Madde Tayini (TFM)

Toplam fenolik madde miktarı Folin-Ciocalteu yöntemi Meda et al., belirttikleri yöntem (2005) göre belirtilen saptanmıştır. Bu amaçla 0,1 mL ekstrakt tüplere aktarıldıktan sonra üzerlerine 2,5 mL 0,2 N FCR (Folin-Ciocalteu reaktifi) eklenerek tüp içerikleri vorteks (Heidolph Reax Top, D-91126 Schwabach, Germany) yardımı ile karıştırılmıştır. Daha sonra tüpler 3 dakika inkübasyona bırakılmış ve ardından 2 mL %7,5 Na₂CO₃ ilave edilerek tekrar vortekslenmiştir. Örnekler ışık almayan bir ortamda oda sıcaklığında 2 saat inkübasyona bırakıldıktan sonra, UV-görünür spektrofotometrede (PG Instruments T60V, İngiltere) 760 nm dalga boyunda absorbansları okunmuştur. Ekstraktların toplam fenolik madde miktarı, farklı konsantrasyonlarda (10-500 ppm) gallik asit standardı kullanılarak hazırlanmıştır. Kalibrasyon eğrisi yardımıyla elde edilen denklem ($y=0,01x-0,0055$, $r^2=0,9951$) kullanılarak sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (mg GAE/g) olarak hesaplanmıştır.

Toplam Flavonoid (TF) Tayini

Toplam flavonoid tayini için ekstraktlardan 0,25 mL tüplere alınarak üzerlerine 1,25 mL saf su, 0,075 mL 0,05 g/mL NaNO₂ eklenip vortekslenerek 6 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra üzerlerine 0,15 mL 0,1 g/mL AlCl₃·6H₂O ilave edilen tüpler vortekslenerek 5 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Ardından 0,5 mL 1 mol/L NaOH ilave edilip tekrar vortekslenerek 15 dakika karanlıkta oda sıcaklığında inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyon sonunda, örneklerin absorbansları 510 nm dalga boyunda spektrofotometrede (PG Instruments T60V, İngiltere) okunmuştur. Toplam flavonoid içeriğini hesaplamak için 10-500 mg/L kuersetin çözeltileri hazırlanarak kalibrasyon eğrisi çizilmiş ve toplam flavonoid içeriği, bu kalibrasyon eğrisinden elde edilen denklemle mg kuersetin eşdeğeri (mg QE/g) olarak hesaplanmıştır (Koçak vd., 2018; Zor vd., 2023).

Antioksidan Aktivite Tayini

DPPH Yöntemiyle Antioksidan Aktivite Tayini

Analiz prensibi, DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikalinin inhibisyonu sonucunda renkte oluşan değişimlerin 517 nm dalga boyunda ölçülmesine dayanmaktadır. DPPH çözeltisi (0,1 mM) metanolle hazırlanmıştır. İlk olarak 0,025 mL ekstrakt tüplere aktararak üzerlerine 2,475 mL 0,1 mM DPPH çözeltisi eklenip tüpler vortekslenildikten sonra 30 dakika karanlık ortamda, oda sıcaklığında inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrası absorbanslar, spektrofotometrede 517 nm dalga boyunda köre karşı okunmuştur. Kontrol olarak DPPH çözeltisi kullanılmıştır (Topdas vd., 2020).

Ekstraktların antioksidan aktivitesi inhibisyon yüzdesi olarak ifade edilmiş ve aşağıdaki denklem kullanılarak belirlenmiştir:

$$\text{İnhibisyon (\%)} = [1 - (A_0/A_1)] \times 100$$

A₀: numunenin absorbansı

A₁: DPPH'in absorbansı

0,5-2,5 mM aralığında hazırlanan Trolox çözeltisi ile bir kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Sonuçlar, kalibrasyon eğrisinden elde edilen denklem kullanılarak mM Trolox eşdeğeri (TE)/100g olarak hesaplanmıştır.

ABTS Yöntemiyle Antioksidan Aktivite Tayini

ABTS (2,2-azinobis(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit diamonyum tuzu)) radikal çözeltisi üzerine, antioksidan içeren bir örneğin eklenmesi sonucu radikalın temizlenmesine dayalı bir metottur. ABTS analizi, Re et al., önerdikleri metoda (1999) göre gerçekleştirilmiştir. Analizde 10-30 µg/mL ekstrakt tüplere aktarıldıktan sonra son hacim 2.5 mL olacak şekilde ABTS+ çözeltisi eklenmiştir. Daha sonra karışım vortekslenerek 6 dakika karanlıkta oda sıcaklığında inkübasyona bırakılmış ve sürenin sonunda örneklerin absorbansları 734 nm dalga boyunda spektrofotometrede saf sudan oluşan köre karşı okunmuştur.

Ekstraktların antioksidan aktivitesi inhibisyon yüzdesi olarak ifade edilmiş ve aşağıdaki denklem kullanılarak belirlenmiştir:

$$\text{İnhibisyon (\%)} = [1 - (A_0/A_1)] \times 100$$

A₀: numunenin absorbansı

A₁: ABTS'nin absorbansı

0,5-2,5 mM aralığında hazırlanan Trolox çözeltisi ile bir kalibrasyon eğrisi çizilmiş ve antioksidan aktivite kalibrasyon eğrisinden elde edilen denklem kullanılarak mM Trolox eşdeğeri (TE)/100g olarak hesaplanmıştır.

Analizde ekstraktlardan tüplere 25 µL aktarılmış ardından FRAP çözeltisi ile tüplerin son hacmi 2,5 mL'ye tamamlanarak tüpler vortekslenmiş ve 4 dakika inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyondan sonra spektrofotometrede 593 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunmuştur. Trolox çözeltisi ile kalibrasyon eğrisi çizilerek sonuçlar mM TE/g olarak verilmiştir.

CUPRAC Yöntemiyle Antioksidan Aktivite Tayini

CUPRAC (bakır (II) iyonu indirgenme antioksidan kapasitesi) metodu için, 100 µl ekstrakta sırasıyla 1 mL saf su 1 mL 10 mm bakır (II) klorür, 1 mL 7,5 mm neokuproin ve 1 mL 1 M amonyum asetat ilave edilip hacim 4.1 mL olmuştur. Vortekslenen deney tüpleri oda sıcaklığında karanlık ortamda 30 dakika inkübasyona bırakıldıktan sonra spektrofotometrede 450 nm dalga boyunda absorbansları köre karşı okunmuştur. Kör olarak etanol kullanılmış, trolox standart eğrisi kullanılarak örneklerin toplam antioksidan kapasiteleri belirlenmiştir. Sonuçlar mM TE/g olarak ifade edilmiştir (Kamiloğlu, 2019).

İstatistiksel Analiz

Üç tekrarlar elde edilen veriler SPSS 20.0 (IBM SPSS Corp., Armonk, NY, ABD) programında analiz edilmiştir. Analizlerden elde edilen sonuçlar standart sapmayla ortalama değerler (±SD) olarak ifade edilmiştir. Ortalamalar arasındaki anlamlı grup farklılıklarını ($p < .05$, $p < .01$) belirlemek için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmış, ortalama değerleri karşılaştırmak için Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır.

Tartışma

Toplam Fenolik Madde (TFM) ve Toplam Flavonoid (TF) Miktarları

Farklı çözücüler kullanılarak elde edilen yeşil çay ekstraktlarının TFM, TF miktarları ve antioksidan aktivitelerine (DPPH, ABTS, FRAP ve CUPRAC) ait analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1.

Yeşil çay ekstraktlarının TFM, TF miktarları ve antioksidan aktiviteleri (DPPH, ABTS, FRAP ve CUPRAC)

Çözücü	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/g)	Toplam Flavonoid (mg QE/g)	DPPH (mM TE/100g)	ABTS (mMTE/100g)	FRAP (mM TE/g)	CUPRAC (mM TE/g)
Etanol: su	195,86±8,76 ^a	178,28±1,22 ^a	74,77±2,10 ^a	190,35±7,20 ^a	11,42±0,05 ^a	1,33±0,01 ^b
Metanol:su	177,29±9,21 ^b	155,92±4,13 ^b	61,48±3,01 ^b	192,14±3,45 ^a	10,68±1,01 ^a	1,50±0,05 ^a
Su	84,82±0,90 ^c	76,14±2,96 ^c	29,87±0,70 ^c	114,80±6,55 ^b	5,09±0,16 ^b	0,84±0,03 ^c
Önem Seviyesi	**	**	**	**	**	**

Ortalamaları verilen örneklerin istatistiksel olarak önem seviyesi ** $p<0,01$ düzeyinde çok önemli seviyededir. a-c Aynı sütundaki farklı üstel harfler örnekler arasında önemli bir fark olduğunu göstermektedir. DPPH: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil, ABTS: 2,2-azinobis(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit diamonyum tuzu), FRAP: Demir (III) İndirgeme Antioksidan Gücü, CUPRAC: Bakır (II) iyonu indirgenme antioksidan kapasitesi

Tablo 2.

Yeşil çay ekstraktlarının TFM, TF miktarları ve antioksidan aktivitelerine (DPPH, ABTS, FRAP ve CUPRAC) ait korelasyon sonuçları

Özellikler	Toplam Fenolik Madde	Toplam Flavonoid	DPPH	ABTS	FRAP
Toplam Flavonoid	0,999*				
DPPH	0,991	0,997			
ABTS	0,984	0,974	0,952		
FRAP	0,999*	0,995	0,983	0,992	
CUPRAC	0,918	0,896	0,856	0,974	0,937

*: $p<0,05$ düzeyinde önemli seviyededir. DPPH: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil, ABTS: 2,2-azinobis(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit diamonyum tuzu), FRAP: Demir (III) İndirgeme Antioksidan Gücü, CUPRAC: Bakır (II) iyonu indirgenme antioksidan kapasitesi

Çay ekstraktlarının TFM ve TF miktarlarının çözücü çeşidine göre istatistiki olarak $p<0,01$ seviyesinde farklı olduğu belirlenmiştir. Ekstraktların TFM içeriği en yüksek etanol ekstraktında (195,86±8,76 mg GAE/g), en düşük (84,82±0,90 mg GAE/g) ise su ekstraktında tespit edilmiştir (Tablo 1). Polifenolik bileşiklerin yeşil çay yapraklarından ayrılmasında, ekstraksiyonda kullanılan çözücünün önemli etkisi vardır. Çünkü çözücü ile çözünen maddeler arasındaki etkileşim, verim üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Donlao ve Ogawa, 2018; Lorenzo ve Munekata, 2016). Fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunda kullanılan çözücünün polaritesi belirleyici bir faktördür. Polifenoller yapılarından dolayı farklı derecelerde polariteye sahip olabilirler. Su gibi yüksek polar çözücüler, gallik asit ve bazı kateşinler gibi düşük molekül ağırlıklı ve hidrofilik fenolik bileşikler çözmede etkilidirler. Ancak daha lipofilik yapıya sahip flavonoid aglikonları veya kompleks polifenollerin çözünmesinde yetersiz kalabilir. Buna karşılık, orta düzeyde polariteye sahip etanol-su ve metanol-su çözeltileri hem polar hem de orta derecede apolar bileşikler çözebildiğinden, daha fazla çeşitte fenolik maddelerin ekstrakte edilmesini sağlar. Bu durum çalışmada etanol-su ekstraktlarının ve metanol-su ekstraktlarının TFM içeriğinin, yalnızca su kullanılan ekstraktlara göre yüksek olmasını açıklamaktadır.

Turkmen vd. (2007) yürüttükleri çalışmada etanol, metanol ve bunların %50 sulu çözeltileriyle siyah çay ekstraktı hazırlamışlardır. Çalışma sonucunda %50 etanol kullanılarak elde edilen ekstraktın, %50 metanol kullanılarak elde edilene göre daha yüksek miktarda TFM içerdiği belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca, en düşük polifenolik madde miktarı %100 etanol ve metanol çözücülerini kullanılarak elde edilmiştir. Yapılan bu çalışma sonuçlarına göre kullanılan çözücünün polaritesine göre, çeşitli ekstraktların polifenol içeriklerinin farklılaştığını ve saf çözücülere oranla sulu olanlarının toplam fenolik bileşiklerin elde edilmesinde daha fazla etkili olduğu belirlenmiştir. Lapornik vd. (2005) yaptıkları çalışmada, siyah ve kırmızı frenk üzümü yan ürünlerinden ekstrakte edilen örneklerin antioksidan ve TFM değerlerine çözücünün ve ekstraksiyon süresinin etkisini araştırmışlardır. Kırmızı frenk üzümü ekstraktlarının 24 saatlik ekstraksiyon sonrasında TFM içeriklerinin en yüksekten düşüğe doğru %70 etanol, %70 metanol ve su olduğunu belirlemişlerdir. Otağ (2023), farklı oranlarda etanol-su (%50, %80 ve %96) ve su ile ekstrakte edilen siyah çay ve siyah çay atığı ekstraktları arasında en yüksek TFM içeriğini %80 etanol içeren ekstraktlarda, en düşük TFM içeriğini ise su ekstraktlarında belirlemiştir. Arıdur ve Arabacı (2013) yaptıkları çalışmada ciğertaze otu (*Salvia officinalis*) bitkisinin etanol, metanol, aseton ve etil asetat

ekstraktlarının TFM miktarlarını belirlemişlerdir. Çiğertaze otu ekstraktlarının TFM içerikleri, en yüksek etanol ekstraktında (43.55 mg GAE/g ekstrakt) daha sonra metanol ekstraktında (23.62 (mg GAE/g ekstrakt) belirlenmiştir. Yapılan araştırmada elde edilen sonuçlar, daha önce yapılan çalışmalarla (Ariduru ve Arabacı, 2013; Lapornik vd., 2005; Otağ, 2023; Turkmen vd., 2007) benzerlik göstermektedir. Mevcut çalışmamızda da etanol-su çözücüsünün metanol-su ve su çözücülerine göre polifenolik maddeleri daha iyi çözdüğü belirlenmiştir (Tablo 1).

Erol vd. (2009) yaptıkları çalışmada, etanol, metanol ve su ile elde ettikleri yeşil çay ekstraktlarında TFM konsantrasyonlarını metanol (283,6±3,96 mg GAE/g)>etanol (276,5±11,70 mg GAE/g) > su (204,4±3,02 mg GAE/g) olarak belirlemişlerdir. Donlao and Ogawa (2018) yaptıkları çalışmada, kurutulmuş ve öğütülmüş yeşil çayları %70'lik (v/v) metanolle ve sıcak su ile ekstrakte etmişler ve metanol ekstraksiyonunun sıcak su ekstraksiyonundan daha verimli olduğunu belirlenmişlerdir. Yaptığımız çalışmada da daha önceki araştırma (Donlao ve Ogawa, 2018; Erol vd., 2009) sonuçlarına benzer olarak metanol ve etanol ekstraktlarının suya göre daha yüksek polifenolik madde geçişine neden olduğu görülmektedir (Tablo 1).

Yapılan çalışmada TF içeriği en yüksek etanol ekstraktlarında (178,28±1,22mg QE/g) tespit edilmiş, bunu metanol ekstraktı (155,92±4,13 mg QE/g) ve saf su ekstraktı (76,14±2,96 mg QE/g) takip etmiştir (Tablo 1). Friedman et al. (2006) yaptıkları çalışmada %80 etanol ekstraktlarında, sadece sıcak su ekstraktlarına göre HPLC yöntemi ile daha yüksek miktarda flavonoid tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Bayram ve Topuz (2023)'ün madımak (*Polygonum cognatum Meissn.*) ile ilgili yaptıkları çalışmada, %50 metanol ekstraktının TF içeriğinin saf su ve %100 metanol ekstraktlarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Mevcut çalışmamızda da etanol-su ekstraktının metanol-su ve su ekstraktlarına göre daha yüksek miktarda TF içermesiyle (Tablo 1) Friedman vd. (2006) ve Bayram ve Topuz (2023)'ün sonuçlarıyla uyum içindedir. Friedman et al., (2006) yaptıkları çalışmada su-etanol ile daha yüksek ekstraksiyon verimliliğinin sağlanmasının nedeninin hem çay türünden hem de bireysel flavonoidlerin kimyasal yapısından kaynaklanıyor olabileceğini bildirmişlerdir.

Antioksidan Aktivite

Öğütülmüş yeşil çay ekstraktlarının DPPH, ABTS, FRAP ve CUPRAC yöntemleri ile belirlenen antoksidan aktiviteleri Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'de ekstraktların antioksidan aktivitelerinin çözücüye göre istatistiki olarak $p<0.01$ seviyesinde çok önemli seviyede farklı olduğu

görülmektedir. Ekstraktların DPPH serbest radikal süpürme aktivitesi en yüksek etanol-su, en düşük ise su ekstraktlarında tespit edilirken; CUPRAC metoduna göre en yüksek antioksidan aktivite metanol-su ve en düşük su ekstraktlarında tespit edilmiştir. ABTS ve FRAP aktiviteleri en yüksek metanol-su ve etanol-su ekstraktlarında istatistiksel olarak birbirine benzer ve su ekstraktlarından daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Yani, bu araştırmada uygulanan dört antioksidan tayin yönteminde de su ile ekstrakte edilen örneklerin etanol-su ve metanol-su ekstraktlarından daha düşük antioksidan aktivite gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 1).

Lapornik vd. (2005), yaptıkları araştırmada etanol ve metanol ekstraktlarının, su ekstraktlarına göre daha yüksek toplam polifenol, flavonoid ve antioksidan aktivite gösterdiğini, bunun nedeninin de, metanol ve etanolün sudan daha az polar çözücüler olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Bu da, etanol ve metanolün polar olmayan karakterdeki hücrelerden, hücre duvarlarının parçalanması ile polifenollerin salınmasında daha etkili oldukları anlamına gelmektedir.

Etanol ve metanol birçok antioksidan bileşik sınıfını çok iyi çözen birer çözücüdürler ancak su ile ekstraksiyon çok daha hızlı, daha ucuzdur ve su ekstraktındaki herhangi bir çözücü kalıntısı insan sağlığı için herhangi bir toksik etkiye neden olmamaktadır (Campanella vd., 2006).

Turkmen et al. (2006)'nın yaptıkları araştırmada, farklı organik çözücülerin (su, aseton, dimetilformamid, etanol, metanol) farklı konsantrasyonları (%50, %80 ve %100) ile hazırlanan siyah ve mate çaylarının en yüksek antioksidan aktiviteyi %50 etanol ekstraktlarının gösterdiği, bunu %50 metanol ve ardından suyun takip ettiği tespit edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada DPPH radikallerine karşı en güçlü özellikleri metanol özütleri göstermiştir, en zayıf aktiviteyi yeşil çayın su özütleri göstermiştir (Druzyńska vd., 2007). Balaban vd. (2022), siyah çay üretiminin farklı aşamalarında çay örneklerinin bazı fiziksel ve biyoaktif özelliklerini araştırdıkları çalışmalarında, taze siyah çay yapraklarının etanol ekstraktlarının DPPH aktivitelerinin saf su ekstraktlarının DPPH aktivitelerinden daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Yu vd. (2005), yeşil çay etanol ekstraktlarının (2,46±0,03 mM Trolox/mM toplam fenolik) su ekstraktlarına (1,91±0,03 mM Trolox/mM toplam fenolik) göre daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiğini tespit etmişlerdir. Otağ (2023), yaptığı çalışmada, en yüksek ABTS antioksidan aktivitesini %80 etanol ile ekstrakte edilen siyah çay (2,59±0,06 $\mu\text{mol TE/mg}$) ve siyah çay atığında (2,23 $\mu\text{mol TE/mg}$) belirlerken, en düşük antioksidan kapasiteyi su ile ekstrakte edilen siyah çay atığında

(0,72±0,02 µmol TE/mg) belirlemiştir. Donlao and Ogawa (2018), yaptıkları çalışmada, öğütülmüş kurutulmuş yeşil çay örneklerini %70'lik (v/v) metanolle ve sıcak su ile ekstrakte etmişlerdir. %70 metanol ekstraktında, DPPH ve FRAP aktiviteleri sırasıyla, 1454 µmol TE/g kuru örnek ve 3370 µmol FeSO₄/g kuru örnek; sıcak su ekstraktında ise DPPH ve FRAP sırasıyla 930 µmol TE/g kuru örnek ve 2609 µmol FeSO₄/g kuru örnek olarak belirlenmiştir. Başka bir çalışmada Campanella vd. (2006), yeşil çay, siyah çay ve açainin ekstraksiyonunda su ve metanol çözücülerini kullanmışlardır. Tüm çayların metanol ekstraktlarının en yüksek toplam antioksidan aktivite gösterdiğini tespit etmişlerdir. Yaptığımız araştırmada elde ettiğimiz sonuçların, daha önce yapılan araştırmalara benzer olarak, etanol ve metanol ekstraktlarının antioksidan aktivitelerinin su ekstraktlarından daha yüksek olduğu görülmektedir.

Toplam fenolik madde miktarı ile toplam flavonoid miktarı arasında $p<0,05$ seviyesinde önemli düzeyde pozitif korelasyon ($r=0,999$) tespit edilmiştir (Tablo 2). Kamiloğlu (2019)'nun yaptığı bir araştırmada da toplam fenolik madde ve toplam flavonoid miktarları arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir ($r=0,838$). Ayrıca mevcut çalışmada toplam fenolik madde miktarı ile FRAP aktivitesi arasında $p<0,05$ seviyesinde önemli düzeyde pozitif korelasyon ($r=0,999$) bulunmuştur (Tablo 2). Donlao ve Ogawa (2018), polifenolik içeriği yüksek çay ekstraktı örneklerinin yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduklarını göstermiştir. Buna göre yeşil çay ekstraktlarındaki polifenolik bileşiklerin antioksidan aktiviteye önemli düzeyde katkıda bulunduğu söylenebilir.

Sonuç ve Öneriler

Yeşil çay içeriğindeki biyoaktif bileşenler nedeniyle güçlü antioksidan özellik göstermekte olup, bu nedenle oksidatif stresi önleme ve vücudu birçok hastalığa karşı koruma özelliğine sahiptir. Yapılan bu araştırmada da farklı çözücülerle (etanol:su, metanol:su ve su) ekstrakte edilen yeşil çayın polifenolik madde ve antioksidan aktivitesi araştırılmış; araştırma sonucunda farklı çözücülerin polifenolik maddeleri ve diğer antioksidan maddeleri farklı seviyelerde ekstrakte ettiği; etanol:su ve metanol:su ekstraktlarının, su ekstraktlarından daha fazla olmak üzere, yüksek miktarda TFM, TF içerdikleri ve yüksek antioksidan aktivitesine sahip oldukları tespit edilmiştir. Böylece, yeşil çayın su infüzyonunun içecek olarak kullanılmasının yanı sıra, etanol:su ve metanol:su ekstraktlarının da yüksek antioksidan aktivite, TFM, TF içerikleri nedeniyle gıda, sağlık ve kozmetik alanlarında kullanımı artırılarak hem üretici hem tüketici açısından toplumsal katkı sağlanabilir. Ayrıca, daha kapsamlı araştırmalarla, farklı çözücü, konsantrasyon ve ekstraksiyon süresi vb. parametrelerle yapılacak olan

analizlerle, çayın içerdiği fonksiyonel maddelerin ekstraksiyonunun optimize edilmesi gerekmektedir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir-M.Ş.; Tasarım- Z.B., İ.A.K.; Denetleme- M.Ş.; Kaynaklar- Z.B.,İ.A.K.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi Z.B.; Analiz ve/veya Yorum- Z.B.,İ.A.K.; Literatür Taraması- Z.B.; Yazıyı Yazan-M.Ş.,Z.B.; Eleştirel İnceleme- M.Ş.

Çıkar Çatışması: Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Finansal Destek: Bu çalışma Atatürk Üniversitesi BAP projeleri kapsamında desteklenmiştir. Proje numarası: FYL-2024-13944. İsa Arslan KARAKÜTÜK, TÜBİTAK BİDEB 2211/A Ulusal Doktora Burs Programı tarafından desteklenmektedir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Concept-M.Ş.; Design-Z.B., İ.A.K.; Supervision-M.Ş.; Resources-Z.B.,İ.A.K.; Data Collection and/or Processing-Z.B.; Analysis and/or Interpretation-Z.B.,İ.A.K.; Literature Search-Z.B.; Writing Manuscript -M.Ş.,Z.B.; Critical Review-M.Ş.

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Financial Disclosure: This study was supported by the Atatürk University Scientific Research Projects Coordination Unit (BAP), Project No: FYL-2024-13944. İsa Arslan KARAKÜTÜK is supported by the TÜBİTAK BİDEB 2211/A National Doctoral Scholarship Program.

Kaynaklar

- Aktaş, B., & Malayoğlu, H. B. (2019). Comparison of phenolic compounds and antioxidant activities of the extracts of grape seed, rosemary, green tea and olive leaf. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56(1), 81-90. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.431192>
- Alikılıç, D. (2016). Çay'ın Karadeniz Bölgesi için önemi ve tarihi seyri. *Karadeniz İncelemeleri Dergisi*, 11(21), 269-280. <https://doi.org/10.18220/kid.277672>
- Arıdur, R., & Arabacı, G. (2013). Ciğertaze otu (*Salvia officinalis*) bitkisinin antioksidan aktivitesinin belirlenmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(2), 241-246.
- Balaban, O. T., Kamiloğlu, A., & Kara, H. H. (2022). Changes of some bioactive and physicochemical properties during the black tea processing. *Journal of Food Science*, 87(6), 2474-2483. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16151>
- Bayram, M., & Topuz, S. (2023). Madımaktan (*Polygonum cognatum* Meissn.) yanıt yüzey yöntemi kullanılarak fenolik bileşik ekstraksiyonunun optimizasyonu. *Gıda*, 48(1), 118-129. <https://doi.org/10.15237/gida.GD22104>
- Bosiljkov, T., Dujmić, F., Bubalo, M. C., Hribar, J., Vidrih, R., Brnčić, M., Zlatic, E., Redovniković, I. R., & Jokić, S. (2017). Natural deep eutectic solvents and

- ultrasound-assisted extraction: Green approaches for extraction of wine lees anthocyanins. *Food and Bioproducts Processing*, 102, 195-203. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.12.005>
- Campanella, L., Martini, E., Rita, G., & Tomassetti, M. (2006). Antioxidant capacity of dry vegetal extracts checked by voltammetric method. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 4(1), 135-144.
- Çamuroğlu, A. G. (2018). *Nar kabuğu ve siyah havuç posasından fenolikbileşiklerin ultrases destekli ekstraksiyonu: Kinetik modelleme ve optimizasyon* (Tez No. 547398). [Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Chebbi, H. (2022). *Farklı hasat döneminde toplanmış taze çay yaprağının biyoaktif bileşiklerinin optimize edilerek belirlenmesi ve invitro biyoerişilebilirliğinin araştırılması* (Tez No. 739403). [Yüksek lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Coşkun, B. A. (2022). *Bazı yenilebilir çiçeklerin bitkisel çay olarak kullanımı* (Tez No. 739627). [Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Donlao, N., & Ogawa, Y. (2018). Impacts of processing conditions on digestive recovery of polyphenolic compounds and stability of the antioxidant activity of green tea infusion during gastrointestinal digestion. *LWT - Food Science and Technology*, 89, 648-656. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.051>
- Drużyńska, B., Stępniewska, A., & Wołosiak, R. (2007). The influence of time and type of solvent on efficiency of the extraction of polyphenols from green tea and antioxidant properties obtained extracts. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 6(1), 27-36.
- Erol, N., Sarı, F., Polat, G., & Velioğlu, Y. S. (2009). Taze çay yaprağı ve yeşil çayın ekstrakt ve fraksiyonlarının antioksidan ve antibakteriyel etkileri. *Journal of Agricultural Sciences*, 15(4), 371-378. <https://doi.org/10.1501/Tarimbil.0000001113>
- Friedman, M., Levin, C. E., Choi, S. H., Kozukue, E., & Kozukue, N. (2006). HPLC analysis of catechins, theaflavins, and alkaloids in commercial teas and green tea dietary supplements: comparison of water and 80% ethanol/water extracts. *Journal of Food Science*, 71(6), 328-337. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00090.x>
- Handa, S. S. (2008). An Overview of Extraction Techniques for Medicinal and Aromatic Plants In S. S. Handa, S. P. S. Khanuja, G. Longo, & D. D. Rakesh (Eds.), *Extraction Technologies for Medicinal and Aromatic Plants* (pp. 21-33). United Nations Industrial Development Organization and the International Centre for Science and High Technology.
- Kamiloğlu, S. (2019). Endüstriyel dondurma işlemi ve in vitro gastrointestinal sindirim sırasında taze fasulyenin fenoliklerinde, flavonoidlerinde ve antioksidan kapasitesinde meydana gelen değişimler. *Akademik Gıda*, 17(2), 176-184. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.613559>
- Khan, S. U., Khan, S. U., Alissa, M., Kamreen, H., Khan, W. U., Alghamdi, S. A., Al-Shahari, E. A., Albakri, G. S., Abouzied, A. S., & Khan, D. (2025). Comparative analysis of polyphenol contents in green tea infusions extracted by conventional and modern extraction techniques and optimization of the ultrasonic-assisted extraction parameters by response surface methodology. *Microchemical Journal*, 208. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2024.112380>
- Koçak, E., Demircan, E., & Özçelik, B. (2018). Antioxidant capacities and phenolic profiles of Ottoman strawberry fruit and Ottoman strawberry jam. *Ecological Life Sciences*, 13(3), 119-130. <https://doi.org/10.12739/NWSA.2018.13.3.5A0101>
- Lapornik, B., Prošek, M., & Wondra, A. G. (2005). Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. *Journal of Food Engineering*, 71(2), 214-222. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.10.036>
- Lorenzo, J. M., & Munekata, P. E. S. (2016). Phenolic compounds of green tea: Health benefits and technological application in food. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6(8), 709-719. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2016.06.010>
- Meda, A., Lamien, C. E., Romito, M., Millogo, J., & Nacoulma, O. G. (2005). Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91(3), 571-577. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.006>
- Mehrabi, M., Amiri, M., Razavi, R., Najafi, A., & Hajian-Tilaki, A. (2025). Influence of varied processing methods on the antioxidant capacity, antibacterial activity, and bioavailability of Iranian black, oolong, and green leafy teas. *Food Chemistry*, 464, 141793. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141793>
- Meterc, D., Petermann, M., & Weidner, E. (2007). Extraction of green tea and drying with a high pressure spray process. *Hemijaska industrija*, 61(5), 222-228.

- <https://doi.org/10.2298/HEMIND0704222M>
- Otağ, M. (2023). Siyah Çay ve Siyah Çay Atığı Örneklerinin Farklı Çözgen konsantrasyonlarında Elde Edilen Ekstraktlarının Biyoaktif Özellikleri ve Antimikrobiyel Aktivitelerinin Belirlenmesi. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 8(1), 80-87. <https://doi.org/10.35229/jaes.1226432>
- Pełal, A., Drózd, P., Biesaga, M., & Pyrzynska, K. (2012). Screening of the antioxidant properties and polyphenol composition of aromatised green tea infusions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(11), 2244-2249. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5611>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10), 1231-1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- Rusak, G., Komes, D., Likic, S., Horzic, 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(4), 852-858. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.072>
- Şengül, M., Aksoy, S., & Karakütük, İ. A. (2024). İnfüze Zeytin Yapağı Çayının Bazı Fiziksel Özellikleri ve Antioksidan Aktivitesi Üzerine İnfüzyon Sıcaklığı ve Partikül Büyüklüğünün Etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 14(3), 1128-1143. <https://doi.org/10.21597/jist.1441476>
- Şengül, M., & Topdaş, E. F. (2019). Katı-sıvı ekstraksiyonunda kullanılan modern teknikler ve bu teknikler arasında ultrason yardımcı ekstraksiyonun yeri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50(2), 201-216. <https://doi.org/10.17097/ataunizfd.466649>
- Średnicka-Tober, D., Kazimierczak, R., Rembiałkowska, E., Stok, T., Świąder, K., & Hallmann, E. (2017). Bioactive compounds in organic apple juices enriched with chokeberry and green tea extract. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 62(4).
- Tengilimoğlu, M. M., & Büyüktuncer, Z. (2011). Çay ve sağlıkla ilişkisi. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 39(1-2), 59-65.
- Topdaş, E. F. (2018). *Çaşırın (Ferula orientalis L.) esansiyel yağı ile farklı ekstraktlarının antioksidan, antimikrobiyal ve in vitro nöroprotektif aktivitelerinin araştırılması*, Atatürk Üniversitesi
- Fen Bilimleri Enstitüsü* (Tez No. 512042). [Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Topdas, E. F., Sengul, M., Taghizadehghalehjoughi, A., & Hacimuftuoglu, A. (2020). Neuroprotective potential and antioxidant activity of various solvent extracts and essential oil of *Ferula orientalis* L. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 23(1), 121-138. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2020.1729247>
- Turkmen, N., Sari, F., & Velioglu, Y. S. (2006). Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin-Ciocalteu methods. *Food Chemistry*, 99(4), 835-841. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.08.034>
- Turkmen, N., Velioglu, Y. S., Sari, F., & Polat, G. (2007). Effect of extraction conditions on measured total polyphenol contents and antioxidant and antibacterial activities of black tea. *Molecules*, 12(3), 484-496. <https://doi.org/10.3390/12030484>
- Ünalın, D. (2022). *Yeşil çay yaprağından fenolik maddelerin box-behnken deneme deseni kullanılarak ekstraksiyonu ve çay polifenollerile zenginleştirilmiş kraker üretiminin araştırılması* (Tez No. 739402). [Yüksek lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Yağcıoğlu, P. (2015). *Farklı ekstraksiyon metotları ile adaçayı (Salvia officinalis L.) bitkisinden antioksidan ekstraksiyonunun optimizasyonu* (Tez No. 421022). [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Yu, J. M., Ahmedna, M., & Goktepe, P. (2005). Effects of processing methods and extraction solvents on concentration and antioxidant activity of peanut skin phenolics. *Food Chemistry*, 90(1-2), 199-206. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.03.048>
- Zor, M., Şengül, M., Karakütük, İ. A., & Aksoy, S. (2023). Investigation about Various Infusion Conditions on Physical, Chemical and Antioxidant Properties of *Clitoria ternatea* L. Tea. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(3), 1738-1754. <https://doi.org/10.21597/jist.1267541>