



Extraction and Characterization of Color Substance from Avocado (*Persea americana* Mill.) Seed

Hatice Şanhıdere Aloglu^{1,a}, Gülce Bedis Kaynarca^{1,b,*}, Harun Uran^{1,c}

¹Kırklareli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 39100, Kırklareli, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 19.07.2023 Accepted : 21.10.2023</p> <p>Keywords: Avocado seed Natural colorant Waste utilization Phenolic content Antioxidant activity</p>	<p>Three different solvents (ethanol, methanol, and pure water) and two different water baths (ultrasonic and classical) were used to obtain a colour substance from avocado seeds, and lyophilized color substances were compared in terms of yield, water activity, colour, solubility time and some functional properties. It was determined that the ultrasonic water bath had no effect on colorant yield, but the solvents did. The highest yield (~16%) was found in ethanol solvent. Redness (a^*) values were discovered to be higher than yellowness (b^*) values in samples made with ethanol and pure water, while yellowness (b^*) values were discovered to be higher in colorants extracted with methanol. The use of an ultrasonic water bath was found to have no significant effect on the L^*, a^*, and b^* values of colour substances. It was found that the fastest dissolution was in samples extracted using pure water and a hot water bath. The total phenolic content, DPPH IC₅₀, TEAC_{ABTS}, and CUPRAC values of the powdered colour substances were found to be in the ranges of 184,74-308,04 mg g⁻¹ gallic acid equivalent, 10,81-22,47 µg g⁻¹, 1081,31-6011,41 µmol trolox g⁻¹, and 1680,33-3185,74 mM trolox, respectively. It was found that the colour substances that were extracted using methanol in an ultrasonic water bath had the best functional properties. Additionally, between pH 6 and pH 14, it was discovered that the powder colorant is dominated by an orange hue. The conclusion is that this colorant, which is simple to make, can be used as a functional natural colorant in foods in hues ranging from yellow to brick-red.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 11(11): 2072-2079, 2023

Avokado (*Persea americana* Mill.) Çekirdeğinden Renk Maddesinin Ekstraksiyonu ve Karakterizasyonu

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 19.07.2023 Kabul : 21.10.2023</p> <p>Anahtar Kelimeler: Avokado çekirdeği Doğal renklendirici Atık değerlendirilmesi Fenolik madde Antioksidan aktivite</p>	<p>Avokado çekirdeğinden üç farklı çözgen (etanol, metanol ve saf su) ve iki farklı su banyosu (ultrasonik ve klasik) kullanılarak renk maddesi elde edilmeye çalışılmış ve liyofilize renk maddeleri verim, su aktivitesi, renk, çözünürlük süresi ve bazı fonksiyonel özellikler bakımından karşılaştırılmıştır. Araştırma sonucunda ultrasonik su banyosunun renk maddesi verimini etkilemediği fakat çözgenlerin etkilediği sonucuna varılmıştır. En yüksek % verim (~16) etanol çözgeninde bulunmuştur. Etanol ve saf su kullanılan örneklerde kırmızılık (a^*) değerleri sarılık (b^*) değerlerinden daha yüksek bulunurken metanol ile ekstrakte edilen renk maddelerinde ise b^* değerleri daha yüksek bulunmuştur. Renk maddelerinin L^*, a^* ve b^* değerleri üzerine ultrasonik su banyosu kullanımının önemli bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Klasik su banyosu kullanılarak elde edilen örnekler diğer gruplara göre daha hızlı çözünürken en hızlı çözünmenin saf su kullanılarak ekstrakte edilen örneklerde olduğu bulunmuştur. Toplam fenolik madde içerikleri 184,74 ile 308,04 mg g⁻¹ galik asit eşdeğeri arasındadır. Toz renk maddelerinin IC₅₀, TEAC_{ABTS} ve CUPRAC değerleri sırasıyla 10,81-22,47 µg g⁻¹, 1081,31-6011,41 µmol trolox g⁻¹ ve 1680,33-3185,74 mM trolox aralığında bulunmuştur. Fenolik içerik ve antioksidan aktivite gibi fonksiyonel özellikler bakımından incelediğimizde en yüksek değerlerin ultrasonik su banyosunda metanol kullanılarak ekstrakte edilen renk maddelerinde olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca renk maddesinde 6-14 pH değerleri arasında turuncu rengin hakim olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular neticesinde üretimi oldukça kolay olan bu renk maddesinin sarı-kiremit kırmızısı renk tonlarında fonksiyonel bir doğal renk maddesi olarak kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.</p>

^a haticealoglu@klu.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0001-6004-0694>

^b b.gulcebedis@klu.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0001-7896-457X>

^c harunuran@klu.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0002-3161-6698>



Giriş

Avokado (*Persea americana Mill.*) Lauraceae familyasında yer alan her daim yeşil kalabilen çok yıllık bir bitkidir. Avokado meyvesi, büyüklüğü, şekli, rengi ve fitokimyasal içeriği genotipe bağlı olan epikarp (kabuk), mezokarp (posa) ve endokarptan (tohum) oluşan sert çekirdekli bir meyvedir (Rosero ve ark., 2019). Anavatanı Orta Amerika olan avokado, günümüzde ülkemiz dahil pek çok tropik ve subtropik ülkede yetiştirilmektedir (Komaç, 2018). Dünyada avokado üretiminin %72'si Amerika kıtasında yapılmaktadır. Global ölçekte üretimin yaklaşık %28' ini gerçekleştiren (1,9 milyon ton) Meksika üretimde birinci sırayı alırken onu Dominik Cumhuriyeti (601 bin ton) ve Peru (455 bin ton) izlemektedir. Hass ve Fuerte piyasada en fazla yer alan avokado türleridir. FAO, (2019) verilerine göre dünya genelinde avokado üretimi 2017 yılı içinde yaklaşık 6 milyon tona ulaşmıştır. Ülkemizde ise avokado üretimi 2017 yılında 2765 ton iken, 2019 yılında 4209 ton, 2021 yılında ise 9081 tona ulaşmıştır. 2022 yılında ise rekor bir artış ile 40181 tonluk üretim kapasitesine erişmiştir (TUİK, 2022). Avokado meyvesi proteinler, lipitler, karotenoidler, vitaminler, lifler, doymamış yağ asitleri ve polifenoller bakımından oldukça zengindir. Bunların yanı sıra riboflavin, niasin, folat, pantotenik asit, magnezyum, potasyumun C, E, K ve B₆ vitaminleri, lutein, β-karoten, omega-3 ve omega-6 yağ asitleri içermektedir (Demircan ve Velioğlu, 2021). Bu zengin bileşimi sayesinde, son zamanlarda yerel pazarda da sıkça karşımıza çıkmaktadır. Avokado genel olarak taze meyve olarak tüketilmektedir. Fakat son zamanlarda katma değeri yüksek ürün yelpazesinde yer alması için çaba sarf edilmektedir. Avokado sosu, avokado posası ve avokado yağı gibi ürünlerin üretiminin yaygınlaşmasıyla beraber önemli miktarda katı artık olan avokado çekirdeği ortaya çıkmaktadır (Kosińska ve ark., 2012).

Avokado çekirdeği meyvenin önemli bir yüzdesini (%16) oluşturmaktadır. Büyük bir kitleyi oluşturan bu çekirdeğin ticari bir kullanımı bulunmamaktadır (Figueroa ve ark., 2018). Avokado çekirdeği saponin, steroid, terpenoid, tanen, kardiyak glikozit, fenol, karbonhidrat, sinogenetik glikozit ve alkaloid gibi fitokimyasalları içermektedir (Ekom ve ark., 2022). Avokado çekirdeğinin antioksidan, antihipertansif, fungisidal, larvisidal, hipolipidemik ve son zamanlarda amoebisidal ve giardikal aktiviteler gibi biyolojik aktivitelere sahip olduğu bildirilmiştir (Bahru ve ark., 2019). Geçmişte avokado çekirdek ekstraktlarının mürekkep olarak kullanıldığı araştırmalar sonucu ortaya çıkmıştır (Dabas ve ark., 2011). Çekirdek yapısında yer alan bir polifenol oksidazın (PPO) ürettiği potansiyel renk verici maddelerin tarih boyu kullanıldığı yapılan çalışmalarda görülmektedir (Dabas ve ark., 2011). Shegog, (2015), yapmış olduğu çalışmada avokado çekirdeğinin oksijen varlığında ezilmesi sonucu stabil bir turuncu pigment olan perseoranjini oluşturduğu ve bu pigmentin karboksilik asit ve halka bütenolid içeren glikosile edilmiş bir benzotropolon olduğunu ifade etmiştir. Benzotropolonlar genellikle sarı, turuncu, kırmızı veya kahverengi renkte olup siyah çay, yenilebilir mantarlar ve yosunların yapılarında bulunabilmektedir (Hatzakis ve ark., 2019). Polifenoller, avokado

çekirdeğinde bulunan en önemli biyoaktif bileşiklerdendir ve antioksidan, antienflamatuar veya antimikrobiyal özellikleri fenolik bileşikler ile ilişkilidir (Figueroa ve ark., 2018).

Tüketiciler, paketli gıdaları satın alırken koku ve tattan önce renk ve görünüş bakımından uyarılmaktadırlar. Bu yüzden renk tüketici beğenisine uyumlu hatta onu cezbetmelidir (Durazzo ve ark., 2022). Bu amaçla kullanılan yapay renk maddelerinin kanserojenik, alerjik reaksiyonlar ve nörolojik etkiler gibi olumsuz sağlık sonuçları sebebiyle tüketimleri sakıncalı bulunmaktadır (Hatzakis ve ark., 2019). Ayrıca yapay renkler tüketici algısını olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

Gıda boyaları ürünleri renklendirmenin yanı sıra tatlandırmak, korumak, yapıyı geliştirmek, nemlendirmek ve kurutmak amacıyla da kullanılabilir (Durazzo ve ark., 2022). Doğal gıda boyalarını incelediğimizde sarı, turuncu ve kırmızı renklerin eldesinde en fazla karotenoidlerin kullanıldığı görülmektedir. Bu maksatla annatto tohumlarından elde edilen biksin pigmenti (E160b) turuncu renk, kırmızı tatlı biberden elde edilen kapsorubin pigmenti (E160c) turuncumsu kırmızı renk ve havuçtan elde edilen β-karoten pigmenti (E160a) sarı/turuncu renk vermede gıdalarda kullanılmaktadır. Bu karotenoidler bitki, alg ve fotosentetik bakterilerden ekstrakte edilebilmektedir (Grumezescu ve Holban, 2017). E160 kodlu sarı/turuncu renk pigmentleri alkolsüz içecekler, şekerlemeler, kaplamalar, çorbalar, tatlılar, soslar, firın ve süt (özellikle peynir ve margarin) sanayinde kullanılmaktadır (Sezgin ve Ayyıldız, 2019).

Günümüz dünyasında doğal içeriklere olan ilginin artması ve katma değeri yüksek ürünlerin eldesi önem arz etmektedir. Meyve ağırlığının yaklaşık %16'sını oluşturan avokado çekirdeği (Wang ve ark., 2010), ülkemizde neredeyse tamamen atık olarak çıkmaktadır. Bu nedenle, avokado çekirdeğinin doğal renk maddesi eldesinde kullanımı ekonomik değer ve çevresel sürdürülebilirlik bakımından önem arz etmektedir. Bu çalışmada yerel pazarda üretilmiş avokadoların çekirdeklerinden farklı ekstraksiyon metotları ile renk maddesi elde edilmiş ve bu pigmentin fonksiyonel özellikleri incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Avokado çekirdekleri, Kırklareli ilinde bulunan ulusal bir marketten aynı boyut ve olgunlukta olan benzer kabuk rengine sahip avokadoların temin edilmiştir. Çalışmamızda kullanılan metanol (Merck, 106009, Almanya) ve etanol (Merck, 100986, Almanya) analitik saflıktadır.

Yöntem

Avokado çekirdeğinden renk maddesi eldesi

Avokadoların kabuk ve meyve kısımları ayrıldıktan sonra çıkarılan çekirdekler bir bıçak yardımıyla 0,5×0,5×0,5 cm boyutlarında küp küp kesilmiş ardından ağırlıklarının %70'i kadar saf su ile 1 dakika boyunca blender (Waring, 8011ES) ile homojenize edilmiştir. Homojen karışım bir tepsiyeye dökülmüş ve yaklaşık 1 cm kalınlığında yayılmıştır. 5-10 dakikada bir karıştırılmış ve

toplamda 35 dakika oda sıcaklığında inkübe edilmiştir. Yaş olgunlaştırması tamamlanan örnekler etüvde (Nüve, FN055) 1600 rpm hava akışı hızında 35°C'de 16 saat kurutulmuştur. Kurutulan örnekler 1:10 oranında solvent (%70 etanol, %70 metanol ve %100 saf su) ile muamele edilmiştir. Ardından üç farklı solvent kullanılarak hazırlanan karışımlar 2 gruba ayrılmış ve 1. grup sıcak su banyosunda (Wisd, WB-22, Daihan, Kore) 70°C'de 1 saat ekstraksiyona tabi tutulurken 2. grup ultrasonik su banyosunda (ISO LAB, SN2014U10A0002) 70°C'de yine 1 saat boyunca ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyonun sonunda çıkan süpernatantlar uçucu solventlerinden ayrılmak üzere evaporatöre (SCI LOGEX, RE 100-PRO, ABD) alınmıştır. Üstte kalan kısım ise tekrar çözgenle muamele edilmiş ve bu ekstraksiyon yukarıda belirtildiği şekilde toplamda 3 kez tekrarlanmıştır. Çözgenlerinden uzaklaştırılan sulu ekstraktlar önce -20°C'de derin dondurucuda bir gece tutulmuş ardından -80°C'de 24 saat daha tutulduktan sonra 72 saat liyofilize (Teknosem, TRST 4/4 DS, Türkiye) edilmiştir (Arlene ve ark., 2015). Liyofilize edilen kurutulmuş renk maddeleri vakumlu paketlerde karanlık ortamda muhafaza edilmiştir. Sıcak su banyosunda etanol, metanol ve saf su kullanılarak elde edilen toz renk maddeleri sırasıyla; ES, MS ve SS olarak ultrasonik su banyosunda etanol, metanol ve saf su kullanılarak elde edilen toz renk maddeleri ise sırasıyla; EU, MU ve SU olarak isimlendirilmiştir. Üretim aşamaları Şekil 1.'de verilmiştir.

% Verim

Avokado çekirdeklerinden farklı ekstraksiyon metodları ile elde edilen toz renk maddelerinin yüzde verimleri kuru çekirdek ağırlığı üzerinden hesaplanmıştır (Arlene ve ark., 2015). Avokado çekirdeklerinin % kuru madde miktarı oranı $67,2 \pm 0,8$ olarak belirlenmiştir.

Avokado çekirdeğinden elde edilen renk maddesinin renk analizi

Yaş olgunlaştırılmış avokado çekirdeği, kurutulmuş avokado çekirdeği tozu ve avokado çekirdeğinden elde edilen renk maddelerine (ES, MS, SS, EU, MU ve SU) Konica Minolta Chroma Meter CR-400 (Tokyo, Japonya) marka el tipi renk tayin cihazı ile renk analizi yapılmıştır. Örneklerin L^* (parlaklık), a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık) değerleri 5 paralel olacak şekilde okunmuştur (Arslan ve ark., 2021).

Su aktivitesi (a_w)

Toz renk maddelerinin kurutma verimleri hakkında bilgi sahibi olmak için su aktivitesi cihazı (Novasina, Labswift-aw, Lachen, İsviçre) kullanılarak a_w değerleri okunmuştur.

Çözünürlük

Tozların çözünürlüğü, 1 g toz örneğin oda sıcaklığında 100 mL'lik bir cam beher içinde 25 ml damıtılmış su ile çözüldürülmesi ile belirlenmiştir. Örnekler 895 rpm'de manyetik karıştırıcıda, 8 mm × 25 mm'lik manyetik balık kullanılarak tozun tamamen çözülmesi için gereken sürenin kaydedilmesi ile tespit edilmiştir (Osés ve ark., 2021).

Toplam fenolik madde miktarı

Avokado çekirdeği toz renk ekstraktlarına fenolik madde analizi Singleton ve Rossi (1965) tarafından tanımlanan yöntemle göre yapılmıştır. 100 µL Folin-Ciocalteu fenol ayırıcı, 100 µL örnek veya standart gallik asit çözeltileri (100 µL), 2,3 mL saf su ve 1 mL %7'lik sulu

sodyum karbonat çözeltisi karıştırılarak oda sıcaklığında 2 saat bekletilmiş ve ardından 750 nm dalga boyundaki absorpsanları ölçülmüştür. Sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE) g^{-1} olarak hesaplanmıştır.

Antioksidan madde miktarı

Toz ekstraktların antioksidan aktiviteleri, 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit (ABTS), 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) ve bakır (II) indirgeyici antioksidan kapasite (CUPRAC) metodları kullanılarak belirlenmiştir. Metanol ile hazırlanmış 1 mM DPPH çözeltisi (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) yine metanol ile seyreltilmiş toz ekstraktlar ile birleştirilmiştir. Karanlıkta 30 dakikalık inkübasyondan sonra, karışımın absorpsansı UV/Görünür spektrofotometrede (UV-1800 Shimadzu, Shimadzu Corporation Kyoto, Japonya) 517 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Sonuçlar DPPH radikalinin %50'sinin azalmasını sağlayan madde miktarı ($\mu g mL^{-1}$) olarak ifade edilen IC_{50} değerinin % inhibisyon grafiği üzerinden hesaplanması ile belirlenmiştir (Yıldız ve ark., 2019).

ABTS analizi Re ve ark., (1999) tarafından ifade edilen metoda göre yapılmıştır. 2,45 mmol L^{-1} potasyum persülfat çözeltisi ($K_2S_2O_8$) ile elde edilen fosfat tampon çözeltisi (PBS) kullanılarak 7 mmol/l ABTS çözeltisi hazırlanmıştır. Ardından karanlıkta 15-16 saat 25°C'de bekletilmiştir. 734 nm'de nihai absorpsan değerini ($0,700 \pm 0,05$) elde etmek için de PBS kullanılmıştır. Troloks eşdeğer antioksidan kapasite (TEAC) değerleri, troloks kalibrasyon eğrisi kullanılarak hesaplanmıştır.

CUPRAC metodunda ise, 1 mL 0.01 M bakır II klorür, 1 mL 1M amonyum asetat tamponu (pH 7), 1 mL etanol ile hazırlanmış 0,0075 M neokuproin (2,9-dimetil-1,10 fenantrolin), 0,5 ml numune çözeltisi ve 0,6 mL damıtılmış su kullanılarak bir çözelti hazırlanmıştır. Bu karışım karanlıkta 25°C'de 1 saat bekletildikten sonra absorpsanlar 450 nm'de ölçülmüştür. Standart troloks çözeltileri ($0,100 - 0,800 mmol L^{-1}$) kullanılarak bir kalibrasyon eğrisi çizilmiş ve sonuçlar mM troloks eşdeğeri (mM troloks) olarak ifade edilmiştir (Durmuş ve ark., 2020).

Renk maddesinin pH hassasiyeti

Renk maddesinin farklı pH değerlerindeki değişimlerini tespit etmek için toz örnekler 1:200 oranında saf su ile seyreltilmiştir ve tamamen çözülmüştür. Ardından numunelerin pH değerleri 0,1 N hidroklorik asit (HCl) ve 0,1 N sodyum hidroksit (NaOH) tampon çözeltileri kullanılarak pH metre (FE20 FiveEasy, Mettler Toledo Inc., Greifensee, İsviçre) ile 2, 4, 6, 8, 10, 12 ve 14'e ayarlanmıştır. Farklı renklere sahip örnekler bir akıllı telefon kamerası kullanılarak fotoğraflanmıştır (iPhone 12 mini, Apple Inc., Cupertino, CA, ABD). Daha sonra, 400 ile 700 nm dalga boyu aralığındaki tüm numunelerin spektrum taramaları UV/Görünür spektrofotometre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca örneklerin farklı pH değerlerindeki L^* , a^* ve b^* değerleri de ölçülmüştür.

İstatistiksel analiz

Örneklerin istatistiksel değerlendirmesi, tekerrürlü olarak çalışılmış ve ortalamalar arasındaki önemli farklar ($P < 0,05$), SPSS 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) kullanılarak tek yönlü ANOVA ile Duncan'ın çoklu karşılaştırma testi aracılığıyla analiz edilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Avokado çekirdeğinden elde edilen renk maddesinin % verim ve su aktivitesi değerleri

Çözgen olarak etanol, metanol ve saf suyun kullanıldığı, yöntem olarak ise ultrasonik su banyosunun sıcak su banyosu ile karşılaştırıldığı bu çalışmamızda her bir çözgen grubu için yöntemin değiştirilmesinin toz renk maddelerinin verimi üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). İstatiksel olarak en yüksek verim ES (etanol/su banyosu) ve EU (etanol/ultrasonik su banyosu) örneğinde %16,07 ve %16,52 olarak tespit edilmiştir. Bu iki örneği %15,37 verim ile MS örneği takip etmiştir. Çözgen olarak saf suyun kullandığı örnek gruplarında verimin diğer çözgenlere göre oldukça düşük olduğu Çizelge 1.'de görülmektedir ($P<0,05$). Verim üzerine farklı su banyolarının bir etkisinin olmadığı etanolün ise en etkili çözgen olduğu ileri sürülebilir. Distile suyun polaritesinin etanolden daha yüksek olduğu ve etanolün %konsantrasyonu arttıkça polaritenin düştüğü bilinmektedir. Ayrıca düşük polaritenin çözgenin ekstraksiyon kabiliyetini arttırdığı da tespit edilmiştir (Utami ve ark., 2021). Dolayısıyla, saf suyun diğer çözgenlere göre daha düşük verime sahip olması polarite ile açıklanabilir. Utami ve ark., (2021) yapmış oldukları çalışmada %70'lik etanol kullanarak %16,67'lik bir verim elde etmişlerdir. Arlene ve ark., (2015) ise %22,6 ile çalışmamızdan daha yüksek verim sağlamışlardır. Bu sonuçlar metanolün etanole göre daha toksik (Barceloux ve ark., 1999) olması sebebiyle oldukça kıymetlidir.

Farklı çözgenler ve farklı ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilmiş ve liyofilizatörde kurutulmuş toz renk maddelerinin su aktivitesi (a_w) değerlerini incelediğimizde saf su ile ekstraksiyon istatiksel olarak diğer çözgenlere göre a_w değerini düşürmüştür. En düşük a_w değeri SU (saf su/ultrasonik su banyosu) örneğinde bulunurken en yüksek değer ES örneğindedir. Örneklerin a_w değerleri 0,373 ile 0,422 arasında bulunmuştur. Sıcak su banyosunda ekstrakte edilen renk maddelerinin a_w değerleri üzerine farklı çözgenlerin etkisi istatiksel olarak önemli ($P<0,05$) bulunurken ultrasonik su banyosunda etanol ve metanolün etkisinin benzer olduğu tespit edilmiştir ($P>0,05$). Fenolik bileşenler (antosiyaniinler) ve fenolik bileşenler dışında kalan biyoaktif renk bileşenleri (karotenler) için a_w değerleri depolama stabilitesi bakımından oldukça önemli bir parametredir. Ürünlerin bağıl nem değişimine bağlı oksidasyon hızlarının değiştiği bilinmektedir. Ayrıca bu

değer yine ürün kararlılığı hakkında bilgi veren camsılığa geçiş sıcaklığı içinde oldukça önemlidir (Yıldırım ve ark., 2018). Buna göre polaritesi daha düşük olan etanol ve metanolün saf suya göre kurutma işleminin etkinliğini azaltarak ürünlerin kararlılıklarını olumsuz yönde etkilediği ileri sürülebilir.

Toz örneklerin renk analizi

Renk maddelerinin L^* , a^* ve b^* değerleri Çizelge 1.'de verilmiştir. Toz haline getirilmiş avokado çekirdeğinin parlaklık (L^*) değeri istatiksel olarak en yüksek bulunmuştur ve onu yaş olgunlaştırılmış avokado çekirdeği posası takip etmiştir ($P<0,05$). Ekstrakte edilen toz örneklerden, MU hariç diğer tüm örneklerin L^* değerlerinde kayda değer bir azalma meydana gelmiştir. Metanol hariç diğer çözgenler için farklı su banyolarının L^* değeri üzerine etkisi olmadığı ileri sürülebilir. Metanol toz örneklerin L^* değerini daha yüksek tutarken etanol bu değeri oldukça düşürmüştür.

Yaş olgunlaştırılmış avokado çekirdeklerinin kurutulması sonucu kırmızılık (a^*) değerlerinde istatiksel olarak bir azalma gözlenirken ekstrakte edilen toz renk maddelerinde a^* değerinin korunduğu belirlenmiştir. Örneklerin a^* değerleri $30,47\pm 0,90$ ile $32,57\pm 0,22$ arasında değişmektedir. En yüksek a^* değeri ES örneğinde en düşük ise SU ve MS örneklerinde tespit edilmiştir. Aynı çözgenler farklı su banyolarının kullanılması örneklerin kırmızılık değerlerini etkilememiştir ($P>0,05$). Genel olarak a^* değeri üzerine farklı çözgen ve farklı su banyosu kullanımının önemsiz olduğu sonucuna varılmıştır.

Sarılık değeri (b^*) Y (yaş olgunlaştırılmış avokado çekirdeği pulpu) örneğinde 33,38, K (olgunlaştırılmış avokado çekirdeği tozu) örneğinde ise $42,95$ olarak tespit edilmiştir. Kurutma işlemi ile yaş örneğin b^* değeri artış göstermiştir. Şekilde 1'de görüldüğü üzere rengi açılmıştır. K' nin farklı çözgen ve su banyolarında ekstraksiyonu sonucunda örneklerin b^* değerleri istatiksel olarak oldukça azalmıştır ($P>0,05$). Buna bağlı olarak Y'nin kurutulması ile renk maddelerinin olumsuz etkilenmediği sonucuna varılabilir. Toz renk maddelerinin b^* değerleri incelendiğinde en yüksek değerlerin metanol grubunda (MS, MU), en düşük değerlerin ise etanol grubunda (ES, EU) olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlar toz renk maddelerinin L^* değerleri ile paralellik göstermektedir. Alissa ve ark., (2020) yapmış oldukları çalışmada avokado çekirdeği tozlarındaki L^* , a^* ve b^* değerini çalışmamızdan daha düşük tespit etmişlerdir.

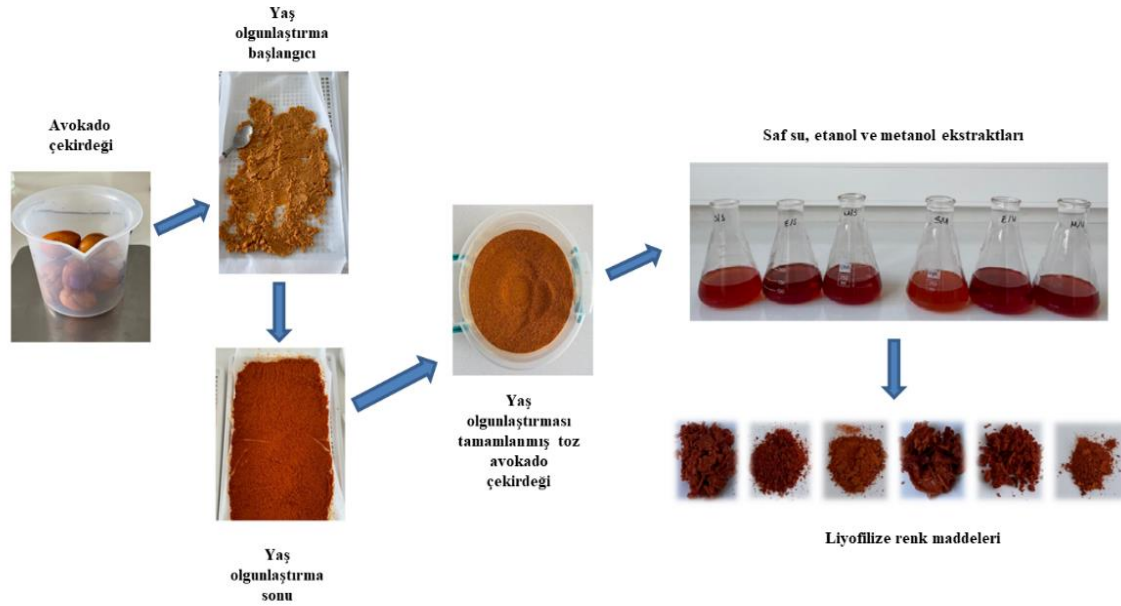
Çizelge 1. Avokado çekirdeğinden ekstrakte edilen toz renk maddelerinin %verim, su aktivitesi ve renk değerleri

Table 1. Yield (%), water activity, and color values of powder color samples extracted from avocado seed

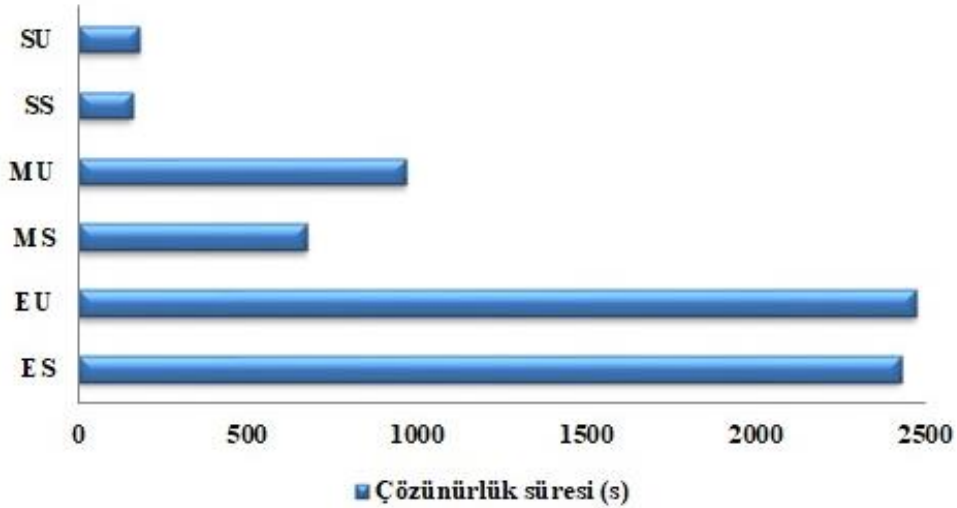
Örnek	L^*	a^*	b^*	Verim (%)	a_w
Y	$42,79\pm 0,52^b$	$31,49\pm 0,51^{ab}$	$33,38\pm 0,80^c$	-	-
K	$53,87\pm 1,95^a$	$25,45\pm 0,54^c$	$42,95\pm 1,89^a$	-	-
ES	$33,71\pm 1,16^e$	$32,57\pm 0,22^a$	$27,83\pm 0,43^{de}$	$16,07\pm 1,04^a$	$0,422\pm 0,001^a$
EU	$33,18\pm 2,21^e$	$31,85\pm 1,68^{ab}$	$25,98\pm 1,60^e$	$16,52\pm 0,76^a$	$0,409\pm 0,001^b$
MS	$39,22\pm 0,32^c$	$31,10\pm 0,79^b$	$34,49\pm 1,34^{bc}$	$15,37\pm 0,55^{ab}$	$0,408\pm 0,002^b$
MU	$42,67\pm 0,23^b$	$31,66\pm 0,57^{ab}$	$36,48\pm 0,58^b$	$14,71\pm 0,70^b$	$0,409\pm 0,001^b$
SS	$36,64\pm 2,18^d$	$31,64\pm 0,81^{ab}$	$28,49\pm 2,27^d$	$2,65\pm 0,25^c$	$0,379\pm 0,001^c$
SU	$37,31\pm 0,72^d$	$30,47\pm 0,90^b$	$29,40\pm 1,35^d$	$2,37\pm 0,07^c$	$0,373\pm 0,001^d$

Y, Yaş olgunlaştırılmış avokado çekirdeği; K, yaş olgunlaştırılması tamamlanmış toz avokado çekirdeği; ES, MS, ve SS sırasıyla ile sıcak su banyosunda etanol, metanol ve saf su ile ekstrakte edilen toz renk maddelerini ifade etmektedir.

^{abc} Aynı sütunda ortalamalar arasındaki istatiksel farklılıkları göstermektedir ($P<0,05$)



Şekil 1. Avokado çekirdeğinden farklı çözümler ile ekstrakte edilen toz renk maddelerinin akım şeması
Figure 1. The time flow diagram of powder color substances extracted from avocado seeds with different solvents



Şekil 2. Avokado çekirdeğinden farklı çözümler ile ekstrakte edilen toz renk maddelerinin çözünme süreleri (s) ES, MS, ve SS sırasıyla ile sıcak su banyosunda etanol, metanol ve saf su ile ekstrakte edilen toz renk maddelerini; EU, MU ve SU ise sırasıyla ile ultrasonik banyosunda etanol, metanol ve saf su ile ekstrakte edilen toz renk maddelerini ifade etmektedir.

Figure 2. The time of dissolution of powder color substances extracted from avocado seeds with different solvents ES, MS, and SS refer to the powdered colorants extracted with ethanol, methanol, and pure water, respectively, in a hot water bath. EU, MU, and SU, on the other hand, represent the powdered colorants extracted with ethanol, methanol, and pure water, respectively, in an ultrasonic bath.

Çözünürlük süresi

Çözünürlük, tozların suda çözelti veya süspansiyon oluşturma kabiliyeti hakkında bilgi veren en önemli parametrelerden biridir. Gıdalara katkı maddesi olarak ilave edilecek tozların yüksek çözünürlük kabiliyetine sahip olması beklenmektedir. Bir tozun çözünürlüğü, hammadde içeriği, nem içeriği, partikül boyutu ve partikülün amorf yapıda olup olmaması gibi özelliklerden etkilenmektedir (Tontul ve Topuz, 2017). Çalışmamızda elde edilen renk maddelerinin oda sıcaklığındaki çözünürlük süreleri Şekil 2.'de karşılaştırılmıştır.

Çözgen olarak metanolün kullanıldığı örneklerde ultrasonik su banyosu ile elde edilen liyofilize ekstraktların çözünürlük süreleri klasik su banyosunda elde edilen renk

maddelerinden daha uzun bulunmuştur. Renk maddelerinin çözünürlük süreleri 169 ile 2429 saniye arasında değişiklik göstermektedir. Genel olarak çözünürlük süresi üzerine farklı su banyolarının önemli bir etkisinin olmadığı fakat farklı çözümlerin önemli değişikliklere sebep olduğu açıktır. Toz örnekler arasında en hızlı çözünme saf su ile ekstrakte edilen örneklerde bulunurken onu metanol izlemiştir. En geç çözünme ise etanol ile ekstrakte edilen örneklerde olmuştur. Genel olarak, hidrofobik bileşenler daha zayıf çözünme özelliği gösterir (Saraç ve ark., 2021). Bu durum etanolün suya göre çok daha fazla hidrofobik bileşeni ekstrakte etmesi ile açıklanabilir.

Toz renk maddelerinin fonksiyonel özellikleri

Fenolik bileşikler bitkilerin yapısında bulunan sekonder metabolitlerdir. Bu bileşiklerin antioksidan potansiyelleri ve tüketimleri ile çeşitli hastalıkların önlenmesi arasındaki ilişki günümüzde büyük ilgi uyandıran konuların başında gelmektedir (Jiménez-Velázquez ve ark., 2020). Ayrıca antioksidan aktiviteleri sayesinde serbest radikallerin emilmesinde ve nötralize edilmesinde, tekli ve üçlü oksijenin söndürülmesinde veya peroksitlerin ayrışmasında önemli rol oynadıkları bilinmektedir (Alissa ve ark., 2020). Figueroa ve ark., (2018) yapmış oldukları çalışmada avokado çekirdeklerinin hidroksibenzoik asit ve hidroksisünamik asit bakımından oldukça zengin olduklarını bunları ise tannin, kateşin ve fenolik alkollerin izlediğini tespit etmişlerdir. Çalışmamızda bulunan toplam fenolik madde içerikleri 184,74 ile 308,04 mg GAE g⁻¹ arasında değişmektedir. Alissa ve ark., (2020) yapmış oldukları çalışmada toplam fenolik madde miktarını çalışmamızdan yüksek (367,13 mg GAE g⁻¹) bulurken; Dabas ve ark., (2011) ve Arlene ve ark., (2015)'nin sonuçları çalışmamızla paralellik göstermektedir. Fenolik madde bakımından en zengin içeriğin MU (metanol/ultrasonik su banyosu) ve EU örneğinde olduğu bunları sırasıyla MS (metanol/su banyosu) ve ES örneklerinin takip ettiği Çizelge 2.'de görülmektedir. Buna göre istatistiksel olarak etkili çözünenin metanol olduğu onu ise etanolün takip ettiği tespit edilmiştir (P<0,05). Ayrıca fenolik madde üzerine ultrasonik su banyosunun daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır (P<0,05). Çalışmamızda saf su ile ekstrakte edilen örneklerin fenolik madde içerikleri Arlene ve ark.,

(2015)'nin metanol ile ekstrakte ettikleri bazı örnek gruplarının kayda değer şekilde daha yüksek bulunmuştur.

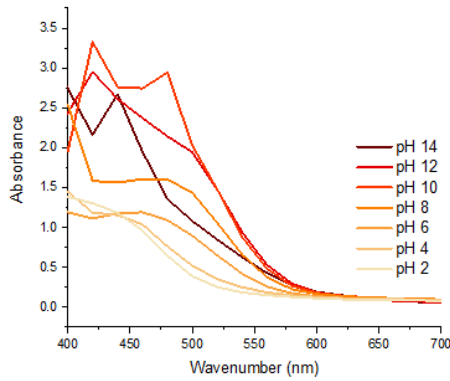
Renk maddelerinin TEAC_{ABTS} değerleri 1081,31-6011,41 µmol troloks g⁻¹ arasında değişmektedir. Metanol ile ekstrakte edilen örneklerde farklı su banyolarının kullanılması TEAC_{ABTS} değerlerini değiştirmemiştir (P>0,05). Etanol ve saf su kullanıldığında ise en iyi sonuçlar sıcak su banyosu kullanılarak gerçekleştirilen yöntemde bulunmuştur. En yüksek değer MU ve MS örneğinde bulunurken onları ES örneği takip etmiştir. Saf su kullanılan örneklerde ise TEAC_{ABTS} değerleri diğer örneklerden yaklaşık 4 kat daha az bulunmuştur. TEAC_{ABTS} değerlerine paralel olarak CUPRAC değerleri de en yüksek metanol çözgeni en az da saf su kullanılan örneklerde bulunmuştur. Genel olarak farklı su banyolarının kullanılması CUPRAC değerini istatistiksel olarak etkilememiştir (P>0,05). Renk maddelerinin antioksidan aktivite derecesi DPPH radikalini %50 inhibe eden konsantrasyon (IC₅₀) üzerinde verilmektedir (Alissa ve ark., 2020). Dolayısıyla IC₅₀ değeri ne kadar düşüğe antioksidan aktivite o kadar yüksek demektir. IC₅₀ değerlerini incelediğimizde örneklerin ES, EU ve MS örnekler istatistiksel olarak birbirine benzerdir. Aynı şekilde MS, MU ve ES örnekleri arasında da istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Metanol ve etanol çözünenleri için farkı su banyolarının IC₅₀ değeri üzerine önemli bir etkisi bulunamazken saf su ile ekstrakte edilen renk maddelerinde ultrasonik su banyosu ile elde edilen renk maddelerinin antioksidan aktivitelerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Avokado çekirdeğinden ekstrakte edilen toz renk maddelerinin fonksiyonel özellikleri

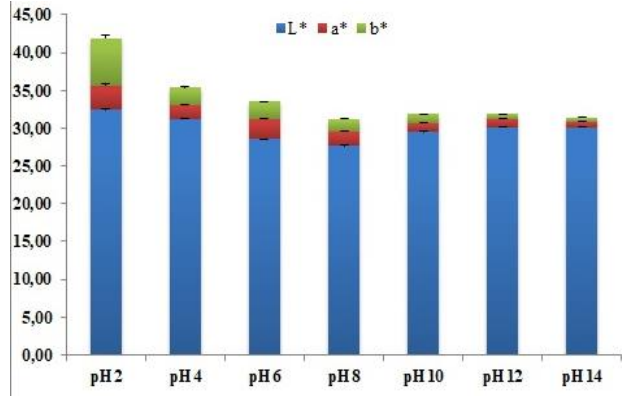
Table 2. Functional properties of powder color substances extracted from avocado seed

Örnek	TEAC _{ABTS} µmol troloks g ⁻¹	CUPRAC (mM troloks)	DPPH IC ₅₀ (µg g ⁻¹)	Toplam Fenolik Madde mg GAE g ⁻¹
ES	5957,12±41,28 ^b	2860,27±18,32 ^b	11,54±0,51 ^{ab}	267,64±2,60 ^c
EU	5524,05±5,74 ^c	2808,35±6,89 ^b	12,01±0,16 ^b	299,64±1,80 ^{ab}
MS	5980,85±13,61 ^{ab}	3159,57±16,53 ^a	11,18±0,18 ^{ab}	293,54±0,50 ^b
MU	6011,41±3,11 ^a	3185,74±56,47 ^a	10,81±0,79 ^a	308,04±3,60 ^a
SS	1846,17±25,09 ^d	1780,87±15,15 ^c	20,90±1,07 ^c	184,74±2,70 ^e
SU	1081,31±12,52 ^e	1680,33±110,19 ^d	22,47±0,31 ^d	205,14±11,50 ^d

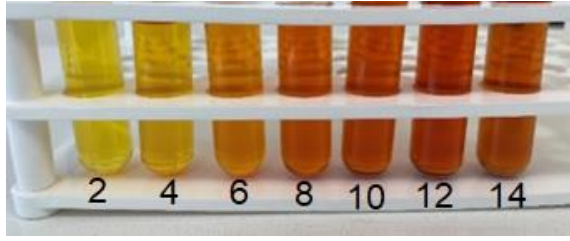
ES, MS, ve SS sırasıyla ile sıcak su banyosunda etanol, metanol ve saf su ile ekstrakte edilen; EU, MU ve SU ise sırasıyla ile ultrasonik banyosunda etanol, metanol ve saf su ile ekstrakte edilen toz renk maddelerini ifade etmektedir, ^{a-c} Aynı sütunda ortalamalar arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir (P<0,05)



Şekil 3. MU (metanol/ultrasonik su banyosu) örneğinin farklı pH değerlerindeki spektrum taraması
Figure 3. Spectrum scanning of MU (methano/ultrasonik bath) sample according to different pH values



Şekil 4. MU (metanol/ultrasonik su banyosu) örneğinin farklı pH değerlerine bağlı L*, a* ve b* değerlerindeki değişim
Figure 4. Change in L*, a*, and b* values due to different pH values of MU (methano/ultrasonik bath) sample



Şekil 5. MU (metanol/ultrasonik su banyosu) örneğinin farklı pH değerlerine bağlı değişimi

Figure 5. Change of MU (methano/ultrasonic bath) sample depending on different pH values.

Toz renk maddesinin pH hassasiyeti

Fonksiyonel ve renk özellikleri bakımından en iyi örnek olarak seçilen MU örneğinin farklı pH değerlerine bağlı olarak UV/Görünür spektrofotometrede taramaları gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Şekil 3'te verilmiştir. pH:2'de 655 nm'de pik veren avokado çekirdeği renk maddesi pH:4 ile 12 arasında 490-432 nm dalga boylarında arasında pik vermiştir. Pik noktaları Dabas ve ark., (2011)'nin pik aralığı ile benzerlik göstermektedir

MU örneğinin farklı pH değerlerindeki L^* , a^* ve b^* değerlerinde meydana gelen değişimler ise Şekil 4.'te verilmiştir. pH değeri 2'den 14'e yükseldikçe b^* değerinde ciddi bir azalma meydana gelmiştir. L^* değerindeki azalma ve artışa bağlı olarak a^* değeri de değişiklik göstermiştir. Şekil 5'te örneklerin renklerinden de anlaşılacağı üzere pH:8'den sonra L^* , a^* ve b^* değerlerinde büyük değişimler meydana gelmemiştir. Avokado çekirdeğinden elde edilen renk maddelerinin nötr pH değerlerinde daha stabil oldukları ileri sürülebilir.

Genel olarak avokado çekirdeğinden ekstrakte edilen toz örneklerin asidik pH değerlerinde sarılık değerlerinin kırmızılık değerlerinden daha yüksek olduğu pH değeri 6-10 arasında ise a ve b değerlerinin farkın istatikselsel olarak önemsiz olduğu pH 12-14 arasında ise kırmızılık değerinin sarılık değerinden büyük olduğu sonucuna varılmıştır.

Sonuç

Farklı çözümler kullanılarak avokado çekirdeklerinden renk maddesi eldesi üzerine ultrasonik su banyosunun fonksiyonel özellikler dışında renk parametreleri ve verimi etkilemediği sonucuna varılmıştır. Fonksiyonel özellikler ve çözünürlük süresi bakımından metanol ile ekstrakte edilen renk maddeleri daha üstün özelliklere sahipken renk parametreleri ve verim göz önünde bulundurulduğunda etanolün daha etkili bir çözümler olduğu sonucuna varılmıştır. Saf su kullanılarak elde edilen renk maddelerinde verimin oldukça düşük olmasına karşın toz renk maddelerinin iyi bir çözünürlük, a_w ve a^* değeri gösterdiği tespit edilmiştir. Tüm bu bulgular neticesinde metanolün avokado çekirdeğinden renk maddesi eldesinde daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Toplam fenolik madde bakımından zengin, yüksek antioksidan aktiviteye sahip ve eldesi oldukça kolay olan bu renk maddesinin asidik ürünlerde sarı, daha bazik ürünlerde ise turuncu doğal renk maddelerine alternatif bir ürün olarak değerlendirilebileceği tahmin edilmektedir. Ayrıca bu çalışmanın, atık niteliğindeki bir materyalin katma değeri yüksek bir katkıya dönüştürülerek geri kazanılması açısından da önem arz ettiği ve bu alanda yapılabilecek çalışmalara referans olabileceği düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Alissa K, Hung YC, Hou CY, Lim GCW, Ciou JY. 2020. Developing new health material: The utilization of spray drying technology on avocado (*Persea americana* Mill.) seed powder. *Foods*, 9(2): 139. doi.org/10.3390/foods9020139
- Arlene AA, Prima KA, Utama L, Anggraini SA. 2015. The preliminary study of the dye extraction from the avocado seed using ultrasonic assisted extraction. *Procedia Chemistry*, 16: 334-340. doi: 10.1016/j.proche.2015.12.061
- Arslan A, Soysal Y, Keskin M. (2021). Infrared drying kinetics and color qualities of organic and conventional sweet red peppers. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(2), 260-272. doi.org/10.33462/jotaf.750623
- Bahru TB, Tadele ZH, Ajebe EG. 2019. A review on avocado seed: functionality, composition, antioxidant and antimicrobial properties. *Chemical Science International Journal*, 27(2), 1-10. doi: 10.9734/CSJI/2019/v27i230112
- Barceloux DG, Krenzelok EP, Olson K, Watson W. 1999. American Academy of Clinical Toxicology Practice Guidelines on the Treatment of Ethylene Glycol Poisoning. *Journal of toxicology. Clinical toxicology*, 37(5): 537-560. doi: 10.1081/clt-100102445
- Dabas D, Elias RJ, Lambert JD, Ziegler GR. 2011. A colored avocado seed extract as a potential natural colorant. *Journal of food science*, 76(9): C1335-C1341. doi: 10.1111/j.1750-3841.2011.02415.x
- Demircan B, Velioglu, YS. 2021. Avokado: Bileşimi ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Akademik Gıda*, 19(3): 309-324. doi.org/10.24323/akademik-gida.1011228
- Durazzo A, Carochio M, Heleno S, Barros L, Souto EB, Santini A, Lucarini M. 2022. Food dyes and health: Literature quantitative research analysis. *Measurement: Food*, 7: 100050. doi.org/10.1016/j.meaf.2022.100050
- Durmuş F, Sinir GÖ, Şahin KG, Çopur ÖU. 2020. Farklı Çeşitlerden Üretilen Enginar (*Cynara cardunculus* var. *Scolymus* L.) Reçellerinin Fizikokimyasal Özellikleri ve Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(2): 191-202. doi.org/10.33462/jotaf.621277
- Ekom SE, Tamokou JDD, Kuete V. 2022. Methanol extract from the seeds of *Persea americana* displays antibacterial and wound healing activities in rat model. *Journal of Ethnopharmacology*, 282, 114573. doi: 10.1016/j.jep.2021.114573.
- FAO Statal Databases. 2019. <http://faostat.fao.org> Erişim Tarihi: 25.03.2023
- Figueroa JG, Borrás-Linares I, Lozano-Sánchez J, Segura-Carretero A. 2018. Comprehensive characterization of phenolic and other polar compounds in the seed and seed coat of avocado by HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS. *Food Research International*, 105: 752-763. doi: 10.1016/j.foodres.2017.11.082
- Grumezescu AM, Holban AM. (Eds.). 2017. *Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes* (Vol. 7). Academic Press.
- Hatzakis E, Mazzola EP, Shegog RM, Ziegler GR, Lambert J.D. 2019. Perseorangin: A natural pigment from avocado (*Persea americana*) seed. *Food Chemistry*, 293: 15-22. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.04.064.
- Jiménez-Velázquez P, Valle-Guadarrama S, Alia-Tejagal I, Salinas-Moreno Y, García-Cruz L, Pérez-López A, Guerra-Ramírez D. 2020. Separation of bioactive compounds from epicarp of 'Hass' avocado fruit through aqueous two-phase systems. *Food and Bioproducts Processing*, 123: 238-250. doi: 10.1016/j.fbp.2020.07.004
- Komaç F. 2018. Düşük kolesterol ve yağ içerikli mayonez üretiminde avokado püresinin kullanım olanaklarının araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi) Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

- Kosińska A, Karamać M, Estrella I, Hernández T, Bartolomé B, Dykes GA. 2012. Phenolic compound profiles and antioxidant capacity of Persea americana Mill. peels and seeds of two varieties. Journal of agricultural and food chemistry, 60(18): 4613-4619. doi: 10.1021/jf300090p
- Osés SM, Cantero L, Crespo M, Puertas G, González-Ceballos L, Vallejos S, Sancho MT. 2021. Attributes of ling-heather honey powder obtained by different methods with several carriers. LWT-Food Science and Technology, 150: 112063. doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112063
- 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. doi: 10.1016/s0891-5849(98)00315-3
- Rosero JC, Cruz S, Osorio C, Hurtado N. 2019. Analysis of phenolic composition of byproducts (seeds and peels) of avocado (Persea americana Mill.) cultivated in Colombia. Molecules, 24(17): 3209. doi: 10.3390/molecules24173209
- Saraç MG, Türker DA, Doğan M. 2021. Ticari Öneme Sahip Toz Süt Ürünlerinin Morfolojik Yapısı ve Toz Akış Özelliklerinin Belirlenmesi. Gıda, 46(1): 119-133. doi.org/10.15237/gida.GD20108
- Sezgin AC, Ayyıldız S. 2019. Çocukların tükettiği atıştırmalık gıdalarda kullanılan renklendiricilere ilişkin bir araştırma. OPUS International Journal of Society Researches, 11(18): 877-913. doi.org/10.26466/opus.552795
- Shegog RM. 2015. Characterization of perseoranjin, a natural orange pigment from avocado (Persea americana) seed, and its uses as a natural food colorant.(Yüksek lisans tezi) The Pennsylvania State University The Graduate School, PA.
- Singleton VL, Rossi JA 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16: 144-158. doi: 10.5344/ajev.1965.16.3.144
- Tontul I, Topuz A. 2017. Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties. Trends in food science & technology, 63: 91-102. doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.009
- TÜİK, 2022. T.C. Hazine ve Maliye Bakanlığı Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2022-45504>. Erişim Tarihi: 24.03.2023
- Utami H, Agustin VT, Novirianti L, Darni Y, Lesmana D, Tagaki R. 2021. The Leaching of Natural Dyes from Avocado (Persea americana Mill) Seeds Using the Ultrasonic-Assisted Extraction Method and Its Application on Cellulose Fibers. Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan, 16(2): 100-108. doi: 10.23955/rkl.v16i2.20140
- Wang W, Bostic TR, Gu L. 2010. Antioxidant capacities, procyanidins and pigments in avocados of different strains and cultivars. Food Chemistry, 122(4): 1193-1198. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.03.114
- Yıldırım A, Duran M, Koç M. 2018. Su Aktivitesinin ve Farklı Kurutma Sistemlerinin Biyoaktif Bileşenlerin Stabiliteleri Üzerine Etkisi. Gıda, 43(3). doi.org/10.15237/gida.GD18023
- Yıldız G, Aktürk C, Özerkan M, Yılmaz Ö. 2019. Linum arboreum L.(Linaceae) Türünün Antioksidan İçeriği ve Serbest Radikal Süpürücü Aktivitesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 22: 16-23. doi.org/10.18016/ksutarimdog.a.vi.530120