

Avokado yağının karakteristik özellikleri ve üretim teknolojisi

Ezgi GENÇ¹
Aslı YILDIRIM-VARDİN²
Aslı YORULMAZ³

Geliş tarihi / Received: 21.09.2021

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 19.11.2021

Kabul tarihi / Accepted: 21.10.2021

DOI: 10.17932/IAU.ABMYOD.2006.005/abmyod_v16i64003

Özet

Avokado yağı, Lauraceae familyasında yer alan ve Persea Americana Mill olarak adlandırılan meyvelerden elde edilen bir yağdır. Avokado meyvesinin hem pulp hem de çekirdek kısmı yağ içermesine rağmen, çekirdek kısmının düşük miktardaki yağ içeriği nedeniyle ticari avokado yağı meyvenin pulp kısmından ekstrakte edilmektedir. Soğuk pres avokado yağı, herhangi bir ısıl işlem veya organik çözücü kullanılmadan zeytinyağına benzer bir teknoloji ile üretilmektedir. Avokado yağının ekstraksiyonuna yönelik mikrodalga, ultrases, süperkritik akışkan ekstraksiyonu ve enzimatik ekstraksiyon gibi tekniklerin kullanıldığı araştırmalar da literatürde yer almaktadır. Avokado yağının özellikle kimyasal bileşimi ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle son yıllarda gıda endüstrisinde kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Avokado yağının başlıca yağ asidi oleik asit olup, bunu sırasıyla linoleik ve palmitik asitler izlemektedir. Yapısında

1. Öğr. Gör. Ezgi Genç, İstanbul Gelişim Üniversitesi, Gıda İşleme Bölümü, İstanbul

*Sorumlu Yazar E-posta: egenc@gelisim.edu.tr, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9772-6283>

2. Araş. Gör. Aslı YILDIRIM VARDİN, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Aydın, E-posta: asli.yildirim@adu.edu.tr, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5898-1209>

3. Doç. Dr. Aslı YORULMAZ, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Aydın E-posta: asliyorulmaz@adu.edu.tr, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4446-6585>

yer alan karotenoidler arasında ise lutein, neoksantin, anteraksantin ve violaksantin bulunmaktadır. Ayrıca bileşiminde tokoferol homologlarından α -, β -, γ - ve Δ -tokoferolleri barındırmaktadır. Avokado yağı ekstraksiyonu sonrası açığa çıkan başlıca yan ürünler küspe, çekirdek, kabuk ve atık sudur. Bu yan ürünler günümüzde farklı şekillerde değerlendirilmeye çalışılsa da henüz atık yönetimine ilişkin yaygın kullanım alanı bulan bir çözüm bulunamamıştır. Günümüzde avokado yağının gıda endüstrisinde kullanımına yönelik avokado yağının yenilebilir film üretiminde kullanımı, yapılandırılmış lipitlerin üretiminde kullanımı, biyobozunur polimerlerin üretiminde kullanımı ve farklı formülasyonlara sahip emülsiyonların üretiminde kullanımı şeklinde yaklaşımlar bulunmaktadır. Çalışmanın amacı avokado yağının karakteristik özellikleri, üretim teknolojisi ve gıda endüstrisinde kullanımına ilişkin güncel bilgilerin sunulmasıdır.

Anahtar kelimeler: *Avokado, avokado yağı, oleik asit, yağ ekstraksiyonu*

Characteristic properties and production technology of avocado oil

Abstract

*Avocado oil is obtained from the fruit of the Lauraceae family called *Persea Americana* Mill. Although the pulp and seed of the avocado fruit contain oil, commercial avocado oil is extracted from the pulp part due to the low fat content of the seed. Cold pressed avocado oil is produced with a technology similar to olive oil without any heat treatment or organic solvent. The studies using techniques such as microwave, ultrasound, supercritical fluid extraction, and enzymatic extraction for the extraction of avocado oil are also included in the literature. The use of avocado oil in the food industry has become widespread in recent years, especially due to its chemical composition and functional properties. The main fatty acid of avocado oil is oleic acid followed by linoleic and palmitic acids, respectively. Among its carotenoids, there are lutein, neoxanthin, anteraxanthin,*

and violaxanthin. It also contains α -, β -, γ - ve Δ -tocopherols among tocopherol homologues. The main by-products released after avocado oil extraction are pulp, seed, shell, and waste water. Although these by-products are tried to be evaluated in different ways today, no common solution regarding waste management has been found yet. Today, there are different approaches for the usage of avocado oil in the food industry such as the use of avocado oil in the production of edible films, in the production of structured lipids, in the production of biodegradable polymers and in the production of emulsions with different formulations. The aim of the study is to present current information about the characteristic features, production technology and the usage of avocado oil in the food industry.

Keywords: *Avocado, avocado oil, oil extraction, oleic acid.*

Giriş

Lauraceae familyasının yaprak dökmeyen üyelerinden birisi olan avokado; aynı familyaya üye olan 45 cins ve 2.850 türden oluşmaktadır. Dünya tanımlanmış 100'den fazla avokado çeşidi mevcuttur. Farklı avokado çeşitleri farklı fiziksel özellikler gösterebilmekte ve zamanlarda meyve vermektedir. Diğer meyvelerden farklı olarak avokadonun olgunlaşma süreci ağaçtan toplandıktan sonra başlamaktadır (Tan ve ark., 2021).

Avokado (*Persea americana*), dünya çapında yüksek bir üretim potansiyeline sahiptir (Krumreich ve ark., 2019). Meyvenin ilgi uyandırmasının temelerinde içeriğindeki sağlığa faydaları yer almaktadır. Bu bileşenler 100 g bir avokadonun yaklaşık 6,80 g lif, 2,35 mg tokoferol, 87 mg karotenoid, 83 mg sterol, 8,80 mg C vitamini, 507 mg potasyum, 0,13 g omega-3 ve 1.67 g omega-6 yağ asidi içermesi ile özetlenebilir. Belirtilen bu içerik sayesinde avokado Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü tarafından fonksiyonel gıda kategorisinde ele alınmaktadır (Dreher & Davenport, 2013; Tan ve ark., 2021).

Avokado yağı, çekirdeğin yağ içeriğinin düşük olması ve çekirdekten elde edilen yağın hepatotoksik olması sebebi ile meyve kısmından üretilmektedir (Qin & Zhong, 2016). Avokado meyvesi %30 yağ içeriğine

sahiptir. Bu meyveden elde edilen yağın %25'inin doymuş ve %75'i çoklu doymamış yağ asitlerinden (oleik ve palmitoleik asit) oluşmaktadır (Aktar & Adal, 2019). Avokado yağı gerek oleik asit içeriği gerekse üretim teknolojisi ile zeytinyağına benzer özellikler göstermektedir. Bu yağ tıpkı zeytinyağında olduğu gibi fiziksel teknikler ile üretilmektedir (Santana ve ark., 2019). Üretilen yağ doğrudan satışa sunulabildiği gibi (Flores ve ark., 2019), biyobozunur polimerlerin üretimi (Flores-Sánchez ve ark., 2017), nanoemülsiyonların üretimi (Arancibia ve ark., 2017) gibi çeşitli kullanım alanları da bulmaktadır.

Bu derleme; tüketicide sağlıklı beslenme bilincinin artması ile günümüzün popüler meyvelerinden birisi haline gelen, zengin fitokimyasal kompozisyonu ile tüketiciye yüksek besleyicilik vaad eden avokado meyvesi ve bu meyveden yağ özütlenmesi hakkında detaylı bir bilgi sunmayı ve bu yağın gıda endüstrisindeki çeşitli kullanımlarını derleyerek bilgi sunmayı hedeflemektedir.

Dünyada ve Türkiye'de avokado üretimi

Dünyada avokado yetiştiriciliğinde önemli ülkelerden biri olan Meksika, 5,6 milyon ton ile dünya avokado üretiminin %34'ünü karşılamaktadır. Endonezya, Peru, Dominik Cumhuriyeti ve Kolombiya ise toplam üretimin %30'unu gerçekleştirmektedir.

Avokado tüketimi son zamanlarda başta Avrupa ve Asya olmak üzere küresel bir artış göstermiştir ve avokado uluslararası ticarete önemli bir meyve haline gelmiştir. Nispeten yüksek maliyetli ancak besleyici bir besin maddesi olan avokado son zamanların oldukça popüler besinleri arasında yer almaktadır (Serrano & Brooks, 2019). Bu popülerite, insanların sağlıklı beslenme konusunda bilinçlenmesi, sosyal medyada artan avokado popüleritesi ve yemeye hazır avokadoların artan erişilebilirliği ile ilişkilendirilmektedir (Juma ve ark., 2019). Dünya üzerinde avokado

yetiştiriciliği yaklaşık 70 ülke ile sınırlıdır (Akkaya ve Dalkılıç, 2019). Yetiştirilme alanının bu kadar kısıtlı olması, yüksek besin içeriği ve kendine has tadı sebebiyle avokado pazarda yüksek fiyatlara alıcı bulabilen kıymetli bir besindir ve ekonomik değeri gittikçe artmaya devam etmektedir (Bayram ve ark., 2006).

Ülkemizde avokado yetiştiriciliği denemeleri 1970’li yılların başında Antalya, Dalaman-Muğla, Alata-Mersin, Adana ve İskenderun-Hatay ekolojik koşullarında başlamıştır. Denemeler, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) aracılığıyla, Kaliforniya’dan getirilen ‘Fuerte’, ‘Hass’, ‘Bacon’ ve ‘Zutano’ olmak üzere 4 önemli ticari çeşit ile gerçekleştirilmiştir. Bu çeşitler bölgeye uyum sağlayabilmiş ve Türkiye’nin Akdeniz sahil kuşağındaki bazı alanların bu çeşitlerin yetiştiriciliğine uygun olduğu belirtilmiştir (Bayram ve ark., 2006). Günümüzde Akdeniz bölgesinde yer alan Antalya, Mersin ve Muğla illerinde önemli miktarda avokado üretimi gerçekleştirilmektedir. Bunlardan Antalya ili Türkiye avokado üretiminin yaklaşık %75-80’ini karşılamaktadır (Bayram, 2010). Antalya ilinin Alanya ve Gazipaşa ilçelerinde yetiştirilen Fuerte çeşidi avokado coğrafi işareti tescil edilmiş ve “Alanya Avokadosu” olarak adlandırılmıştır. Buna ek olarak Hatay ilinde az miktarda (%2-5) da olsa avokado üretimi gerçekleştirilmektedir. Ülkemizdeki yıllık avokado üretimi 1997 yılından (225 ton) 2018 yılına (3164 ton) kadar geçen sürede 14 kat artış göstermiştir (Öner ve ark.). Son 5 yılın verileri daha yakından incelenecek olursa, ülkemizde 2015 yılında 38 bin meyve veren ağaç ile 1850 ton avokado üretimi yapılırken, 2020 yılına gelindiğinde 87 bin meyve veren ağaç ile 5923 ton avokado üretimi gerçekleştirildiği görülmüştür (TÜİK, 2021).

Avokado meyvesi hakkında genel bilgiler

Avokado (*Persea americana* Mill.) büyük çoğunlukla 30° ve aşağısındaki kuzey-güney enlemindeki tropikal ve subtropikal bölgelerde yetişen

Lauraceae familyasına ait yaprak dökmeyen bir bitkidir (Liu ve ark., 2021). Avokadonun bu familya adı altında 45 cins ve 2850 türü bulunmaktadır. Orta Amerika’da yetiştirildiği bilinen avokado ağacı tamamen büyüdüğünde 20 m yüksekliğe ve yaprakları 15–25 cm uzunluğa ulaşmaktadır. Bu ağacın dal uçlarının yakınında spiral şeklinde iyi gelişmiş yaprak sapları vardır (Tan ve ark., 2021). Avokado, üç botanik gruba ayrılır. Bunlar tropikal ova Batı Hint ırkı, tropikal yayla (veya serin subtropikal) Meksika ırkı ve tropikal yayla (veya sıcak subtropikal) Guatemala ırkıdır. Modern vejetatif olarak çoğaltılan “subtropikal” çeşitlerin çoğu, şans eseri veya üstün fidelerden seçilen, Meksika ve Guatemala ırkları arasındaki kısmi melezlerdir (Juma ve ark., 2019). Dünya çapında bilinen 100’den fazla avokado çeşidi bulunmaktadır ve çeşitlerin meyve verme zamanları birbirinden farklıdır (Tan ve ark., 2021). Bu çeşitler arasında “Gwen”, “Maluma”, “Choquette”, “Lula” ve “Hass” dünya avokado üretiminin %80’ini oluşturmaktadır (Liu ve ark., 2021).

Avokado meyvesi hasattan sonra olgunlaşmaktadır. Bu olgunlaşma oda sıcaklığında yaklaşık 5-7 gün sürmektedir (Bullo, 2021). Çeşide göre değişebilmekle birlikte meyveler olgunlaştıklarında yeşil, kahverengi, morumsu veya siyah; şekil olarak ise armuta benzer veya küresel olabilirler (Kathula, 2021). Genel olarak avokado meyvesi kabuk, meyve eti ve çekirdeği olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Türe göre çeşitlilik göstermekle birlikte meyve ağırlığı 108.84 g-405.09 g arasında değişim göstermektedir. Meyvenin yaklaşık %55.68-76.88’i meyve eti, %11.80-27.51’i çekirdek ve %7.81-12.74’ü kabuktan oluşmaktadır. Meyvenin yağ içeriği %11.23-18.80 ve nem içeriği %70.41-82.85 aralığında yer almaktadır (Costagli & Betti, 2015; Gómez-López, 2002).

Avokado meyve eti yaklaşık %67-78 nem, %13.5-24 yağ, %0.8-4.8 karbonhidrat, %1.0-3.0 protein, %0.8-1.5 kül ve %1.4-3.0 liften

oluşmaktadır. Meyvenin pulp kısmı 140-228 kcal enerji içeriğine sahiptir (Bullo, 2021; Gómez-López, 2002). Avokado çekirdeği ise yaklaşık %49.3 karbonhidrat, %17.9 yağ, %15.55 protein, %15.10 nem ve %2.26 kül içermektedir (Ejiofor ve ark., 2018). Ayrıca çekirdekte oksalat (%14.98), düşük miktarda tanen (%6.98) ve fitik asit (%3.18) varlığı tespit edilmiştir. Avokadonun kabuk kısmı ise yüksek miktarda nem, daha düşük miktarlarda ise yağ, protein, lif, kül ve benzeri bileşenleri içermektedir (Bullo, 2021).

Yağlı bir meyve olarak bilinen avokadonun hem mezokarp hem de çekirdek kısımları yağ içermesine rağmen, çekirdek kısmının yağ içeriğinin düşük olması (<%2) ve çekirdeğin hepatotoksik özellikte olması nedeniyle, avokado yağı meyvenin pulp kısmından elde edilmektedir (Ozdemir & Topuz, 2004; Tan, 2019). Meyve olgunlaştıkça yağ içeriği artış gösterir. Meyvenin ticari olarak satışa sunulabilmesi için yağ içeriğinin en az %8 seviyelerine ulaşması beklenmektedir. Ancak olgunlaştıktan sonra yağ içeriği %20'lere ve bunun da üstüne çıkabilmektedir. Avokado yağı %71 tekli doymamış yağ asidi, %13 çoklu doymamış yağ asidi ve %16 doymuş yağ asidi içermektedir (Dreher & Davenport, 2013). Meyvenin baskın yağ asidi oleik asittir. Diğer önemli yağ asitleri arasında daha az miktarlarda bulunan linoleik ve palmitik asitler yer almaktadır. Yağ asidi kompozisyonu avokadonun olumlu sağlık etkileri ile yakından ilişkilendirilir (Hurtado-Fernández ve ark., 2018). Olgunlaşma ile birlikte yağ miktarı arttığı gibi yağ asidi kompozisyonunda değişiklikler meydana gelir. Olgunlaşma ile meyvede doymamış yağ asitleri artış gösterirken, doymuş yağ asidi içeriği azalmaktadır (Ozdemir & Topuz, 2004).

Avokado yüksek besleyiciliği ve fitokimyasal içeriği ile son yıllarda öne çıkan meyvelerden biridir (Bhuyan ve ark., 2019). Avokado tekli doymamış yağ asitlerine ilave olarak B, C, E ve K grubu vitaminler, diyet lifi, D-mannoheptuloz ve perseitol, potasyum, magnezyum, karotenoidler,

fenolikler, fitosteroller ve terpenoidleri içermektedir (Jiménez Patiño ve ark., 2020). Avokadonun yapısında yer alan oleik asit; β -sitosterol, kampesterol ve stigmasterol gibi fitosterollerin hem kolesterol hem de kardiyovasküler hastalıklar üzerinde olumlu etkilere sahip olduğu bildirilmiştir. Avokado meyvesinin *in vivo* koşullarda deney fareleri üzerinde yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) miktarını artırdığı, düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) miktarını ise düşürdüğü, bu sayede plazma kolesterol seviyesini düzenlediği gösterilmiştir (Olagunju ve ark., 2017; Pahua-Ramos ve ark., 2014).

Avokado yağı

Avokado meyvesinden elde edilen önemli endüstriyel ürünlerden biri avokado yağıdır. Bu yağ sağlık ve kozmetik ürünlerinde bir bileşen olarak kullanılabilirdiği gibi yemeklik yağ olarak da tüketilebilmektedir. Avokado yağı, çekirdeğin düşük yağ içeriği ve çekirdek yağının hepatotoksik etkisi nedeniyle mezokarptan elde edilmektedir (Qin & Zhong, 2016). Avokado yağının önemli miktarlarda üretilmesi, ticarileşmesi ve pazarlanması yirmi birinci yüzyılda gerçekleşmiştir. Soğuk preslenmiş avokado yağının yıllık üretim hacmi yaklaşık 2000 ton olup, başlıca üretimi Yeni Zelanda, Meksika, Şili, Amerika Birleşik Devletleri ve Güney Afrika tarafından gerçekleştirilmektedir (Berasategi ve ark., 2012).

Avokado yağının kullanım alanları

Geçmiş yıllarda avokado yağı meyveden çoğunlukla organik çözücüler ve/veya yüksek sıcaklıklar uygulanarak elde edilir ve daha sonra yağ istenmeyen safsızlıkların giderilmesi ve nötr tada sahip bir yağ üretimi amacıyla kısmen veya tamamen rafine edilirdi. Ancak özellikle deodorizasyon aşamasında yüksek sıcaklığın (>200°C) etkisi ile yağdaki fitosteroller, fenolikler ve karotenoidler gibi ısıya duyarlı önemli biyoaktif

bileşenlerin kaybı sebebiyle günümüzde rafine edilmemiş yemeklik yağlara olan ilgi artmıştır. Buna bağlı olarak kendine has tadı, aroması ve yüksek biyoaktif içeriği ile rafine edilmeden de tüketilebilen avokado yağı üretimi popülerliğini korumaktadır (Tan, 2019). Rafine edilmemiş ham avokado yağı yüksek klorofil içeriği sebebi ile yeşilimsi bir renge sahiptir (Knothe, 2013). Avokado meyvesinden preslenerek elde edilen yağ direkt olarak tüketilebilir, salatalara eklenebilir ve gıdaların hazırlanmasında kullanılabilir. Bu yağ aynı zamanda sabunlaşmayan madde, karotenoid, klorofil, tokoferol ve fenolik içeriğinin antioksidan ve anti-inflamatuar etkileri sebebiyle sağlık üzerine olumlu etkilere sahiptir (Santana ve ark., 2019). Avokado yağı cilt için kullanıldığında egzama gibi rahatsızlıkları tedavi edici özelliğe sahiptir. Ayrıca insanlar tarafından sindirimi ve emilimi kolaydır. Gıda olarak tüketildiğinde kötü kolesterole bağlı arterioskleroza ve diyabete bağlı serebral mitokondriyal disfonksiyonu önleyici etkisi bulunmaktadır (Liu ve ark., 2021).

Avokado yağının özellikleri

Avokado yağı, zeytinyağına benzer şekilde meyveden elde edilen bir yağdır ve özellikle naturel zeytinyağı ile ekstraksiyon işleminin birçok ilkesi ortaktır (Santana ve ark., 2019). Naturel avokado yağı yaklaşık %13.41-19.25 doymuş yağ asidi (DYA), %65.29-71.31 tekli doymamış yağ asidi (TDYA) ve %11.30-16.41 çoklu doymamış yağ asidi (ÇDYA) içermektedir. Benzer şekilde rafine avokado yağında %12.48-17.00 DYA, %70.60-72.68 TDYA ve %12.20-14.70 ÇDYA bulunmaktadır. Naturel avokado yağının temel yağ asitlerini oleik (%59.46-67.69), palmitik (%12.79-17.50) ve linoleik (%10.50-15,15) asitler oluşturmaktadır (Tan, 2019). Yapılan çalışmalarda avokado yağının temel trigliserit profili yaklaşık %21.41-34.69 triolein (OOO) ve %19.65-24.68 palmitodiolein (POO) olarak tanımlanmıştır (Tan ve ark., 2017). Ayrıca avokado yağı

β -sitosterol, kampesterol ve stigmasterol gibi fitosterolleri de içermektedir (Olagunju ve ark., 2017). Yağın kimyasal bileşimi avokadonun çeşidi ve hasat zamanı ile de yakından ilişkilidir. Takenaga ve arkadaşları (2008) tarafından yapılan çalışmada Fuerte, Bacon ve Hass çeşitlerinin yağ içeriği sırasıyla %18.7, %21.8 ve %18.2 olarak bildirilmiştir. Her üç çeşit için de baskın yağ asidi oleik asit iken; Fuerte, Bacon ve Hass çeşitleri için oleik asit içeriği sırasıyla %54, %58 ve %46 olarak rapor edilmiştir. Bir başka çalışmada Breda çeşidinden elde edilen avokado yağında yaklaşık %58 oleik, %21 palmitik, %7 palmitoleik ve %11 linoleik asit tespit edilmiştir (Takenaga ve ark., 2008). Avokado yağı yüksek miktardaki tekli doymamış yağ asidi, antioksidan, vitamin ve fitosterol içeriğine sahip olması ile fonksiyonel özellikler göstermektedir (Berasategi ve ark., 2012). Abaide ve arkadaşları (2017) tarafından yapılan çalışmada, sıvılaştırılmış petrol gazı ve süperkritik CO₂ ekstraksiyonu ile elde edilen avokado yağlarında sırasıyla %0.9-6.8 stigmasterol, %26.2-29.3 palmitik asit, %54.5-59.5 oleik asit ve %11.9-13.0 linoleik asit sidatif stabilitesinin incelendiği çalışmalar da mevcuttur. Şili’de ticari olarak satılan iki farklı avokado yağının oksidatif stabilitesinin değerlendirildiği bir çalışmada avokado yağının asitliği %0.44-0.56; peroksit değeri 8.01-12.95 meq O₂/kg yağ; K₂₇₀ ve K₂₃₂ değerleri sırayla 0.17-0.72 ve 3.16-4.19 olarak bildirilmiştir. Buna ek olarak yağın polar bileşenleri 5.93-6.95 olarak rapor edilmiştir. Yağlarda 42.6 ve 56.9 mg kg⁻¹ fenol varlığı tespit edilmiştir (Flores ve ark., 2014). Aktar and Adal (33) Aktar ve Adal (2019) tarafından yapılan çalışmada avokado yağının 25°C’de 210 günlük tahmini raf ömrüne sahip olduğu ve karakteristik özelliklerinin zeytinyağına benzediği bildirilmiştir (Aktar & Adal, 2019). Berasategi ve arkadaşları (2012) tarafından yapılan çalışmada 180°C’de ısıtma işlemi ile zeytinyağı ve avokado yağının stabiliteleri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonuçları ısıtma işlemi başlangıcı ve sonunda avokado yağının fitosterol miktarının zeytinyağına göre daha yüksek, tokoferol miktarının ise daha düşük olduğunu göstermiş; avokado

yağının stabilitesinin zeytinyağına benzer özellikte olduğu bildirilmiştir (Berasategi ve ark., 2012).

Avokado yağının kalite ve saflık parametrelerini belirten resmi bir standart yürürlükte olmadığı için ürünün farklı yağlarla taşıdığı söz konusu olabilmektedir. Konuya ilişkin yapılan bir çalışmada Amerika’da ticari olarak satılan 22 farklı avokado yağının kalite ve saflık parametreleri ile minör bileşenleri değerlendirilmiş ve avokado yağlarının soya yağı ile önemli oranlarda taşıdığı tespit edilmiştir (Krumreich ve ark., 2018).

Avokado yağı ekstraksiyon teknikleri

Özellikle içerdiği yağ miktarıyla ön plana çıkan ve *Persea americana* Mill meyvelerinden elde edilen avokado yağı farklı tekniklerle ekstrakte edilmektedir. Avokado yağı üretimi için ilk olarak ham avokado meyvesi yıkanır, kabukları soyulur ve çekirdeği çıkarılır. Daha sonra uygulanacak olan ekstraksiyon metoduna göre meyvenin mezokarp kısmı dehidrasyon veya pulverizasyon gibi ön işlemlere tabi tutulur. Üretilen yağın naturel avokado yağı olarak adlandırılabilmesi için yağın naturel yöntemlerle üretilmesi ve üretim işlemleri sırasında sıcaklığın 50°C’nin üzerine çıkmaması, ayrıca yağın rafine edilmemiş olması gerekmektedir. Avokado yağı üretimi için kullanılan teknikler başlıca soğuk presleme, süperkritik ve kritik altı karbondioksit yardımıyla ekstraksiyon, enzim destekli ekstraksiyon, ultrases ve mikrodalga destekli ekstraksiyon ile geleneksel solvent ekstraksiyonudur.

Soğuk presleme yöntemiyle avokado yağı ekstraksiyonu ilk olarak Werman ve Neeman tarafından 1987 yılında yapılan çalışmada gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada avokadonun mezokarp kısmı santrifüjleme işlemi öncesinde 1:3 oranında su ile seyreltilmiş ve uygun bir pH derecesinde (4.5-8), 25-85°C sıcaklıkta, %0-8 sodyum klorür çözeltisi ile 30 dakika süreyle

karıştırılmıştır. Çalışmada gıda uygulamaları için uygun nitelikte, solvent kullanılmadan santrifüjleme yöntemiyle avokado yağı elde edilebileceği gösterilmiştir (Werman & Neeman, 1987). Finau (2007) tarafından yapılan çalışmada avokado yağının mezokarpın 45-49°C’de yaklaşık 2 saat süreyle malakse edilmesi, ardından da 12000 g’de yaklaşık olarak 1 saat süreyle santrifüjlenmesiyle laboratuvar ölçekli olarak üretilebileceği görülmüştür. Ayrıca soğuk presleme (%74.5) yöntemiyle elde edilen avokado yağı veriminin sokslet ekstraksiyonu (%67.4) yöntemiyle elde edilen yağ verimine göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Finau, 2011) Soğuk pres avokado yağı 2008 yılında Yeni Zelanda’da ticari olarak üretilmeye başlanmıştır (Wong ve ark., 2008). Soğuk pres avokado yağının ticari olarak üretiminde ilk olarak meyveler kabuktaki toz, kir ve pestisit kalıntılarının uzaklaştırılması amacıyla su ile yıkanmakta, ardından meyvenin kabukları soyularak çekirdeği çıkarılmakta ve mezokarp kabuk ve çekirdekten arındırılmaktadır. Sonraki aşamada mezokarp içerisinde yer alan yağ içeren hücrelerin parçalanması amacıyla meyve kırma işlemine tabi tutularak ezme formuna getirilmektedir. Ezme sonrasında 40-50°C’de 60-90 dakika süreyle malakse edilerek yağ içeren hücrelerden yağın dışarı sızması sağlanmaktadır. Malaksiyonun ardından sıvı faz (su ve yağ) katı fazdan (küspe) dekantasyon ile 3000-4000 rpm’de ayrıştırılmaktadır. Son aşamada su ve yağın ayrılması amacıyla sıvı faz disk santrifüjden geçirilmekte ve soğuk pres avokado yağı elde edilmektedir. Güncel soğuk presleme yöntemiyle avokado yağı üretim tekniklerinde boyut küçültme/ kırma işlemi uygulanmamakta, onun yerine kabuk soyma ve çekirdek çıkarma işlemleri sırasında sabit hızda dönen paletler kullanılmakta ve bu paletler yardımıyla mezokarp malaksiyon işlemi için uygun hale getirilmektedir (Tan, 2019; Wong ve ark., 2014). Ayrıca son yıllarda üç çıkışlı yeni bir dekantör santrifüj sistemi geliştirilmiş ve bu sayede malakse edilen avokado ezmesinin doğrudan yağ, su ve yağı alınmış avokado ezmesi olarak üç faza ayrılmasına olanak sağlanmıştır (Costagli

& Betti, 2015). Soğuk presleme yöntemiyle naturel avokado yağı eldesinin avantajı bu tekniğin herhangi bir ön işlem gerektirmemesidir. Dezavantajı ise ekipman yatırım maliyetlerinin yüksek olduğunun belirtilmesidir (Tan, 2019).

Mekanik pres yardımıyla ekstraksiyon olarak da bilinen ekspeller pres yardımıyla ekstraksiyon tekniği dünya genelinde yemeklik yağ üretiminde yaygın olarak kullanılan teknolojilerden birisidir. Avokado mezokarpı yüksek düzeyde nem içerdiğinden dolayı herhangi bir ön işlem uygulanmadan doğrudan preslenmesi oldukça zordur (Santana ve ark., 2015). Bu nedenle ekspeller pres yardımıyla avokado yağı ekstrakte edilmeden önce mezokarp genellikle güneş altında kurutulmaktadır. Güneş altında kurutulan avokado mezokarpından elde edilen yağın ekstraksiyon verimi %79.4-90.3 olarak bildirilmiştir (Southwell ve ark., 1990). Diğer yandan fanlı fırında kurutulduktan sonra ekstrakte edilen mezokarpın ekstraksiyon verimi (%25) sokslet yöntemine (%55) kıyasla oldukça düşük bulunmuştur (Tan ve ark., 2017). Santana ve arkadaşları (2015) tarafından yapılan çalışmada ise presleme yöntemiyle elde edilen avokado yağı veriminin %55.7-61.2 olduğu bildirilmiştir (Santana ve ark., 2015). Ekspeller pres ile naturel avokado yağı üretiminin avantajı bu yöntemin basit olması ve yatırım maliyetinin düşük olmasıdır. Diğer yandan işlem öncesinde avokado mezokarpının suyunun uzaklaştırılmasının gerekmesi, sıcaklığın 50°C altında tutulması gerekliliği ve verimin sokslet yöntemine göre daha düşük olması yöntemin dezavantajlarını oluşturmaktadır (Tan, 2019).

Kritik altı CO₂ sokslet ekstraksiyonu ve CO₂-sokslet ekstraksiyonu olarak da bilinen subkritik karbondioksit ekstraksiyonu (SCO₂), kritik basınç (72.9 bar) ve kritik sıcaklık (31.1°C) altında karbondioksit kullanılarak gerçekleştirilen bitkisel dokulardan yağ ekstraksiyonu işlemidir (Tunna ve ark., 2018). Kritik altı karbondioksit ekstraksiyonu yöntemiyle sızma

avokado yağı üretimi Tan ve arkadaşları (2018) tarafından yapılan çalışmada gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan SCO_2 sistemi kondensör, ekstraktör ve ısı değiştirici olmak üzere üç bölümden oluşmuştur. Avokado yağı ekstraksiyonu $27^{\circ}C$ sıcaklıkta, 68 bar basınçta, 7.5 saat sürede gerçekleştirilmiştir. SCO_2 yöntemiyle elde edilen ekstraksiyon verimi %21 olarak belirtilmiştir (Tan ve ark., 2018). Kritik altı karbondioksit ekstraksiyonu yöntemiyle avokado yağı üretiminin avantajları CO_2 'nin maliyetinin düşük olması, uygulanması gereken işlem sıcaklığı ve basıncın süperkritik karbondioksit ekstraksiyonuna göre daha düşük olmasıdır. Diğer yandan yöntemin dezavantajları ise işlem öncesi avokado mezokarpının dehidre edilmesi ve toz haline getirilmesine gerek olması, yatırım maliyetlerinin yüksek olması ve verimin sokslet ekstraksiyonuna göre daha düşük olmasıdır (Tan, 2019).

Yemeklik yağların enzim destekli ekstraksiyonu hücre duvarlarının parçalanması ve yağ içeren hücrelerden yağın dışarı sızmasının sağlanması ile gerçekleştirilmektedir. Buenrostro ve López-Munguia (1986) tarafından yapılan çalışmada avokado yağı eldesi amacıyla a-amilaz, selülaz, proteaz ve bunların karışımları kullanılmıştır. Çalışmada ilk olarak avokado ezmesi 1:4 oranında su ile karıştırılmış ardından üzerine %1 düzeyinde enzim ilavesi yapılmış ve ezme $40^{\circ}C$ 'de 1 saat süreyle inkübasyona bırakılmıştır. Ardından santrifüjleme yöntemiyle yağ ayrılmıştır. En yüksek yağ verimi (%70) a-amilaz enzimi kullanıldığında elde edilmiş, bunu proteaz (%51) ve selülaz (%42) izlemiştir. Diğer enzimlerin a-amilaz ile kombinasyonu ekstraksiyon verimi artışı üzerinde etkili olmamıştır. Çalışma bulguları enzimlerin hücre yapısı üzerindeki spesifik etkisinin öneminin bir kez daha altını çizmiş ve avokado mezokarpında yüksek oranda bulunan nişastanın a-amilaz tarafından parçalanması ile yağın hücresel matristen kolayca ekstrakte edilebildiğini göstermiştir (Buenrostro & López-Munguia, 1986). Enzimatik sulu ekstraksiyon yöntemiyle naturel avokado

yağı üretiminin avantajları düşük enerji tüketimi ve sulu ortamın aynı zamanda fosfolipitlerin yağdan ayrılmasına imkân sağlamasıdır. Yöntemin dezavantajları ise enzim maliyetlerinin yüksek olması ve verimin sokslet yöntemine göre daha düşük olmasıdır (Tan, 2019). Enzimatik sulu ekstraksiyon yönteminin yanında avokado yağı ekstraksiyonu enzim destekli solvent ekstraksiyonu ve enzim destekli ekspeller pres yöntemiyle ekstraksiyon şeklinde de gerçekleştirilebilmektedir. Konuya ilişkin Santana ve arkadaşları (2015) tarafından yapılan çalışmada avokado yağı hem enzim destekli solvent ekstraksiyonu hem de enzim destekli ekspeller pres ekstraksiyonu yöntemleriyle elde edilmiştir. Çalışmada %0.05 düzeyinde pektinaz, kurutma (45-60°C) işlemi öncesinde avokado ezmesine ilave edilmiştir. Enzimin pulp içerisine ilavesinin ardından solvent ekstraksiyonu veya ekspeller pres ile ekstraksiyon işlemi uygulanmış ve enzim ilavesinin yağ verimini artırmadığı belirtilmiştir (Santana ve ark., 2015).

Ultrasen teknolojisini de avokado meyvesinden yağ ekstraksiyonunda kullanılmış ve konuya ilişkin Tan ve arkadaşları (2017) tarafından yapılan çalışmada avokado yağının ultrasonik su banyosu yardımıyla ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Çalışmada toz haline getirilen avokado ilk olarak su ile 1:4, 1:5 ve 1:6 oranlarında seyreltilmiş ve 40 kHz frekansa sahip ultrasonik su banyosunda 20-40°C’de 10-30 dakika süreyle ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Ardından örnek ekspeller pres yardımıyla preslenmiş ve son aşamada santrifüjlenerek avokado yağı elde edilmiştir. En yüksek ekstraksiyon verimi 1:6 avokado tozu:su oranı, 35°C işlem sıcaklığı ve 30 dakika işlem süresi ile elde edilmiştir. Bu koşullar altında elde edilen ekstraksiyon verimi %15 olarak belirtilmiş, karşılaştırma amacıyla kullanılan sokslet yöntemiyle elde edilen ekstraksiyon verimi ise %21 olmuştur (Tan ve ark., 2017). Konuya ilişkin Segura ve arkadaşları (2018) tarafından yapılan çalışmada ultrasonik dönüştürücü kullanılarak avokado yağı ekstraksiyonu gerçekleştirilmiş ve malaksiyon işlemi

öncesinde 1.73 MHz'de 1 dk süreyle ultrases uygulaması ile ekstraksiyon verimi %40 düzeyinde artırılmıştır (Segura ve ark., 2018). Martínez-Padilla ve arkadaşları (2018) tarafından yapılan çalışmada ise malakse edilmiş ve edilmemiş avokado ezmesi ultrases uygulamasına tabi tutulmuş ve santrifüjleme işlemi sonrasında düşük (18+40 kHz) ve yüksek (2 MHz) frekanslar uygulanarak ekstraksiyon veriminin artırılabilceği gösterilmiştir (Martínez-Padilla ve ark., 2018). Ultrases destekli ekstraksiyon yöntemiyle naturel avokado yağı üretiminin avantajları basit ve maliyeti çok yüksek olmayan bir teknoloji olması, ekstraksiyon süresinin kısa olması, hücresel dokulara solvent penetrasyonunun çok yüksek olması ve sulu ortamın aynı zamanda fosfolipitlerin yağdan ayrılmasına imkân sağlamasıdır. Diğer yandan yöntemin dezavantajlarını uzun sonikasyon süresinin biyoaktif bileşenlerin degradasyonuna neden olması ve sokslet yöntemine kıyasla düşük ekstraksiyon verimi oluşturmaktadır (Tan, 2019).

Bitkisel hammaddelerden yemeklik yağların eldesinde kullanılan mikrodalga teknolojisi avokado meyvesinden yağ ekstraksiyonunda da kullanılmıştır. Ancak konuyla ilişkili yapılmış çok sayıda araştırma bulunmamaktadır. Konuya ilişkin Moreno ve arkadaşları (2003) tarafından yapılan çalışmada mikrodalga teknolojisi ile ekstrakte edilen avokado yağı verimi diğer yöntemlerle karşılaştırılmış ve mikrodalga kurutma ve solvent ekstraksiyonu uygulanan yöntemin verimi sokslet yöntemi ve aseton ile gerçekleştirilen solvent ekstraksiyonu yöntemlerine göre daha yüksek bulunmuştur (Moreno ve ark., 2003). Ayrıca solvent ekstraksiyonu uygulandığında yağın daha fazla zarar gördüğü bildirilmiştir. Benzer şekilde Reddy ve arkadaşları (2012) tarafından yapılan çalışmada mikrodalga destekli ekstraksiyon ile elde edilen yağların tekli doymamış yağ asidi içeriği daha yüksek bulunmuştur (Reddy ve ark., 2012). Ortiz ve arkadaşları (2004) tarafından yapılan çalışmada da mikrodalga destekli ekstraksiyon işlemi ile hücre yapısında çok az değişiklik meydana gelmiş ve avokado

yağının hem kalite hem de kantitesi olumlu yönde etkilenmiştir (Ortiz ve ark., 2004). Mikrodalga teknolojisi kullanılarak elde edilen avokado yağı düşük asitlik ve yüksek oksidatif stabiliteye sahip olduğundan doğrudan yemeklik yağ olarak kullanılabilceği bildirilmektedir (Santana ve ark., 2015).

Solvent ekstraksiyonu laboratuvar ölçekli olarak avokado yağı eldesinde kullanılan bir diğerk tekniktir (Tan & Ghazali, 2019). Bu amaçla kullanılan solventler genellikle polar olmayan yapıdaki hekzan ve petrol eteri ile alkol bazlı etanol, izopropil alkol ve asetondur. Konuya ilişkin Mostert ve arkadaşları (2007) tarafından yapılan çalışmada hekzan ile ekstrakte edilen avokado yağının yüksek miktarda gamlar, fosfolipitler ve vakslar gibi trigliserit yapısında olmayan bileşenleri içerdiği gösterilmiştir (Gatbonton ve ark., 2013). Santana ve arkadaşları (2015) tarafından yapılan çalışmada avokado yağının ekstraksiyonunda karıştırma bazlı bir solvent ekstraksiyon tekniği kullanılmıştır. Çalışmada kurutulmuş avokado pulpu 60°C’de etanol ile veya 45°C’de petrol eteri ile farklı oranlarda karıştırılarak ekstrakte edilmiştir. Petrol eterinin ekstraksiyon veriminin etanole göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Santana ve ark., 2015). Gatbonton ve arkadaşları (2013) tarafından yapılan çalışmada ise alkol bazlı organik çözenlerin polar yapıda olmayan organik çözenlere göre ekstraksiyon verimi üzerinde daha etkili olduğu gösterilmiştir (Mostert ve ark., 2007). Amerikan Resmi Analitik Kimyacılar Birliği (AOAC) tarafından geliştirilmiş olan resmi ham avokado yağı ekstraksiyon yöntemi birçok araştırmada kullanılmıştır (Abaide ve ark., 2017; Tan ve ark., 2018). Standardize edilmiş bu metotta avokado yağı petrol eteri veya hekzan kullanılarak sokset düzeneği yardımıyla 8-12 saat süreyle 60-70°C’de ekstrakte edilmektedir. Ardından solvent evaporasyon yardımıyla uçurularak yağ fazı elde edilmektedir.

Avokado yağının rafinasyonu

Uygulanan ekstraksiyon teknolojisi ve koşulları ile meyve kalitesinden bağımsız olarak, ham avokado yağı, yağın kalitesini etkileyecek düzeyde yüksek miktarda serbest yağ asidi içerebilmektedir (Santana ve ark., 2015). Bu nedenle özellikle yüksek sıcaklık ve/veya organik solventler ile ekstrakte edilen avokado yağının rafine edilmesi önerilmektedir (Yahia, 2011). Avokado yağı rafinasyonunun temel amacı istenmeyen bileşenlerin etkin şekilde uzaklaştırılması ve yağın yapısında bulunması istenen biyoaktif bileşenler gibi maddelerin minimum kayba uğramasının sağlanmasıdır. Diğer yandan yağın stabilitesinin ve tüketici beğenilirliğinin artırılması amaçlanmaktadır (Tan & Ghazali, 2019). Avokado yağının rafinasyonu nötralizasyon, ağartma, deodorizasyon ve vinterizasyon olmak üzere dört basamaktan oluşmaktadır (Finau, 2011; Tan & Ghazali, 2019). Ham avokado yağı içerdiği yüksek miktardaki klorofil nedeniyle genellikle yeşilimsi bir renge sahiptir. Renk pigmentlerinin giderilmesi amacıyla aktif veya doğal ağartma toprakları kullanılarak uygulanan ağartma işlemi ile renk açılmakta, ardından istenmeyen kokuya neden olan bileşenlerin uzaklaştırılması amacıyla avokado yağı deodorize edilmektedir. Ağartma işlemi sırasında ayrıca sabun kalıntıları, fosfolipitler ve metaller gibi safsızlıklar da ağartma toprağının adsorpsiyon etkisi ile yağdan uzaklaştırılmaktadır. Arzu edilmeyen aroma bileşenleri ile uçucu bileşenler ve hidroperoksitler ise sonraki deodorizasyon aşamasında ayrıştırılmaktadır. Hem fitosteroller, tokoferoller, doğal aroma vericiler gibi aktif bileşenlerin korunması, hem de *trans* yağ asitlerinin oluşumu, polimerizasyon ve okside trigliseritlerin oluşumu gibi istenmeyen reaksiyonların önlenmesi amacıyla deodorizasyon işlemi rafinasyondan çıkarılabilmektedir. Bunun haricinde avokado yağına yüksek ergime noktasına sahip bileşenlerin uzaklaştırılabilmesi amacıyla vinterizasyon işlemi uygulanabilmektedir (Yahia, 2011). Rafinasyon sonucu elde edilen rafine avokado yağı açık sarı renkte ve nötr tatta olup, sağlık üzerine olumlu

etkileri bulunan biyoaktif bileşenleri daha az miktarda içermektedir (Tan & Ghazali, 2019).

Avokado yağı üretimi sırasında açığa çıkan yan ürünler

Ticari olarak üretilen soğuk pres avokado yağı üretimi sırasında açığa çıkan başlıca yan ürünler küspe, çekirdek, kabuk ve atık sudur (Permal, Chang, Seale, ve ark., 2020). Avokadonun işlenmesi sonucu açığa çıkan atıkların miktarı ve kompozisyonu çeşide göre hatta bazı durumlarda aynı çeşit içerisinde bile değişiklik göstermektedir (Araújo ve ark., 2018).

Avokado yağı üretimi sırasında en büyük miktarda ortaya çıkan ve çevre için risk oluşturan atık, atık sudur (Permal, Chang, Seale, ve ark., 2020). Atık su yüksek miktardaki hacmi (her bir avokado meyvesi için yaklaşık 0.45 L) nedeniyle doğrudan kanalizasyon şebekesine boşaltılmadığından dolayı üreticiler için ciddi bir problem oluşturmaktadır. Atık suyun bertaraf edilebilmesi için üreticiler harici transfer sistemlerine ihtiyaç duymaktadır, bu durum ise maliyeti oldukça artırmaktadır. Avokado yağı üretimi sırasında açığa çıkan atık su %53.8 yağ, %22.2 besinsel lif, %17.9 kül, %10.3 protein ve %0.9 karbonhidrattan oluşmaktadır (Permal, Chang, Seale, ve ark., 2020). Soğuk pres avokado yağı üretimi sırasında açığa çıkan atık suyun değerlendirilmesine yönelik yapılan bir çalışmada (Permal, Chang, Seale, ve ark., 2020) atık su başarılı bir şekilde kurutulmuş ve lipit peroksidasyonunu engellemesi amacıyla sosis formülasyonuna dahil edilmiştir. Ancak çalışmada toz ürün veriminin düşük olduğu belirtilmiştir. Permal ve arkadaşları (2020) tarafından yapılan çalışmada ise atık su benzer şekilde püskürtmeli kurutma yöntemiyle kurutulmuş ve lipit oksidasyonuna etkisinin belirlenmesi ve doğal koruyucu olabilme niteliğinin araştırılması amacıyla hayvansal yağ içerisine ilave edilmiş ve atık sudan elde edilen

tozun etkinliğinin bütillendirilmiş hidroksitoluen (BHT), bütillendirilmiş hidroksianisol (BHA) ve sodyum eritorbat gibi ticari katkı maddelerine benzer olduğu belirtilmiştir (Permal, Chang, Seale, ve ark., 2020).

Avokado pulpundan yağ ekstraksiyonu sonrasında avokado meyvesinin %21-30'u katı atık olarak açığa çıkmaktadır (López-Cobo ve ark., 2016). Bunlardan avokado çekirdeği yüksek miktardaki nişasta içeriği ile ön plana çıkmaktadır. İçerdiği yaklaşık %30 düzeyindeki polisakkarit miktarı avokado çekirdeğini alternatif bir nişasta kaynağı durumuna getirmektedir (Domínguez ve ark., 2014; Lacerda ve ark., 2014). Avokado nişastasının ayrıca bazı fiziksel, kimyasal, biyolojik ve fizikokimyasal işlemlerden geçirildikten sonra biyoetanol kaynağı olarak kullanılabilmesi de belirtilmiştir (Araújo ve ark., 2018). Diğer yandan avokado çekirdeği düşük miktarlarda da olsa yağ içermektedir. Yapılan araştırmalarda avokado çekirdeği yağının yaklaşık %48.77 düzeyinde linoleik asit, %12.17 düzeyinde ise linolenik asit içerdiği gösterilmiştir. Ayrıca yağın antioksidan aktivitesinin düşük olduğu, sabunlaşan madde miktarının ise yapısında bulunan polifenoller ve steroidlerden kaynaklı olarak sabunlaşmayan madde miktarından yüksek olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte asitlik, peroksit sayısı, sabunlaşma ve iyot sayıları ile özgül ağırlık indeksi gibi değerleri naturel sızma zeytinyağı ile benzer bulunmuştur (Rengifo ve ark., 2015). Diğer yandan farklı araştırmalarda (Perea-Moreno ve ark., 2016) avokado çekirdeğinin biyodizel olarak potansiyel kullanım alanına sahip olduğu belirtilmiştir.

Avokado kabuğu ise içerdiği yüksek miktardaki nem (~%75) ve yüksek su aktivitesinden dolayı dekompozisyona yatkın bir ürün olduğundan, kurutulduktan sonra yapısından farklı tekniklerle biyoaktif bileşenler ekstrakte edilerek geri kazanılmaktadır (Figueroa ve ark., 2021). Hem kabuk hem de çekirdek kısımları yapısında değerli antioksidanları ve vitaminleri barındırmasına rağmen, işlem sonunda doğrudan atık sahalarına

atılmaktadır (Domínguez ve ark., 2014; Wang ve ark., 2010). Saavedra ve arkadaşları (2017) tarafından yapılan çalışmada avokado çekirdeği ve kabuğu geleneksel kurutma işlemiyle toz formuna getirilmiş ve yüksek antioksidan özellikli bir ürün olarak kullanım potansiyeli bulabileceği belirtilmiştir (Saavedra ve ark., 2017).

Avokado küspesinden ise fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu ve geri kazanımı gerçekleştirilmiş (Jiménez-Velázquez ve ark., 2020) ayrıca yenilebilir protein ekstrakte edilebileceği ve günlük diyetle kullanılabilirliği belirtilmiştir. Bununla birlikte avokado küspesi bir miktar yağ da içerdiğinden pirina yağına benzer şekilde küspeden hekzan ile yağ elde edilebileceği ve ısıtma işlemlerinde biyodizel olarak kullanılabilirliği belirtilmiştir (García-Vargas ve ark., 2020).

Avokado yağının gıda endüstrisinde teknolojik uygulamaları

Endüstriyel olarak çevre dostu tekniklerle besleyicilik değerini uzun süre muhafaza edebilen sağlıklı gıdaların üretimine yönelik artan bir ilgi söz konusudur. Avokado yağı içerdiği yağ asitleri, vitaminler, antioksidanlar ve diğer biyoaktif bileşenler nedeniyle günlük beslenmeye sağladığı katkıdan dolayı genellikle herhangi bir prosese tabi tutulmadan doğrudan satışa sunulmaktadır (Flores ve ark., 2019). Diğer yandan avokado yağı bazı yeni ürünlerin de geliştirilmesi için çalışılmaktadır. Arancibia ve arkadaşları (2017) tarafından yapılan çalışmada doğal emülgatörler, lesitin ve sentetik Tween 80 içeren avokado yağı bazlı su içinde yağ nanoemülsiyonları geliştirilmiş (Arancibia ve ark., 2017), Caballero ve arkadaşları (2014) tarafından yapılan çalışmada yapılandırılmış trigliseritlerin üretiminde avokado yağı kullanılmış (Caballero ve ark., 2014), Flores-Sánchez ve arkadaşları (2017) tarafından yapılan çalışmada ise biyobozunur polimerlerin üretiminde avokado yağı kullanılmıştır (Flores-Sánchez ve

ark., 2017). Uscanga-Ramos ve arkadaşları (2019) tarafından yapılan çalışmada ise avokado yağı tekrarlı kızartma işleminde kullanılmış ve kızartma işlemi için avokado yağının palm yağına alternatif olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir (Uscanga-Ramos ve ark., 2019). Franco ve arkadaşları (2020) tarafından yapılan çalışmada da selüloz nanofibriller ile stabilize edilmiş avokado yağı bazı emülsiyonların üretimi gerçekleştirilmiş (Franco ve ark., 2020), Sotelo-Bautista ve arkadaşları (2020) tarafından yapılan çalışmada kaplama materyali olarak oktenilsüksinik anhidrit (OSA)-maltodekstrin kullanılarak avokado yağı sprey kurutma yöntemiyle enkapsüle edilmiş (Sotelo-Bautista ve ark., 2019), Krumreich ve arkadaşları (2019) tarafından yapılan çalışmada elektroğirme yöntemiyle avokado yağı içeren ultra ince zein fiberler üretilmiş (Krumreich ve ark., 2019), Romero-Hernandez ve arkadaşları (2021) tarafından yapılan çalışmada kaplama materyali olarak oktenilsüksinik anhidrit (OSA)-taro nişastası kullanılarak avokado yağı enkapsüle edilmiş ve fizikokimyasal ve morfolojik özellikleri incelenmiştir (Romero-Hernandez ve ark., 2021). Anderson (2020) tarafından gerçekleştirilen tez çalışmasında ise avokado yağı içeren yenilebilir filmler üretilmiş ve taze çileklerin raf ömrünün uzatılması amacıyla kullanılmıştır (Anderson, 2020).

Sonuç

Avokado yağı, avokado meyvesinden elde edilen en önemli endüstriyel ürünlerden birisidir. Avokado yağı günümüzde sağlık ve kozmetik sektörünün yanı sıra gıda endüstrisinde de yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Avokado meyvesinin hem çekirdek hem de mezokarp bölümleri yağ içermektedir, ancak hem çekirdek kısmı mezokarpa göre daha az miktarda yağ içerdiğinden, hem de çekirdek kısmının hepatotoksik özellik gösterdiği bilindiğinden, ticari avokado yağı meyvenin mezokarp kısmından ekstrakte edilmektedir. Naturel avokado yağının ekstraksiyonu, zeytinyağı

ekstraksiyonuna benzer özellik göstermektedir ve üretilen yağ doğrudan tüketime uygundur. Diğer yandan avokado yağı süperkritik ve kritik altı karbondioksit ekstraksiyonu, enzim destekli ekstraksiyon, ultrases ve mikrodalga destekli ekstraksiyon ve geleneksel solvent ekstraksiyonu gibi yöntemlerle de elde edilebilmektedir. Elde edilen yağın yüksek miktarda serbest yağ asidi ve istenmeyen bazı safsızlıkları içermesi durumunda avokado yağı rafinasyon işlemine tabi tutulmaktadır. Bu işlemin amacı istenmeyen bileşenlerin etkin şekilde uzaklaştırılması, yağın yapısında bulunması istenen biyoaktif bileşenler gibi maddelerin minimum kayba uğramasının sağlanması ve tüketici beğenilirliğinin artırılmasıdır. Elde edilen avokado yağı hem yemeklik olarak hem de fonksiyonel gıda bileşeni olarak pek çok farklı alanda kullanım alanı bulmaktadır. Konuyla ilgili yapılmış olan inovatif çalışmalarda avokado yağı nanoemülsiyonların yapısında, biyobozunur polimerlerin üretiminde ve yenilebilir filmlerin üretiminde kullanılmış, ayrıca palm yağına alternatif kızartma yağı olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Konuyla ilgili yapılacak olan yeni araştırmalarda avokado yağının fitoaktif kompozisyonunu maksimum düzeyde koruyarak, yenilikçi ürünlerin geliştirilmesine odaklanması önem taşımaktadır.

Kaynaklar

[1] Abaide, E. R., Zobot, G. L., Tres, M. V., Martins, R. F., Fagundez, J. L., Nunes, L. F., Druzian, S., Soares, J. F., Dal Prá, V., & Silva, J. R. (2017). Yield, composition, and antioxidant activity of avocado pulp oil extracted by pressurized fluids. *Food and Bioproducts Processing*, 102, 289-298.

[2] Akkaya, L., & Dalkılıç, G. G. Fuerte Avokado (*Persea americana* Mill.) Çeşidinin In Vitro Çoğaltımı. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 2(3), 16-20.

[3] Aktar, T., & Adal, E. (2019). Determining the Arrhenius kinetics of avocado oil: Oxidative stability under rancimat test conditions. *Foods*, 8(7), 236.

- [4] Anderson, P. (2020). *Effect of guar gum, glycerol, and avocado oil on edible film characteristics and application as edible coating to strawberries*. Universitas Pelita Harapan.
- [5] Arancibia, C., Riquelme, N., Zúñiga, R., & Matiacevich, S. (2017). Comparing the effectiveness of natural and synthetic emulsifiers on oxidative and physical stability of avocado oil-based nanoemulsions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 44, 159-166.
- [6] Araújo, R. G., Rodriguez-Jasso, R. M., Ruiz, H. A., Pintado, M. M. E., & Aguilar, C. N. (2018). Avocado by-products: Nutritional and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 80, 51-60.
- [7] Bayram, S. (2010). Avokado (*Persea americana* Mill.). 2010 Yılı Avokado Gelişim Raporu. In: BATEM.
- [8] Bayram, S., Arslan, M. A., & Turgutoğlu, E. (2006). Türkiye’de avokado yetiştiriciliğinin gelişimi, önemi ve önerilen bazı çeşitler. *Derim*, 23(2), 1-13.
- [9] Berasategi, I., Barriuso, B., Ansorena, D., & Astiasarán, I. (2012). Stability of avocado oil during heating: Comparative study to olive oil. *Food Chemistry*, 132(1), 439-446.
- [10] Bhuyan, D. J., Alsherbiny, M. A., Perera, S., Low, M., Basu, A., Devi, O. A., Barooah, M. S., Li, C. G., & Papoutsis, K. (2019). The odyssey of bioactive compounds in avocado (*Persea americana*) and their health benefits. *Antioxidants*, 8(10), 426.
- [11] Buenrostro, M., & López-Munguía, A. (1986). Enzymatic extraction of avocado oil. *Biotechnology letters*, 8(7), 505-506.
- [12] Bullo, T. A. (2021). Extraction and Characterization of Oil from Avocado Peels. *International Journal of Chemical and Molecular Engineering*, 15(2), 54-58.
- [13] Caballero, E., Soto, C., Olivares, A., & Altamirano, C. (2014). Potential use of avocado oil on structured lipids MLM-type production catalysed by commercial immobilised lipases. *Plos one*, 9(9), e107749.
- [14] Costagli, G., & Betti, M. (2015). Avocado oil extraction processes: method for cold-pressed high-quality edible oil production versus traditional production.

- [15] *Journal of Agricultural Engineering*, 46(3), 115-122.
- [16] Domínguez, M. P., Araus, K., Bonert, P., Sánchez, F., San Miguel, G., & Toledo, M. (2014). The avocado and its waste: an approach of fuel potential/application. In *Environment, Energy and Climate Change II* (pp. 199-223). Springer.
- [17] Dreher, M. L., & Davenport, A. J. (2013). Hass avocado composition and potential health effects. *Critical reviews in food science and nutrition*, 53(7), 738-750.
- [18] Ejiofor, N., Ezeagu, I., Ayoola, M., & Umera, E. (2018). Determination of the chemical composition of avocado (*Persea americana*) seed. *Adv Food Technol Nutr Sci Open J*.
- [19] Figueroa, J. G., Borrás-Linares, I., Del Pino-García, R., Curiel, J. A., Lozano-Sánchez, J., & Segura-Carretero, A. (2021). Functional ingredient from avocado peel: Microwave-assisted extraction, characterization and potential applications for the food industry. *Food Chemistry*, 352, 129300.
- [20] Finau, K. A. (2011). Literature review on avocado oil for SROS technological purposes. Scientific research organization of Samoa.
- [21] Flores-Sánchez, A., López-Cuellar, M., Pérez-Guevara, F., Figueroa López, U., Martín-Bufájer, J. M., & Vergara-Porras, B. (2017). Synthesis of poly-(R-hydroxyalkanoates) by *Cupriavidus necator* ATCC 17699 using Mexican avocado (*Persea americana*) oil as a carbon source. *International Journal of Polymer Science*, 2017.
- [22] Flores, M., Saravia, C., Vergara, C. E., Avila, F., Valdés, H., & Ortiz-Viedma, J. (2019). Avocado oil: Characteristics, properties, and applications. *Molecules*, 24(11), 2172.
- [23] Flores, M. A., Perez-Camino, M. D. C., & Troca, J. (2014). Preliminary studies on composition, quality and oxidative stability of commercial avocado oil produced in Chile. *Journal of Food Science and Engineering*, 4(1), 21.
- [24] Franco, T. S., Rodríguez, D. C. M., Soto, M. F. J., Amezcua, R. M. J., Urquiza, M. R., Mijares, E. M., & de Muniz, G. I. B. (2020). Production and technological characteristics of avocado oil emulsions stabilized with cellulose nanofibrils isolated from agroindustrial residues. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 586, 124263.

- [26] García-Vargas, M. C., Contreras, M. d. M., & Castro, E. (2020). Avocado-derived biomass as a source of bioenergy and bioproducts. *Applied Sciences*, 10(22), 8195.
- [27] Gatbonton, G., De Jesus, A., Lorenzo, K., & Uy, M. M. (2013). Soxhlet extraction of Philippine avocado fruit pulp variety 240. *Chem Eng*, 1, 1-8.
- Gómez-López, V. M. (2002). Fruit characterization of high oil content avocado varieties. *Scientia agricola*, 59, 403-406.
- [28] Hurtado-Fernández, E., Fernández-Gutiérrez, A., & Carrasco-Pancorbo, A. (2018). Avocado fruit—*Persea americana*. In *Exotic fruits* (pp. 37-48). Elsevier.
- [29] Jiménez-Velázquez, P., Valle-Guadarrama, S., Alia-Tejacal, 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.
- [30] Jiménez Patiño, P., García Concha, P., Quitral, V., Vásquez, K., Parra Ruiz, C., Reyes Farías, M., García Díaz, D. F., Robert, P., Encina, C., & Soto Covasich, J. (2020). Pulp, Leaf, Peel and Seed of Avocado Fruit: A Review of Bioactive Compounds and Healthy Benefits.
- [31] Juma, I., Fors, H., Hovmalm, H. P., Nyomora, A., Fatih, M., Geleta, M., Carlsson, A. S., & Ortiz, R. O. (2019). Avocado production and local trade in the southern highlands of Tanzania: A case of an emerging trade commodity from horticulture. *Agronomy*, 9(11), 749.
- [32] Kathula, D. N. (2021). Avocado Varieties and Export Markets for Sustainable Agriculture and Afforestation in Kenya. *Journal of Agriculture*, 5(1), 1-26.
- [33] Knothe, G. (2013). Avocado and olive oil methyl esters. *Biomass and bioenergy*, 58, 143-148.
- [34] Krumreich, F. D., Borges, C. D., Mendonça, C. R. B., Jansen-Alves, C., & Zambiasi, R. C. (2018). Bioactive compounds and quality parameters of avocado oil obtained by different processes. *Food Chemistry*, 257, 376-381.
- [35] Krumreich, F. D., Prietsch, L. P., Antunes, M. D., Jansen-Alves, C., Mendonça, C. R. B., Borges, C. D., Zavareze, E. d. R., & Zambiasi, R. C. (2019). Avocado oil incorporated in ultrafine zein fibers by electrospinning. *Food Biophysics*, 14(4), 383-392.

- [36] Lacerda, L. G., Colman, T. A. D., Bauab, T., da Silva Carvalho Filho, M. A., Demiate, I. M., de Vasconcelos, E. C., & Schnitzler, E. (2014). Thermal, structural and rheological properties of starch from avocado seeds (*Persea americana*, Miller) modified with standard sodium hypochlorite solutions. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 115(2), 1893-1899.
- [37] Liu, Y.-J., Gong, X., Jing, W., Lin, L.-J., Zhou, W., He, J.-N., & Li, J.-H. (2021). Fast discrimination of avocado oil for different extracted methods using headspace-gas chromatography-ion mobility spectroscopy with PCA based on volatile organic compounds. *Open Chemistry*, 19(1), 367-376.
- [38] López-Cobo, A., Gómez-Caravaca, A. M., Pasini, F., Caboni, M. F., Segura-Carretero, A., & Fernández-Gutiérrez, A. (2016). HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS and HPLC-FLD-MS as valuable tools for the determination of phenolic and other polar compounds in the edible part and by-products of avocado. *LWT*, 73, 505-513.
- [39] Martínez-Padilla, L. P., Franke, L., Xu, X.-Q., & Juliano, P. (2018). Improved extraction of avocado oil by application of sono-physical processes. *Ultrasonics sonochemistry*, 40, 720-726.
- [40] Moreno, A. O., Dorantes, L., Galíndez, J., & Guzmán, R. I. (2003). Effect of different extraction methods on fatty acids, volatile compounds, and physical and chemical properties of avocado (*Persea americana* Mill.) oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(8), 2216-2221.
- [41] Mostert, M. E., Botha, B. M., Plessis, L. M. D., & Duodu, K. G. (2007). Effect of fruit ripeness and method of fruit drying on the extractability of avocado oil with hexane and supercritical carbon dioxide. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(15), 2880-2885.
- [42] Olagunju, H. T., Oruambo, I. F., Oyelowo, H. O., & Obediah, G. A. (2017). Effects of some selected solvent extracts of avocado pear (*Persea americana*) on cholesterol/HDL ratio in Albino rats. *Journal of Global Biosciences*, 6(8), 5205-5211.
- [43] Ortiz, M. A., Dorantes, A. L., Gallndez, M. J., & Cárdenas, S. E. (2004). Effect of a novel oil extraction method on avocado (*Persea americana* Mill) pulp microstructure. *Plant foods for human nutrition*, 59(1), 11-14.

- [44] Ozdemir, F., & Topuz, A. (2004). Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. *Food Chemistry*, 86(1), 79-83.
- [45] Öner, M. E., Tarhan, A., & Öner, M. D. Coğrafi işaretli Alanya avokadosu ile yoğurt üretimi ve bazı özelliklerinin araştırılması. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(2), 231-237.
- [46] Pahuja-Ramos, M. E., Garduño-Siciliano, L., Dorantes-Alvarez, L., Chamorro-Cevallos, G., Herrera-Martínez, J., Osorio-Esquivel, O., & Ortiz-Moreno, A. (2014). Reduced-calorie avocado paste attenuates metabolic factors associated with a hypercholesterolemic-high fructose diet in rats. *Plant foods for human nutrition*, 69(1), 18-24.
- [47] Perea-Moreno, A.-J., Aguilera-Ureña, M.-J., & Manzano-Agugliaro, F. (2016). Fuel properties of avocado stone. *Fuel*, 186, 358-364.
- [48] Permal, R., Chang, W. L., Chen, T., Seale, B., Hamid, N., & Kam, R. (2020). Optimising the spray drying of avocado wastewater and use of the powder as a food preservative for preventing lipid peroxidation. *Foods*, 9(9), 1187.
- [49] Permal, R., Chang, W. L., Seale, B., Hamid, N., & Kam, R. (2020). Converting industrial organic waste from the cold-pressed avocado oil production line into a potential food preservative. *Food Chemistry*, 306, 125635.
- [50] Qin, X., & Zhong, J. (2016). A review of extraction techniques for avocado oil. *Journal of Oleo Science*, ess16063.
- [51] Reddy, M., Moodley, R., & Jonnalagadda, S. B. (2012). Fatty acid profile and elemental content of avocado (*Persea americana* Mill.) oil—effect of extraction methods. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 47(6), 529-537.
- [52] Rengifo, P. G., Carhuapoma, M., Artica, L., Castro, A. J., & López, S. (2015).
- [53] Caracterización y actividad antioxidante del aceite de semilla de palta *Persea americana* MILL. *Cienc. E Investig*, 18, 33-36.
- [54] Romero-Hernandez, H. A., Sánchez-Rivera, M. M., Alvarez-Ramirez, J., Yee-Madeira, H., Yañez-Fernandez, J., & Bello-Pérez, L. A. (2021). Avocado oil encapsulation with OSA-esterified taro starch as wall material: Physicochemical and morphology characteristics. *LWT*, 138, 110629.

- [55] Saavedra, J., Córdova, A., Navarro, R., Díaz-Calderón, P., Fuentealba, C., Astudillo-Castro, C., Toledo, L., Enrione, J., & Galvez, L. (2017). Industrial avocado waste: Functional compounds preservation by convective drying process. *Journal of Food Engineering*, 198, 81-90.
- [56] Santana, I., Castelo-Branco, V. N., Guimarães, B. M., de Oliveira Silva, L., Peixoto, V. O. D. S., Cabral, L. M. C., Freitas, S. P., & Torres, A. G. (2019). Hass avocado (*Persea americana* Mill.) oil enriched in phenolic compounds and tocopherols by expeller-pressing the unpeeled microwave dried fruit. *Food Chemistry*, 286, 354-361.
- [57] Santana, I., dos Reis, L. M., Torres, A. G., Cabral, L. M., & Freitas, S. P. (2015).
- [58] Avocado (*Persea americana* Mill.) oil produced by microwave drying and expeller pressing exhibits low acidity and high oxidative stability. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(7), 999-1007.
- [59] Segura, N., Amarillo, M., Martinez, N., & Grompone, M. (2018). Improvement in the extraction of Hass avocado virgin oil by ultrasound application. *J. Food Res*, 7, 106-113.
- [60] Serrano, A., & Brooks, A. (2019). Who is left behind in global food systems? Local farmers failed by Colombia's avocado boom. *Environment and Planning E: Nature and Space*, 2(2), 348-367.
- [61] Sotelo-Bautista, M., Bello-Perez, L. A., Gonzalez-Soto, R. A., Yañez-Fernandez, J., & Alvarez-Ramirez, J. (2019). OSA-maltodextrin as wall material for encapsulation of essential avocado oil by spray drying. *Journal of Dispersion Science and Technology*.
- [62] Southwell, K., Harris, R., & Swetman, A. (1990). Extraction and refining of oil obtained from dried avocado fruit using a small expeller. *Tropical Science*, 30(2), 121-131.
- [63] Takenaga, F., Matsuyama, K., Abe, S., Torii, Y., & Itoh, S. (2008). Lipid and fatty acid composition of mesocarp and seed of avocado fruits harvested at northern range in Japan. *Journal of Oleo Science*, 57(11), 591-597.
- [64] Tan, C., Tan, S., & Tan, S. (2017). Influence of geographical origins on the physicochemical properties of Hass avocado oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94(12), 1431-1437.

- [65] Tan, C. X. (2019). Virgin avocado oil: An emerging source of functional fruit oil. *Journal of Functional Foods*, 54, 381-392.
- [66] Tan, C. X., Chong, G. H., Hamzah, H., & Ghazali, H. M. (2018). Characterization of virgin avocado oil obtained via advanced green techniques. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120(10), 1800170.
- [67] Tan, C. X., & Ghazali, H. M. (2019). Avocado (*Persea americana* mill.) oil. In *Fruit Oils: Chemistry and Functionality* (pp. 353-375). Springer.
- [68] Tan, C. X., Tan, S. S., Ghazali, H. M., & Tan, S. T. (2021). Physical properties and proximate composition of Thompson red avocado fruit. *British Food Journal*.
- [69] Tunna, T. S., Sarker, M. Z. I., Ghafoor, K., Ferdosh, S., Jaffri, J. M., Al-Juhaimi, F. Y., Ali, M. E., Akanda, M. J. H., Awal, M. S., & Ahmed, Q. U. (2018). Enrichment, in vitro, and quantification study of antidiabetic compounds from neglected weed *Mimosa pudica* using supercritical CO₂ and CO₂-Soxhlet. *Separation Science and Technology*, 53(2), 243-260.
- [70] TÜİK. (2021). Türkiye İstatistik Kurumu. *TÜİK*.
Uscanga-Ramos, M., Ramírez-Martínez, A., García-Alvarado, M., Robles-Olvera, V., & Salgado-Cervantes, M. (2019). Effect of repeated frying on the physical characteristics, the formation of acrylamide and oil uptake of tortilla chips subjected to pre-drying treatment. *Journal of food science and technology*, 56(4), 1708-1714.
- [71] Wang, W., Bostic, T. R., & Gu, L. (2010). Antioxidant capacities, procyanidins and pigments in avocados of different strains and cultivars. *Food Chemistry*, 122(4), 1193-1198.
- [72] Werman, M., & Neeman, I. (1987). Avocado oil production and chemical characteristics. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 64(2), 229-232.
- [73] Wong, M., Ashton, O., Requejo-Jackman, C., McGhie, T., White, A., Eyres, L., Sherpa, N., & Woolf, A. (2008). Avocado oil: The color of quality.
- [74] Wong, M., Eyres, L., & Ravetti, L. (2014). Modern aqueous oil extraction—Centrifugation systems for olive and avocado oils. In *Green vegetable oil processing* (pp. 19-51). Elsevier.
- [75] Yahia, E. M. (2011). Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits: fundamental issues. *Elsevier*.