

Phenolic Compounds Found in Citrus Species

Fatma Yenice¹, Zeynep Akşit²

¹Food Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Erzincan Binali Yıldırım University, Erzincan, Türkiye

²Hotel, Restaurant and Service Department, Tourism and Hospitality Vocational School, Erzincan Binali Yıldırım University, Erzincan, Türkiye

Abstract

Citrus fruits contain many components that are beneficial for health, including minerals, vitamins, and dietary fibers. They are also the main sources of many bioactive compounds with disease-preventing properties, such as flavonoids and limonoids. Flavonoids are a group of pigments found in plants and are responsible for the coloration of flowers and fruits. Flavonoids are found in fruits and vegetables in our diet. The inedible parts of citrus fruits, such as the peel, juice, and pulp, are as rich in phenolic compounds as the edible parts of the fruit. Citrus peels and seeds are rich in phenolic acids and flavonoids, and the peels contain more flavonoids than the seeds. The waste parts of citrus fruits such as peel and seed are particularly rich in flavonoid and phenolic compounds, and these compounds have important health properties. Recycling of citrus waste, which is produced in millions of tons worldwide, has significant potential in terms of environment and economy. In particular, recycling of peels contributes to the prevention of chronic diseases as a natural antioxidant source, while extending the shelf life by reducing oxidation in foods. The phenolic and flavonoid content of citrus waste varies depending on the species, growing conditions and harvest time. The use of citrus waste in the food, cosmetics and pharmaceutical industries not only reduces environmental pollution, but also enables the development of value-added products in terms of health and nutrition.

Key words: *Citrus fruits, Phenolic compounds, Citrus waste*

Turunçgil Türlerinde Bulunan Fenolik Bileşikler

Özet

Turunçgiller mineraller, vitaminler ve diyet lifleri de dahi olmak üzere sağlık için yararlı birçok bileşeni içermektedir. Ayrıca flavonoidler ve limonoidler gibi hastalık önleyici özelliklere sahip birçok biyoaktif bileşenlerin başlıca kaynaklarıdır. Flavonoidler bitkilerde bulunan bir pigment grubu olup çiçek ile meyvelerin renklendirmesinden sorumludur. Flavonoidler diyetimizde bulunan meyve ve sebzelerde bulunurlar. Turunçgillerin yenmeyen kısımları da kabuk, meyvenin öz suyu ve posası gibi meyvenin yenilebilir kısımları kadar fenolik bileşikler açısından zengindir. Narenciye kabuğu ve çekirdekleri fenolik asitler ve flavonoidler bakımından oldukça zengin olup, kabuklar flavonoid içeriği açısından tohumlara göre daha fazla bileşik içerir. Turunçgillerin kabuk ve çekirdek gibi atık kısımları, özellikle flavonoid ve fenolik bileşikler bakımından oldukça zengindir ve bu bileşikler sağlık açısından önemli özelliklere sahiptir. Dünya çapında milyonlarca ton üretilen turunçgil atıklarının geri dönüştürülmesi, çevresel ve ekonomik açıdan önemli bir potansiyel taşımaktadır. Özellikle kabukların geri kazanımı, doğal antioksidan kaynağı olarak kronik hastalıkların önlenmesine katkı sağlarken, gıdalarda oksidasyonu azaltarak raf ömrünü uzatmaktadır. Turunçgil atıklarının fenolik ve flavonoid içeriği; tür, yetiştirme koşulları ve hasat zamanına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Gıda, kozmetik ve ilaç endüstrilerinde turunçgil atıklarının kullanımı, çevre kirliliğini azaltmakla kalmayıp, sağlık ve beslenme açısından katma değerli ürünlerin geliştirilmesine de olanak sağlamaktadır.

Anahtar kelimeler: *Narenciye, fenolik bileşikler, narenciye atıkları*

Giriş

Narenciye türleri, dünyada yaygın olarak üretilmekte ve tüketilmektedir. En çok bilinen narenciye türlerinden portakal (*Citrus sinensis*) zengin antioksidan içeriği ile öne çıkarken, limon (*Citrus limon*) yüksek C vitamini içeriği ile bilinmektedir (Yüksekdağ, 2014). Mandalina (*Citrus reticulata*) daha tatlı ve az ekşi iken, greylift (*Citrus paradisi*) ise buruk tat vermekle birlikte zengin vitamin profiline sahiptir (Bürün, 2021). Turunç (*Citrus aurantium*) acı bir tada sahiptir ve genellikle marmelat yapımında kullanılır. Bu çeşitlerin yanında, lime (*Citrus aurantiifolia*) özellikle tropik bölgelerde sıkça tüketilen bir türdür (Özdemir & Tunçer, 2021).

Dünyada 2020/21 yılında yaklaşık 98 milyon ton narenciye üretilmiş olup bunların 49 milyon tonu portakal, 33 milyon tonu mandalina, 8 milyon tonu limon, 7 milyon tonu greylifttir. Dünya turunçgil üretiminin kıtalara göre dağılımında Asya kıtası %44,9 ile birinci sırada yer almakta, Amerika kıtası %34,7 ile ikinci, Afrika kıtası %12,2 ile üçüncü sırada yer almaktadır (Atlı ve Söyler, 2018). Türkiye de ise 2020 yılında yaklaşık 4,3 milyon ton



turuncgil üretilmiş olup, bu üretimin %36'sı mandalina, %31'i portakal, %27'si limon ve %5'i greyfurt ait olmuştur. Turuncgil üretiminde Akdeniz bölgesi önde gelmekte olup mandalina üretiminin %84'ü, portakal üretiminin %85'i, limon üretiminin %93'ü, greyfurt üretiminin %96'sı bu bölgede gerçekleşmektedir (Turuncgiller Ürün Raporu 2021-333 TEPGE).

Turuncgiller, flavonoidler, fenolik bileşikler, askorbik asit, pektinler ve antioksidan maddeler gibi önemli biyoaktif bileşikler bünyesinde barındırmaktadır (Fernández-López ve ark., 2005). Turuncgillerin bünyesinde barınan flavonoidler ve fenolik bileşikler; kalp hastalıkları riskini azaltmakta, bağışıklık sistemini güçlendirmekte, kanserojen hücrelerle savaşan antikokların üretimini desteklemekte, aynı zamanda antikanserojen, kolesterol düşürücü, antiinflamatuvar ve antimikrobiyal etkiler göstermektedir (Zayed ve ark., 2021; Javanmardi ve ark., 2003; Elangovan ve ark., 1994; Friedman ve Levin, 2009). Narenciye meyvelerinin hem yenilebilen kısımları hem de özellikle kabuk gibi yenilmeyen bölümleri, zengin ve aktif bileşikler içermekte olup kabuklardaki yüksek flavonoid konsantrasyonu antimikrobiyal, antiviral ve antitrombotik gibi önemli biyolojik etkilere sahiptir. (Anagnostopoulou ve ark., 2006; Cook ve Samman, 1996). Flavonoidler, polifenolik yapıya sahip doğal bileşiklerdir ve meyve ile sebzelerin özellikle kabuklarında bulunurlar (Panche ve ark., 2016). Narenciye endüstrisinde kabuk ve çekirdek gibi atıkların geri dönüştürülmesi fenolik bileşiklerin için önemli bir kaynak oluşturabilir. Özellikle kabuklar, yenilebilir kısımlara kıyasla daha fazla fenolik bileşik içerir ve bu fark greyfurt, portakal, limon gibi türlerde belirgin şekilde görülür (Ma ve ark., 2009; Gorinstein ve ark., 2001). Gıda atıklarının geri kazanımı, çevresel sorunları azaltmanın yanında ekonomik faydalar da sunarak doğal kaynakların korunmasına yardımcı olur (Ajila ve ark., 2007; Hernandez-Carranza ve ark., 2016). Antioksidanlar açısından zengin gıdalar, kronik hastalık riskini azaltıp hücre yaşlanmayı geciktirirken, gıdalara katılan antioksidanlar gıdalarda bozulmayı önleyerek raf ömrünü uzatır; turuncgiller ise önemli bir doğal antioksidan olan C vitamini bakımından oldukça zengindir (Boeing ve ark., 2012; Barden ve ark., 2016; Liu ve ark., 2012).

Turuncgiller mineraller, vitaminler ve diyet lifleri de dahi olmak üzere sağlık için yararlı birçok bileşeni içermektedir. Ayrıca flavonoidler ve limonoidler gibi hastalık önleyici özelliklere sahip birçok biyoaktif bileşenlerin başlıca kaynaklarıdır (Matheyambath ve ark., 2016). Flavonoidler bitkilerde bulunan bir pigment grubu olup çiçek ile meyvelerin renklendirmesinden sorumludur. Flavonoidler diyetimizde bulunan meyve ve sebzelerde bulunurlar (Macheix ve diğerleri, 1990). Turuncgillerin yenmeyen kısımları da kabuk, meyvenin öz suyu ve posası gibi meyvenin yenilebilir kısımları kadar fenolik bileşikler açısından zengindir (A.A. Damián ve ark., 2017; Mushtaq ve ark., 2014; Rodríguez ve ark., 2014). Narenciye kabuğu ve çekirdekleri fenolik asitler ve flavonoidler bakımından oldukça zengin olup, kabuklar flavonoid içeriği açısından tohumlara göre daha fazla bileşik içerir (Yusof ve ark., 1990). Turuncgillerin kabuk ve çekirdek gibi atık kısımları, özellikle flavonoid ve fenolik bileşikler bakımından oldukça zengindir ve bu bileşikler sağlık açısından önemli özelliklere sahiptir. Dünya çapında milyonlarca ton üretilen turuncgil atıklarının geri dönüştürülmesi, çevresel ve ekonomik açıdan önemli bir potansiyel taşımaktadır. Özellikle kabukların geri kazanımı, doğal antioksidan kaynağı olarak kronik hastalıkların önlenmesine katkı sağlarken, gıdalarda oksidasyonu azaltarak raf ömrünü uzatmaktadır. Turuncgil atıklarının fenolik ve flavonoid içeriği; tür, yetiştirme koşulları ve hasat zamanına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Gıda, kozmetik ve ilaç endüstrilerinde turuncgil atıklarının kullanımı, çevre kirliliğini azaltmakla kalmayıp, sağlık ve beslenme açısından katma değerli ürünlerin geliştirilmesine de olanak sağlamaktadır.

Turuncgiller ve Fenolik Bileşikler

Turuncgiller Geraniales takımının Rutaceae familyasının Aurantoideae alt-familiyasına ait bir meyve grubudur (Antalya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2022) Birçok türü olmasına rağmen, ülkemizde en fazla tarımı yapılan turuncgiller sırasıyla, *Citrus reticulata* (mandalina), *Citrus limon* (limon), *Citrus sinensis* (portakal), ve *Citrus paradisi* (greyfurt)'dir (TÜİK, 2023).

Turuncgillerin ana bileşenleri; flavedo (dış kabuk), çekirdek (seed), meyve suyu kesecikleri (juice vesicles), albedo (flavedonun altındaki beyaz kısım), dilim (segment), dilim zarlari (segment wall) gibi bölümlerden oluşmaktadır. Katmanlar incelendiğinde içeriğindeki bileşenler şu şekilde sıralanabilir

Flavedo (dış renkli kısım): flavonoidler ve esansiyel yağ (naringin ve limonen), pigmentler (karatenoidler), fenoller içerir. Albedo (flavedonun altındaki beyaz kısım): protein, diyet, lifler, pektin, selüloz, neohesperidin içerir. Öz kalıntısı (meyve suyu ekstraksiyonundan sonra kalır): sitrik asit, folik asit, amino asit, selüloz içerir. Tohum: C vitamini, sterol, tokoferol, oleik asit, palmitik asit, limonoidler, eser mineraller içerir. (Chavan ve ark., 2018)

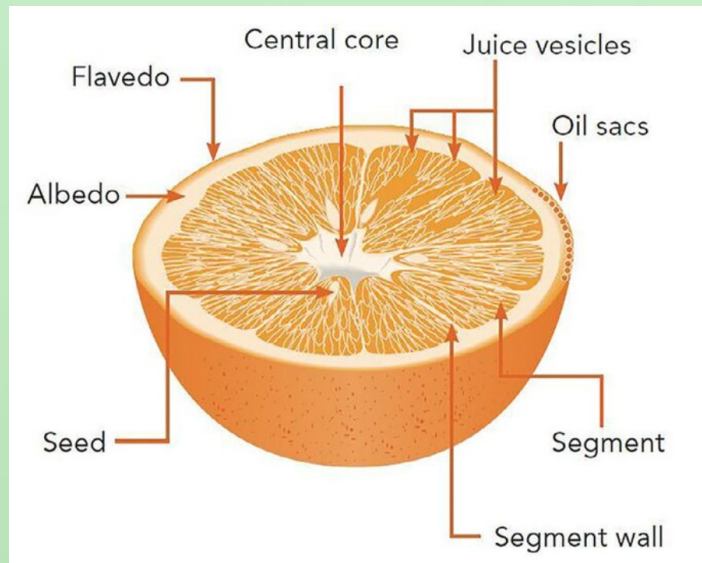
Turuncgiller; diğer meyvelerin bileşiminde yer almayan flavonon (hesperidin ve naringenin) ve karotenoid (kriptoksantin) bileşenlerinin ana kaynağıdır (Codoñer-Franch ve ark., 2010).

Meyvenin olgunlaşması esnasında meydana gelen çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik değişimler yapıda yeni oluşumlara yol açar, örneğin; mandalinaların olgunlaşması sırasında karotenoid seviyeleri artar bu da rengin yeşilden koyu bir turuncuya kadar dönmesini sağlar. Aynı zamanda diğer biyoaktif bileşikler de değişir, bu durum meyvenin tadını ve asitliğini etkiler (Alquezar ve ark., 2008; Maduwanthi ve ark. 2019; Multari ve ark., 2020)

Narenciye bitkilerinden izole edilen ve tanımlanan 60'tan fazla flavonoid türü vardır. Narenciye kabuklarındaki flavonoidler, flavonon glikozitler (flavon C-glikozitler ve flavon O-glikozitler) ve polimetoksiflavonlar (PMF'ler)



olarak iki gruba ayrılmıştır (Zhang ve diğerleri, 2019). Flavonoidlerin temel yapısında bulunan benzoc- γ -piron (C6-C3-C6) glikozitleri birbirine bağlayarak oluşan flavon glikozitleri antikanser, nöroprotektif ve antiinflamatuvar etkilere sahiptir (Musumeci ve ark., 2020; Okuyama ve ark., 2018). Hesperidin, turunçgil kabuklarında bol miktarda bulunan flavon O-glikozitlerine aittir. PMF'ler, C4 pozisyonunda bir karbonil grubu bulunan temel benzo-c-piron (15 karbonlu, C6-C3-C6) iskeletlerinde iki veya daha fazla metoksi grubu taşıyan flavonlardır. PMF'ler daha az polar ve yaklaşık düzlemsel yapıya sahiptir, bu da biyolojik membranlara yüksek geçirgenliğe yol açar ve kanda kolayca emilir (Gao ve ark., 2018). Metoksi gruplarının sayısı ve konumu, PMF'lerin biyolojik işlevleri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Metoksi gruplarının artmasıyla, PMF'ler kanser hücrelerine yaklaşırken ve nüfuz ederken daha yüksek hidrofobisiteye sahip olur ve böylece daha güçlü biyolojik aktiviteye sahip olurlar (Walle, 2007). En yaygın olarak incelenen PMF'ler; tangeretin, nobiletin ve heptametoksiflavon ve bunların 5-hidroksile edilmiş PMF'leridir. Bazı hidroksillenmiş PMF'ler, PMF muadillerine göre daha güçlü anti-inflamatuvar ve anti-kanser aktivitelerine sahiptir (Liu ve ark., 2021).



Şekil 1: Portakal meyvesinin genel bölümleri

(Adeniyi, A. G., Abdulkareem, S. A., Iwuozor, K. O., Ogunniyi, S., Abdulkareem, M. T., Emenike, E. C., & Sagboye, P. A. (2022). Effect of salt impregnation on the properties of orange albedo biochar. *Cleaner Chemical Engineering*, 3, 100059.)

Flavonun dihidro türevleri ise flavanonlardır. En önemlileri naringenin, naringin, hesperidin ve hesperetin'dir. Naringin naringenin'in, hesperidin hesperetin'in glikozitidir. Greyfurt ve portakalda bol miktarda bulunurlar (Kökyar, 2012)

Turunçgil flavanonları glikozit veya aglikon formlarında bulunur. Aglikon formları arasında naringenin ve hesperetin en önemli flavanonlardır. Glikozit formları arasında iki tip sınıflandırılır: neohesperidosidler ve rutinosidler (Gionfriddo ve ark.,1996; Macheix ve ark., 1990). Neohesperidosidler, flavanonlar, naringin, neohesperidin ve neoeriocitrin, neohesperidozlu bir flavanondan oluşurlar (ramnosil-a-1,2 glikoz) ve acı bir tada sahiptirler, rutinosidler (flavanonlar, hesperidin, nariru kalay ve didimin) ise bir flavanon ve bir disakkarit kalıntısı içerir. Flavanonlar genellikle diglikozit formunda bulunur ve turunçgillerin tipik tadını verirler (Macheix ve ark., 1990).

7-O-glikozilflavanonlar tüm turunçgillerde en bol bulunan flavonoidlerdir (Benavente ve ark., 1995; Lewinsohn ve ark., 1989). Neohesperidosid flavanonlar arasında naringin, neohesperidin ve neoeriositrin esas olarak bergamot, greyfurt ve acı portakal sularında bulunur. Rutinosid flavanonlar arasında hesperidin, narirutin ve didymin bergamot, portakal, mandalina ve limon sularında bulunur (Horowitz, 1986). Limon çekirdeği eriocitrin ve hesperidin, kabukları ise neoeriocitrin, naringin ve neohesperidin içermektedir. Kabukta neoeriocitrin ve naringinler benzer konsantrasyonda iken, çekirdekte; eriocitrin naringinden 40 kat daha fazla bulunmuştur (Tripoli ve ark., 2007). Bergamot çekirdeğinde naringin ve neohesperidin, ekşi portakal çekirdeğinde ise naringin tespit edilmiştir (Moulehi ve ark., 2012). Yapılan bazı çalışmalarda limon kabuğunun toplam fenolik içeriğinin, portakal ve greyfurt kabuklarından %15 daha fazla olduğu belirlenenirken (Gorinstein ve ark. 2001); greyfurt, limon ve portakal kabuklarının fenolik içeriğini inceleyen bazı çalışmalarda da greyfurt kabuğunda fenolik bileşik içeriği



daha yüksek bulunmuştur. İncelenen meyve kabuklarının fenolik içeriği farklılık göstermiş olup şu şekilde bir sonuca ulaşılmıştır: greyfurt 77,3 mg gallik asit eşdeğeri/g, limon 49,8 mg ve portakal 35,6 mg (Moulehi ve ark., 2012). Yine yapılan çalışmalarda bu kez greyfurt ve portakal kabuklarındaki toplam flavonoid içeriğinin limon kabuğuna göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Kabukların flavonoid içeriği, greyfurt için 80,8 mg, portakal için 83,3 mg ve limon için 59,9 mg kateşin eşdeğeri/g olarak belirlenmiştir (Sir Elkhatim ve ark. 2018).

Yapılan çalışmalarda da görüldüğü gibi narenciye ürünlerindeki kabuk, pulp ve çekirdek gibi yan ürünlerin kimyasal yapısı ve antioksidan aktivitesi; narenciye çeşidine, yetiştirme koşullarına, iklime ve meyvenin hasat zamanına göre değişiklik göstermektedir (Karapınar ve Okuyan, 1982; Moulehi ve ark., 2012)

Tatlı portakal ve ekşi portakal flavonoid bileşikleri arasındaki farklar, tat profillerini etkileyen şeker türelerinden kaynaklanmaktadır. Tatlı portakallarda hesperidin ve narirutin, ekşi portakallarda ise neohesperidin ve naringin yoğun olarak bulunur (Bocco ve ark., 1998). Şekerlerden rutinoz (6-OaL-ramnosil-bD-glikoz), flavononlardan hesperidin ve narirutinin nötr tattan sorumludurlar ve tatlı portakallarda, mandalinalarda ve tangelolarda nispeten daha yüksek miktarlarda bulunurlar. Şeker neohesperidoz (2-OaL-ramnosil-bDglikoz), tangelolarda ve ekşi portakallarda yüksektir ve glikozitler neohesperidin ve naringine keskin veya acı bir tat verir (Peterson ve ark., 2006).

Çeşitli çalışmalar, bazı meyve çekirdeklerinin güçlü bir antioksidan aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir. Narenciye meyvelerinde çekirdek ve kabuk bileşimleri her zaman aynı değildir. Örneğin, limon çekirdeği esas olarak eriositrin ve hesperidin içerirken, kabuk neoeriositrin, naringin ve neohesperidin açısından zengindir. Dahası, glikozit flavanon konsantrasyonları farklıdır; neoeriositrin ve naringin kabukta benzer konsantrasyonlara sahipken, çekirdekte eriositrin, naringinden 40 kat daha fazladır (Bocco ve ark., 1998). Neohesperidin, naringin ve neoeriositrin büyük miktarlarda kabuktan elde edilir. Acı portakal çok ilginç bir neohesperidin ve naringin kaynağıdır; bu bileşikler tatlandırıcıların üretiminde faydalı olabilir. Bergamot tohumları, glikozlanmış flavanonlar, naringin ve neohesperidin'in en önemli kaynağıdır; limon eriositrin ve hesperidin açısından zengindir. Diğer tüm turuncgil meyvelerinde az miktarda glikozlanmış naringin bulunur (Bocco ve ark., 1998; Yusuf ve ark., 1990). Kabuk ve çekirdeklerin flavanon glikozil bileşimleri meyve sularınıninkinden oldukça farklıdır. Naringin limon kabuğunda, limon çekirdeğinde ve mandalina çekirdeğinde bulunmuştur, ancak bu meyvelerin meyve sularında mevcut değildir (Mouly ve ark., 1995; Ooghe ve Detavernier, 1997).

Birkaç çeşitten elde edilen limon suyunda, glikozlanmış flavonoid miktarlarında çok az fark vardır. Eriocitrin, 6,8-di-C-b-glycosyldiosmin ve 6-C-b-glycosyldiosmin özellikle limon ve misket limonunda bol miktarda bulunurken, diğer turuncgillerde neredeyse hiç yoktur (Miyake ve ark., 1998). Polimetoksillenmiş favonlar (tangeretin, sinensetin, nobiletin, vb.) ve favanon glikozitleri (hesperidin, neohesperidin, narirutin, naringin, vb.) yalnızca turuncgillerde bulunur (M. Durand ve ark., 2015; Magwaza ve ark., 2016). Hesperidin, neohesperidin, eriositrin, kuersetin, diosmin ve kaempferol, tatlı limonda temel fenolik bileşikler olarak bilinirken, rutin ve narirutin, minör bileşikler olarak bilinir. Kafeik, p-kumarik, sinapik, ferulik ve kloro-genik asit, tatlı limondaki en yaygın fenolik asitlerdir (Aludatt ve ark., 2017; Barreca ve ark., 2011; Hashemi ve ark., 2017; A.A. Damián ve ark., 2017; A. Fejzić ve ark., 2014) Kateşinler, lköantosiyenin ve proantosiyeninler, diğer sebzelerde de bulunduğu için turuncgillere özgü bileşikler değildir (Tripoli ve ark., 2007).

Aşağıdaki tabloda portakal, mandalina, limon ve greyfurt meyve, kabuk ve çekirdeklerinde bulunan fenolik bileşikler verilmiştir.

Yapılan bir çalışmada mandalının kabuğunda toplam 28 fenolik bileşik tanımlanmıştır. Kabuk özlerinde, ana ürünler antosiyeninler, flavanonlar, flavanoller, flavonoller ve bir flavon (polimetoksile flavon sinensetin) dahil olmak üzere çoklu ikame desenlerine sahip flavonoidlerdi. Bunlar genellikle glikoz veya ramnoz veya arabinoz ile glikozillenmiş ve bazı durumlarda ayrıca diglikozillenmişti (rutin). İki fenolik asit (biri karşılık gelen aldehitte birlikte), bir dihidrokalkon (floretilin) ve onun glikozillenmiş formu (floretilin) ve bir sinamik asit (klorojenik asit) de bulundu. Polifenollere gelince, analiz kateşin-3-gallat (CG) ve epikateşin-3-gallat (EKG) ve tanen valoneik asit dilaktonun varlığını kanıtlanmıştır. Kabuğun fenolik bileşimi meyve olgunlaşma aşamasından güçlü bir şekilde etkilenmiştir. En ilginç aşama, en yüksek konsantrasyona ulaşan delfinidin-3-O glukozit, siyanidin-3-O-glukozit, delfinidin rutinoz, naringin, kuersetin-3-glukozit, rutin gibi bazı bileşikler için SRF gibi görünmektedir. (Costanzo ve ark., 2022)

Tohumlar arasında glikozile flavonların en ilginç kaynakları naringin ve neohesperidin açısından zengin bergamot; eriositrin ve hesperidin açısından zengin limon; ve naringin açısından zengin ekşi portakaldır. Diğer tüm türler çok az miktarda glikozile naringin içerir. Bu farklılıklar kullanılan meyvelerin çeşidine ve kökenine bağlı olabilir (Bocco ve ark., 1998).

Narenciye Atıklarının Kullanım Potansiyeli

Narenciye atıkları, değerli bileşenleri içeren yüksek organik madde konsantrasyonuna ve düşük pH değerine sahiptir (Zema ve ark., 2018). Sentetik antioksidanlar yerine doğal antioksidanların kullanımının önem kazanmasıyla birlikte, gıda işleme ve yan ürünlerinden antioksidan geri kazanımına yönelik çalışmalar artmıştır. Toplam meyve ağırlığının %50'sini oluşturan atıkların büyük bir kısmını narenciye endüstrisi üretmektedir.



Tablo 1. Portakal, limon, mandalina ve greyfurtun kabuk, meyve ve tohumlarında bulunan fenolik asitler ve flavonoidler

MEYVE	Bölge	Fenolik Asitler	Flavanoidler
PORTAKAL	Kabuk	p- kumarik asit (Wang ve ark. 2022) ferulik asit hegzozit ait, sinapik asit (Afifi ve ark., 2023)	sinensetin, narirutin, tetrametoksiflavon, nobiletin, hegzametoksiflavon (Guo ve ark., 2020) Hesperidin (Anagnostopoulou ve ark., 2006) Tangeretin ve nobiletin (Lu, Lee, Chu, Ho ve Sheen, 2019) Naringin, Limonin, Nomilin (Gou, 2014) apigenin, neohesperidin, naringin, isorhofolin, diosmin ve didymin (Anagnostopoulou ve ark., 2005)
	Tohum	Vanilik asit, kafeik asit, trans ferulik asit, p-kumarik asit (Falcinelli ve ark. 2020)	Eriocitrin, hesperidin, Didmin, Naringin, Narurutin (Berhow ve ark., 1998) Neoeriocitrin (Marini ve Balestireri, 1995)
	Meyve	ferulik asidi, p-kumarik asit, p-hidroksibenzoik asit (Fang ve ark. 2022) Klorojenik asit Kafeik asit (Hou ve ark. 2021; Xi ve ark. 2015)	Narirutin, Didmin (Forner-Giner ve ark. 2023) Naringin, Hesperidin, Epigallocatechin, Naftoresinol, Neohesperidin, Apigenin, Kuersetin, Rezorsinol, Kateşin, Rutin (Moulehi ve ark., 2012)
MANDALİNA	Kabuk	p-hidroksibenzoik asit, kafeik asit, vanilik asit, klorojenik asit, trans-sinamik asit (Anticona ve ark. 2022) gallik asit, ferulik asit ve p-kumarik asit (Gómez-Mejía ve ark. 2023)	Narirutin, hesperidin (Ma ve ark., 2008b) Nobiletin (Dou, 2019) Tangeretin, Sinensetin (Dou, 2019; Xu et al., 2019; Zhao et al., 2019) Limonin (Gou, 2014) Naringin, Naringenin, Apigenin, Kuersetin dihidrat, Rutin trihidrat, Kaempferol, (Anticona ve ark. 2022)
	Tohum	trans ferulik asit, p-kumarik asit, vanilik asit (Falcinelli ve ark. 2020)	hesperidin, naringin, narirutin ve tangeretin.
	Meyve	ferulik asidi, p-kumarik asit, p-hidroksibenzoik asit (Fang ve ark. 2022) Gallik asit, kafeik asit, klorojenik asit, vanilik asit, sirinik asit, rosmatik asit, trans-2-Hydroxycinnamic acid (Moulehi ve ark., 2012)	Didymin, Eriocitrin, Hesperidin (Nogata ve ark. 1994) Epigallocatechin, Kateşin, Rutin, Kuersetin, Amentoflavon (Moulehi ve ark., 2012)
LİMON	Kabuk	gallik asit, ferulik asit ve p-kumarik asit (Gómez-Mejía ve ark. 2023) klorojenik asit, trans-ferulik asit (Alwazer ve ark., 2023)	Naringin (Büyükkurt ve ark., 2019; Patron- V' azquez ve diğerleri, 2019) Nobiletin (Dou, 2019) Tangeretin (Dou, 2019; Xu et al., 2019; Zhao et al., 2019) Limonin (Gou, 2014) Narirutin (Chaves ve ark. 2022) Eriocitrin, neoeriocitrin, Neohesperidin, Luteolin, Isokuersitrin, Kuersetin galaktoz, Rutin, İzoramnetin, Rutinoz, Robinin, Mirisitrin (Rosa ve ark. 2023)
	Tohum	trans ferulik asit, p-kumarik asit, vanilik asit (Falcinelli ve ark. 2020) protokatekuik asit, p-hidroksibenzoik asit, sirinik asit ve kafeik asit, sinapik asit (Dong ve ark., 2019)	Eriocitrin, hesperidin (Bocco, Cuvelier, Richard ve Berset, 1998).
	Meyve	Kafeik, p-kumarik, sinapik, ferulik ve klorojenik asit (Dong ve ark., 2019)	Hesperidin, Eriocitrin, diosmin, Cynaroside (Dong ve ark., 2019)
GREYFURT	Kabuk		Nobiletin (Dou, 2019) naringin (Büyükkurt ve ark., 2019; Patron- V' azquez ve diğerleri, 2019) Limonin (Gou, 2014) Hesperidin, Eriocitrin, Diosmin, Sinarozit, Rutin (Dong ve ark., 2019) Didmin, Poncirin, Sinensetin (del Río ve ark. 2022)
	Tohum		Naringin (Büyükkurt ve ark., 2019; Patron- V' azquez ve diğerleri, 2019) Nobiletin (Dou, 2019), Limonin (Gou, 2014),
	Meyve	protokatekuik, neoklorojenik asit, hidroksisinamik asitler ve ferulik asit (Cao ve ark. 2022) Klorojenik asit Kafeik asit (Hou ve ark. 2021; Xi ve ark. 2015)	Hesperidin, Neoeriocitrin, Neohesperidin (Deng ve ark. 2022) Narirutin, Naringin, Naringenin (Stabruskiene ve ark. 2023) Cigranoside A-E, Bergamjuicin, Melitidin, Tangeretin, Heptametoksiflavon, Roifolin, Isokuersitrin (Deng ve ark. 2022)

Narenciye kabukları, doğal flavonoidler açısından oldukça zengin olduğu gibi, yenilebilir kısımlara oranla daha fazla fenolik bileşik içermektedir (Kökyar, 2012). Bu nedenle narenciye kabuklarındaki biyoaktif bileşiklerin potansiyeli, son yıllarda giderek artan bir ilgi görmüştür (Llorach ve ark., 2003; Manthey ve Grohmann, 2001). Narenciye atıkları, özellikle kabuk ve çekirdek kısımları biyolojik olarak aktif bileşikler açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Bu atıklardan antioksidanlar, fenolik asitler ve flavonoidlerin geri kazanımı sayesinde, gıda, kozmetik ve ilaç sanayilerinde değerlendirme yapılabilir (Deng ve ark., 2012; Masuda ve ark., 2001). Ayrıca



antioksidanlar, gıda endüstrisinde raf ömrünü uzatmak ve oksidasyonu önlemek açısından kritik bir role sahiptir (Saito ve ark., 2004).

Gıda işleme sırasında ortaya çıkan atıkların etkin bir şekilde değerlendirilmesi yalnızca çevre kirliliğini önlemekle kalmaz, aynı zamanda katma değer yaratılması ve ürün çeşitlendirmesi açısından da büyük önem taşır. Atıkların değerlendirilmesi, ekonomik fayda sağlamanın yanı sıra, antioksidan ve diğer zenginleştirilmiş içeriklerin geri kazanımı sayesinde insan metabolizmasına girmesiyle sağlık ve beslenme açısından da ek faydalar sunmaktadır (Yağcı ve ark., 2006). Bitkisel atıkların geri dönüşümü, diyetlerde gıda takviyeleri, kozmetik ürünler ve sağlık odaklı ürünlerin üretimine yönelik çalışmalara odaklanmıştır. Narenciye atıklarından üretilen bu tür ürünlerin başlıca materyalleri sebze atıkları, meyve posası ve kabukları oluştururken, çekirdekler de son yıllarda bu alanda giderek popülerlik kazanmıştır (Peschel ve ark., 2006).

Sonuç

Turuncgiller, içerdiği fenolik bileşikler, flavonoidler ve antioksidanlar gibi biyoaktif maddelerle beslenme, sağlık ve endüstriyel alanlarda büyük bir öneme sahiptir. Meyvenin olgunlaşma süreci, bu bileşiklerin miktarı ve çeşitliliği üzerinde doğrudan etkili olup, renk, tat, asidite ve antioksidan aktivitede belirgin değişimlere yol açar. Fenolik bileşiklerin ve flavonoidlerin konsantrasyonu da olgunlaşma aşamasına bağlı olarak farklılık gösterir.

Narenciye atıklarının, özellikle kabuk ve çekirdek kısımlarının değerlendirilmesi ise sürdürülebilirlik açısından büyük bir potansiyel taşır. Bu atıklar, olgunlaşma süreçlerinde değişen fenolik bileşikler ve antioksidanların önemli bir kaynağı olarak gıda, kozmetik ve ilaç sanayinde kullanılabilir. Atıkların geri kazanımı, çevresel kirliliği azaltırken ekonomik katma değer sağlar ve doğal kaynakların korunmasına katkıda bulunur.

Sonuç olarak, turuncgillerin olgunlaşma aşamalarına bağlı olarak değişen biyoaktif bileşenlerinin takibi ve atık kısımlarının etkin değerlendirilmesi, sağlık, endüstri ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Narenciye türleri, zengin fenolik ve flavonoid içeriğiyle biyoaktif bileşiklerin önemli bir kaynağıdır. Yenilemeyen kısımların geri kazanımı, hem çevresel faydalar sağlayabilir hem de ekonomik açıdan cazip çözümler sunabilir. Gelecekte, bu atıkların etkin kullanımı için daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- A.A. Damián-Reyna, J.C. González-Hernández, R. Maya-Yescas, C.J. Cortés-Penagos, M.C. Chávez-Parga, J. Food Sci. Technol. 54(2), 531–537 (2017)
- A. Fejzić, S. Ćavar, Bulletin Chem. Technol. Bosnia Herzegovina 42, 1–4 (2014)
- Afifi, S.M., Kabbash, E.M., Berger, R.G., Krings, U., & Esatbeyoğlu, T. (2023) Comparative Untargeted Metabolic Profiling of Different Parts of Citrus sinensis Fruits via Liquid Chromatography–Mass Spectrometry Coupled with Multivariate Data Analyses to Unravel Authenticity. Foods, 12, 579. <https://doi.org/10.3390/foods12030579>.
- Ajila, C. M., Naidu, K. A., Bhat, S. G., & Prasada Rao, U. J. S. (2007). Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. Food Chemistry, 105, 982–988. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.052>
- Alquezar, B.; Rodrigo, M.J.; Zacarias, L. Carotenoid biosynthesis and their regulation in citrus fruits. Tree For. Sci. Biotech. 2008, 2, 23–35.
- Alwazeer, D., Elnasanelkasim, M.A., Çiçek, S., Engin, T., Çiğdem, A., & Karaoğlu, E. (2023) Comparative study of phytochemical extraction using hydrogen-rich water and supercritical fluid extraction methods. Process Biochemistry, 128, 218–226. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2023.01.022>
- Anagnostopoulou, M. A., Kefalas, P., Kokkalou, E., Assimopoulou, A. N., & Papageorgiou, V. P. (2005). Analysis of antioxidant compounds in sweet orange peel by HPLC–diode array detection–electrospray ionization mass spectrometry. Biomedical chromatography, 19(2), 138–148.
- Anagnostopoulou, M. A., Kefalas, P., Papageorgiou, V. P., Assimopoulou, A. N. ve Boskou, D., 2006, Radical scavenging activity of various extracts and fractions of sweet orange peel (Citrus sinensis), Food Chemistry, 94 (1), 19–25.
- Antalya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2022 <https://antalya.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Narenciye%20E%C4%9Fitim%20G%C3%BCnleri%20Der%20Notlar%C4%B11.pdf> Son Erişim Tarihi:17.12.2024
- Anticona, M., Lopez-Malo, D., Frigola, A., Esteve, M.J., & Blesa. J. (2022) Comprehensive analysis of polyphenols from hybrid Mandarin peels by SPE and HPLC-UV. LWT, 165, 113770. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113770>
- Barden, L.; Decker, E.A. Lipid Oxidation in Low-moisture Food: A Review. Food Sci. Nutr. 2016, 56, 2467–2482.
- Benavente-García, O., Castillo, J., Marin, F.R., Ortuno, A., & Del Río, J. A. (1997). Uses and properties of citrus flavonoids. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45, 4505–4515.
- Berhow, M., Tisserat, B., Kanes, K., Vandercook, C., 1998. Survey of phenolic compounds produced in Citrus. USDA ARS Tech. Bull. 1856, 1–154.



- Bocco, A.; Cuvelier, M. E.; Richard, H.; Berset, C. The antioxidant activity of phenolic compounds measured by an accelerated test based on citronellal oxidation. *Sci. Aliments* 1998, 18, 13-24
- Boeing, H.; Bechthold, A.; Bub, A.; Ellinger, S.; Haller, D.; Kroke, A.; Leschik-Bonnet, E.; Muller, M.J.; Oberritter, H.; Schulze, M.; et al. Critical review: Vegetables and fruit in the prevention of chronic diseases. *Eur. J. Nutr.* 2012, 51, 637–663.
- Büyükkurt, O. K., Guclu, G., Kelebek, H., & Selli, S. (2019). Characterization of phenolic compounds in sweet lime (*Citrus limetta*) peel and freshly squeezed juices by LC-DAD-ESI-MS/MS and their antioxidant activity. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13, 3242-3249.
- Cao, X., Ru, S., Fang, X., Li, Y., Wang, T., & Lyu, X. (2022) Effects of alcoholic fermentation on the non-volatile and volatile compounds in grapefruit (*Citrus paradisi* Mac. cv. Cocktail) juice: A combination of UPLC-MS/MS and gas chromatography ion mobility spectrometry analysis. *Front Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1015924>.
- Chavan, P., Singh, A. K. ve Kaur, G. J. J. o. F. P. E., 2018, Recent progress in the utilization of industrial waste and by-products of citrus fruits: A review, 41 (8), e12895.
- Chaves, J.O., Sanches, V.L., Viganó J, de Souza Mesquita, L.M., de Souza MC., da Silva, L.C., Acunha, T., Faccioli, L.H., & Rostagno, M.A. (2022) Integration of pressurized liquid extraction and in-line solid-phase extraction to simultaneously extract and concentrate phenolic compounds from lemon peel (*Citrus limon* L.). *Food Research International*, 157, 111252. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111252>
- Codoñer-Franch P., Valls-Bellés V., 2010. Citrus as Functional foods. *Curr. T. Nutraceut. Res.*, 8:173-183
- Cook, N. C. ve Samman, S., 1996, Flavonoids—Chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources, *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 7 (2), 66-76.
- Costanzo, G., Vitale, E., Iesce, M. R., Naviglio, D., Amoresano, A., Fontanarosa, C., ... & Arena, C. (2022). Antioxidant properties of pulp, peel and seeds of phlegrean mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) at different stages of fruit ripening. *Antioxidants*, 11(2), 187.
- D. Barreca, E. Bellocco, C. Caristi, U. Leuzzi, G. Gattuso, *Food Chem.* 129(2), 417–422 (2011)
- Del Rio, J.A., Fuster, M.D., Gómez, P., Porras, I., Garc ía-Lidón, A., Ortuño, A., 2004. Citrus limon: a source of flavonoids of pharmaceutical interest. *Food Chem.* 84 (3), 457–461. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00272-3](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00272-3).
- Deng, G. F., Shen, C., Xu, X. R., Kuang, R. D., Guo, Y. J., & Zeng, L. S. (2012). Potential of fruit wastes as natural resources of bioactive compounds. *International Journal of Molecular Sciences*, 13, 8308– 8323. <https://doi.org/10.3390/ijms13078308>
- Dong, X., Hu, Y., Li, Y., & Zhou, Z. (2019). The maturity degree, phenolic compounds and antioxidant activity of Eureka lemon [*Citrus limon* (L.) Burm. f.]: A negative correlation between total phenolic content, antioxidant capacity and soluble solid content. *Scientia Horticulturae*, 243, 281-289.
- Dou, G. (2019). Detection and Purification of Polymethoxyflavones from Citrus (*Citrus* L.) and Its Potential Anti-fatigue Activity and Mechinsms Involved. Unpublished Doctor, Southwest University.
- Elangovan, V., Sekar, N. ve Govindasamy, S., 1994, Chemopreventive potential of dietary bioflavonoids against 20-methylcholanthrene-induced tumorigenesis, *Cancer Letters*, 87 (1), 107-113.
- Falcinelli, B., Famiani, F., Paoletti, A., D'Egidio, S., Stagnari, F., Galieni, A., & Benincasa, P. (2020). Phenolic compounds and antioxidant activity of sprouts from seeds of Citrus species. *Agriculture*, 10(2), 33.
- Fang, H., Zhang, H., Wei, X., Ye, X., & Tian, J. (2022) Phytochemicals and Antioxidant Capacities of Young Citrus Fruits Cultivated in China. *Molecules*, 2, 5185. <https://doi.org/10.3390/molecules27165185>
- Fernández-López, J., Zhi, N., Aleson-Carbonell, L., Pérez-Alvarez, J. A. ve Kuri, V., 2005, Antioxidant and antibacterial activities of natural extracts: application in beef meatballs, *Meat Science*, 69 (3), 371-380.
- Forner-Giner, M.Á., Ballesta-de los Santos, M., Melgarejo, P., Martínez-Nicolás, J.J., Melián-Navarro, A., Ruíz-Canales, A., Continella, A., & Legua, P. (2023) Fruit Quality and Primary and Secondary Metabolites Content in Eight Varieties of Blood Oranges. *Agronomy*, 13, 1037. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041037>.
- Friedman, M., Levin, C., 2009. Analysis and biological activities of potato glycoalkaloids, calystegine alkaloids, phenolic compounds and anthocyanins. In J. Singh, & L. Kaur (Eds.) *Advances in Potato Chemistry and Technology*, pp. 127-161.
- Gao, Z., Gao, W., Zeng, S. L., Li, P., & Liu, E. H. (2018). Chemical structures, bioactivities and molecular mechanisms of citrus polymethoxyflavones. *Journal of Functional Foods*, 40, 498–509. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.11.036>.
- Gionfriddo, F., Postorino, E., & Bovalo, F. (1996). I flavanoni glucosidici nel succo di bergamotto. *Essenze-Derivati agrumari*, 66, 404–416.
- Gómez-Mejía, E., Sacristán, I., Rosales-Conrado, N., León-González, M.E., & Madrid, Y. (2023) Effect of Storage and Drying Treatments on Antioxidant Activity and Phenolic Composition of Lemon and Clementine Peel Extracts. *Molecules*, 28, 1624. <https://doi.org/10.3390/molecules28041624>.



- Gorinstein, S., Martín-Belloso, O., Park, Y. S., Hareunkit, R., Lojek, A., Cız, M., Caspi, A., Libman, I., Trakhtenberg, S., 2001, Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruits, *Food Chemistry*, 74, 309-315.
- Gou, Z. (2014). The establish of Naringin etal six functional components in online RP-HPLC methods and antioxidation research in different citrus. Hunan Agricultural University. Unpublished Master.
- Hernandez-Carranze, P., Ávila-Sosa, R., Guerrero-Beltran, JA, Navarro-Cruz, AR, Corona -Jimenezi, E. ve Ochoa-Velasco, CE (2016). Meyve yan ürünlerinden antioksidan bileşik ekstraksiyonunun optimizasyonu: Elma posası, portakal ve muz kabuğu. *Gıda İşleme ve Koruma Dergisi*, 40, 103-115
- Horowitz, R. M. (1986). Taste effects of flavonoids. *Progress in Clinical and Biological Research*, 213, 163-175.
- Hou, Z., Chen, S., & Ye, X. (2021). High pressure processing accelarated the release of RG-I pectic polysaccharides from citrus peel. *Carbohydrate Polymers*, 263, 118005. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118005>.
- Javanmardi, J., Stushnoff, C., Locke, E. ve Vivanco, J. M., 2003, Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian Ocimum accessions, *Food Chemistry*, 83 (4), 547-550.
- Karapınar M. ve Okuyan M., 1982. The Utilisation of Citrus Waste as Substrat efor Microbial Protein, Production by the Fungus *Sporotrichum pulverulentum*. *J.Chem. Tech, Biotechnol.*, 32: 1055-1058
- Kökyar, N. (2012). Portakal suyu endüstrisi atıklarından fenolik bileşiklerin derişiklendirilmesi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- L.S. Magwaza, U.L. Opara, P.J.R. Cronje, S. Landahl, J.O. Ortiz, L.A. Terry, *Food Sci. Nutri.* 4(1), 4-10 (2016)
- Lewinsohn, E., Berman, E., Mazur, Y., & Gressel, J. (1989). (7) Glucosylation and (1-6) Rhamnosylation of exogenous flavanones by undifferentiated Citrus cell cultures. *Plant Science*, 61, 23-28.
- Liu, N., Li, X., Zhao, P., Zhang, X., Qiao, O., Huang, L., ... & Gao, W. (2021). A review of chemical constituents and health-promoting effects of citrus peels. *Food chemistry*, 365, 130585.
- Liu, Y.Q.; Heying, E.; Tanumihardjo, S.A. History, Global Distribution, and Nutritional Importance of Citrus Fruits. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2012, 11, 530-545.
- Llorach, R., Espin, J. C., Tomas-Barberan, F. A., & Ferreres, F. (2003). Valorization of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) byproducts as a source of antioxidant phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 2181-2187. <https://doi.org/10.1021/jf021056a>
- Lu, K. H., Lee, H. Y., Chu, Y. L., Ho, C. T., & Sheen, L. Y. (2019). Bitter orange peel extract induces endoplasmic reticulum-mediated autophagy in human hepatoma cells. *Journal of Functional Foods*, 60(April), Article 103404. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.06.006>.
- M. Mushtaq, B. Sultana, H.N. Bhatti, M. Asgher, *BioResour.* 9(4), 6153-6165 (2014)
- M.H. Aludatt, T. Rababah, M.N. Alhamad, M.A. Al-Mahasneh, K. Ereifej, G. Al-Karaki, M. Al-Duais, J.E. Andrade, C.C. Tranchant, S. Kubow, K.A. Ghazlan, *Food Funct.* 8(9), 3187-3197 (2017)
- M.P. Rodríguez-Rivera, E. Lugo-Cervantes, P. Winterhalter, G. Jerz, *Food Chem.* 158, 139-152 (2014)
- M. Durand-Hulak, A. Dugrand, T. Duval, L.P.R. Bidel, C. Jay Allemand, Y. Froelicher, F. Bourgaud, A.L. Fanciullino, *Ann. Bot.* 15(5), 861-877 (2015)
- Macheix, J. J., Fleuriel, A., & Billot, J. (1990). The main phenolics of fruits. In *Fruit phenolics* (pp. 1-103). Boca Raton, FL: CRC Press
- MA, Y.-Q., CHEN, J.-C., LIU, D.-H., YE, X.-Q., 2009, Simultaneous extraction of phenolic compounds of citrus peel extracts: Effect of ultrasound, *Ultrasonics Sonochemistry*, 16, 57-62.
- Macheix, J. J.; Fleuriel, A.; Billot, J. The main phenolics of fruits. In *Fruit Phenolics*; CRC Press: Boca Raton, FL, 1990; pp 1-103.
- Maduwanthi, S.D.T.; Marapana, R.A.U.J. Induced Ripening Agents and Their Effect on Fruit Quality of Banana. *Int. J. Food Sci.* 2019, 2019, 2520179.
- Matheyambath A.C., Padmanabhan P., Paliyath, G., 2016. Citrus Fruits. Reference Module in Food Science. *Encyclopedia of Food and Health*. 136-140.
- Manthey, J. A., & Grohmann, K. (2001). Phenols in citrus peel byproducts: Concentrations of hydroxycinnamates and polymethoxylated flavones in citrus peel molasses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 3268-3273. <https://doi.org/10.1021/jf010011>
- Marini, D., Balestrieri, F., 1995. Multivariate analysis of flavanone glycosides in citrus juices. *Ital. J. Food Sci.* 7, 255-264
- Masuda, T., Inaba, Y., & Takeda, Y. (2001). Antioxidant mechanism of carnosic acid: Structural identification of two oxidation products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 5560-5565. <https://doi.org/10.1021/jf010693>
- Miyake, Y., Yamamoto, K., Morimitsu, Y., & Osawa, T. (1998). Characteristics of antioxidative flavonoid glycosides in lemon fruit. *Food Science and Technology International*, 4, 48-53.
- Moulehi, I.; Bourgou, S.; Ourghemmi, I.; Tounsi, M.S. Variety and ripening impact on phenolic composition and antioxidant activity of mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) and bitter orange (*Citrus aurantium* L.) seeds extracts. *Ind. Crop. Prod.* 2012, 39, 74-80.



- Mouly, P. P.; Arzouyan, C. R.; Gaydou, E. M.; Estienne, J. M. Chromatographie des flavanonosides des jus de différentes variétés de pamplemousses. Différenciation par analyses statistiques multidimensionnelles (Differentiation of various grapefruit and pummelo juice varieties using liquid chromatography of flavanone glycosides and pattern recognition techniques). *Analisis* 1995, 23, 336-341.
- Multari, S.; Licciardello, C.; Caruso, M.; Martens, S. Monitoring the changes in phenolic compounds and carotenoids occurring during fruit development in the tissues of four citrus fruits. *Food Res. Int.* 2020, 134, 109–228.
- Musumeci, L., Maugeri, A., Cirmi, S., Lombardo, G. E., Russo, C., Gangemi, S., ... Navarra, M. (2020). Citrus fruits and their flavonoids in inflammatory bowel disease: An overview. *Natural Product Research*, 34(1), 122–136. <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1601196>.
- Nogata, Y., Sakamoto, K., Shiratsuchi, H., Ishii, T., Yano, M., & Ohta, H. (2006). Flavonoid composition of fruit tissues of citrus species. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 70(1), 178–192. <https://doi.org/10.1271/bbb.70.178>.
- Okuyama, S., Yamamoto, K., Mori, H., Sawamoto, A., Amakura, Y., Yoshimura, M., ... Furukawa, Y. (2018). Neuroprotective effect of Citrus kawachiensis (Kawachi Bankan) peels, a rich source of naringin, against global cerebral ischemia/ reperfusion injury in mice. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 82(7), 1216–1224. DOI:10.1080/09168451.2018.1456320.
- Ooghe, W. C.; Detavernier, C. M. Detection of the addition of Citrus reticulata and hybrids to Citrus sinensis by flavonoids. *J. Agric. Food Chem.* 1997, 45, 1633-1637
- Tripoli E., Guardia ML., Giammanco S., Majo D.D., Giammanco M., 2007. Citrus flavonoids: Molecular structure, biological activity and nutritional properties: A review. *Food Chemistry*, 104: 466-479.
- Turunçgiller Ürün Raporu 2021-333 TEPGE <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporlar%C4%B1/2021%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporlar%C4%B1/Turun%C3%A7giller%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporu%202021-333%20TEPGE.pdf> Son Erişim Tarihi:17.12.2024
- TÜİK, 2023. Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2023-49535> Son Erişim Tarihi:17.12.2024
- Patron-Vázquez, J., Baas-Dzul, L., Medina-Torres, N., Ayora-Talavera, T., Sánchez-Contreras, A., García-Cruz, U., & Pacheco, N. (2019). The effect of drying temperature on the phenolic content and functional behavior of flours obtained from lemon wastes. *Agronomy*, 9(9), 1–16. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090474>.
- Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: An overview. *Journal of Nutritional Science*, 5. <https://doi.org/10.1017/jns.2016.41>.
- Peterson, J. J., Dwyer, J. T., Beecher, G. R., Bhagwat, S. A., Gebhardt, S. E., Haytowitz, D. B., & Holden, J. M. (2006). Flavanones in oranges, tangerines (mandarins), tangors, and tangelos: a compilation and review of the data from the analytical literature. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, S66-S73.
- Peschel W., Dieckmann W., Sonnenschein M., Plescher A., 2006. High antioxidant potential of pressing residues from evening primrose in comparison to other oilseed cakes and plant antioxidants. *Industrial Crops and Products*, 25(1): 44-54
- Rosa, A., Petretto, G.L., Maldini, M., Tirillini, B., Chessa, M., Pintore, G., & Sarais, G. (2023) Chemical characterization, antioxidant and cytotoxic activity of hydroalcoholic extract from the albedo and flavedo of Citrus limon var. pompia Camarda. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17, 627–635. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01659-w>.
- S.M.B. Hashemi, A.M. Khaneghah, F.J. Barba, Z. Nemati, S.S. Shokofti, F. Alizadeh, J. *Funct. Foods* 38, 409–414 (2017)
- Saito, S., Okamoto, Y., & Kawabata, J. (2004). Effects of alcoholic solvents on antiradical abilities of protocatechuic acid and its alkyl esters. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 68, 1221–1227. <https://doi.org/10.1271/bbb.68.1221>
- Sir Elkhatim, K. A., Elagib, R. A., & Hassan, A. B. (2018). Content of phenolic compounds and vitamin C and antioxidant activity in wasted parts of Sudanese citrus fruits. *Food science & nutrition*, 6(5), 1214-1219.
- Stabrauskienė, J., Marksa, M., Ivanauskas, L., Viskelis, P., Viskelis, J., & Bernatoniene, J. (2023) Citrus × paradisi L. Fruit Waste: The Impact of Eco-Friendly Extraction. <https://doi.org/10.3390/nu15051276>
- Walle, T. (2007). Methoxylated flavones, a superior cancer chemopreventive flavonoid subclass *Seminars in Cancer Biology*, 17(5), 354–362. <https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2007.05.002>
- Xi, W., Zhang, G., Jiang, D., Zhou, Z., 2015. Phenolic compositions and antioxidant activities of grapefruit (Citrus paradisi Macfadyen) varieties cultivated in China. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 66 (8), 858–866. <https://doi.org/10.3109/09637486.2015.1095864>.



- Xu, Y., Lv, X., Yang, G., Zhan, J., Li, M., Long, T., ... Li, S. (2019). Simultaneous separation of six pure polymethoxyflavones from sweet orange peel extract by high performance counter current chromatography. *Food Chemistry*, 292, 160–165. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.031>
- Yağcı S., Altan, A., Göğüş F., Maskan M. 2006. Gıda Atıklarının Alternatif Kullanım Alanları. Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu. 499-502.
- Yusof, S.; Ghazali, H. M.; King, G. S. Naringin content in local citrus fruits. *Food Chem.* 1990, 37, 113-121.
- Zayed, A., Badawy, M. T., & Farag, M. A. (2021). Valorization and extraction optimization of Citrus seeds for food and functional food applications. *Food Chemistry*, 355, 129609. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129609>
- Zema, D. A., Calabrò, P. S., Folino, A., Tamburino, V., Zappia, G., & Zimbone, S. M. (2018). Valorisation of citrus processing waste: A review. *Waste Management*, 80, 252-273. doi:<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.09.024>
- Zhang, H., Cui, J., Tian, G., DiMarco-Crook, C., Gao, W., Zhao, C., ... Zheng, J. (2019). Efficiency of four different dietary preparation methods in extracting functional compounds from dried tangerine peel. *Food Chemistry*, 289, 340–350. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.063>.

