



## Bioactive Compounds and Biological Activities of Kumquat (*Fortunella* spp.)

Demet Yıldız Turgut<sup>1,a,\*</sup>, Ayhan Topuz<sup>2,b</sup>

<sup>1</sup>Batı Akdeniz Agricultural Research Institute, Republic of Turkey Ministry of Agriculture and Forestry, 07100 Antalya, Turkey

<sup>2</sup>Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Akdeniz University, 07070 Antalya, Turkey

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Review Article</i></p> <p>Received : 22/04/2019 Accepted : 10/09/2019</p> <p><b>Keywords:</b> Kumquat (<i>Fortunella</i> spp.) Biological activity Flavonoid Ascorbic acid Carotenoids</p>	<p>Kumquat (<i>Fortunella</i> spp.), is called "the little gems of the citrus family", belongs in the genus <i>Fortunella</i> of the Rutaceae family. Kumquat is known native to China. It is widely cultivated in China, Japan and America. Recent studies have been reported that kumquat fruit possesses health promoting effects duo to its bioactive compounds including ascorbic acid, carotenoids, essential oil, dietary fiber and flavonoids. The fruit can be consumed as fresh and also processed into different products such as; jam, marmalade, wine, liqueur, fruit tea etc. Its essential oil and extracts can be used in food, pharmaceutical and cosmetic industries. Since the health benefits of kumquat fruits were understood, its cultivation and production have been increased in Turkey in recent years. In present study, the studies on the bioactive compounds and biological activities of kumquat fruit are reviewed.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi 7(10): 1581-1588, 2019

## Kamkatın (*Fortunella* spp.) Biyoaktif Bileşenleri ve Biyolojik Aktiviteleri

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Derleme Makale</i></p> <p>Geliş : 22/04/2019 Kabul : 10/09/2019</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Kamkat (<i>Fortunella</i> spp.) Biyolojik aktivite Flavonoid Askorbik asit Karatenoit</p>	<p>Turunçgillerin küçük mücevheri olarak nitelendirilen kamkat (<i>Fortunella</i> spp.) Rutaceae familyasının <i>Fortunella</i> cinsi içerisinde yer almaktadır. Anavatanı Çin olup, 19. Yüzyıl'da Amerika ve Avrupa'ya getirilmiş ve subtropik iklimlere adapte edilmiştir. Dünyada Çin, Japonya ve Amerika'da yaygın olarak yetiştirilmektedir. Yapılan çalışmalarda kamkatın içerdiği askorbik asit, karotenoidler, uçucu yağlar, diyet lif ve flavonoidler gibi biyoaktif bileşenlerin sağlık üzerine olumlu etkileri olduğu bildirilmiştir. Kamkat meyvesi taze tüketiminin yanında reçel, marmelat, şarap, likör ve meyve çayı gibi farklı gıda ürünlerine işlenerek de değerlendirilmekte, uçucu yağı ve ekstraktları gıda ve kozmetik sektöründe kullanılmaktadır. Sağlık üzerine olumlu etkileri olduğu anlaşılan kamkatın ülkemizde son yıllarda yetiştiriciliği ve üretimi konusundaki çalışmalar artış göstermiştir. Bu derlemede kamkat meyvesinin önemli biyoaktif bileşenleri ve biyolojik aktiviteleri ile ilgili çalışmalar özetlenmiştir.</p>

<sup>a</sup> [demet.yildizturgut@tarimorman.gov.tr](mailto:demet.yildizturgut@tarimorman.gov.tr) <sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7486-3701> | <sup>b</sup> [atopuz@akdeniz.edu.tr](mailto:atopuz@akdeniz.edu.tr)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6610-9143>



## Giriş

Kamkat (*Fortunella* spp.) Rutaceae familyasının *Fortunella* Swingle cinsine ait bir bitki türüdür. Turunçgillerin küçük mücevheri olarak ta nitelendirilen kamkatın dünyaya Çin'den yayıldığına inanılmaktadır. İlk kez Milattan Sonra 1178'de Çin literatüründe tanımlanmıştır. 1646'da bir Avrupalı yazar, bu meyvenin, 22 yıldır Çin'de çalışan Portekizli bir misyoner tarafından kendisine tanıtıldığını belirtmiştir. 1712'de ise kamkat, Japonya'da yetiştirilen bitkiler listesine dahil edilmiştir. Hong Kong ve Çin'de araştırmalar yapmak üzere görevlendirilen Robert Fortune isimli bir botanikçi; İngiltere'ye geri dönüşünde kamkatı ilk kez Avrupalılara tanıtmıştır. 1915 yılına kadar *Citrus* cinsinde yer alan kamkat, daha sonra Dr. Walter T. Swingle tarafından 6 türü içine alan *Fortunella* cinsine dahil edilmiştir. Kamkat dünyada Çin, Japonya, Amerika, Porto Riko, Guatemala, Kolombiya, Brezilya, Hindistan, Avustralya, Güney Afrika gibi ülkelerde yetiştirilmektedir. Yetiştiriciliği yapılan en yaygın kamkat çeşitleri ise "Hong Kong" (*F. hindsii* Swing.), "Marumi" (*F. japonica* Swing., syn. *Citrus maduremis* Lour.), "Meiwa" (*F. crassifolia* Swing.), "Nagami" (*F. margarita* Swing.) olarak belirtilmiştir (Morton, 1987; Ünlü, 2014).

Ülkemiz, turunçgillerinde dahil olduğu birçok subtropik ve tropik meyvenin yetiştirilmesine olanak sağlayan uygun iklim ve ekolojik koşullara sahiptir. Bu meyvelerden biri olan kamkatın ipek yolu ile Batum'a geldiği, buradan da Doğu Karadeniz ve diğer bölgelere yayıldığı bilinmektedir. Kamkat meyvesi turunçgillerin yetiştirilebildiği iklim koşullarını sağlayan Ege, Akdeniz ve Doğu Karadeniz bölgesinde yetiştirilebilmektedir. Son yıllarda çeşitli tarımsal araştırma kuruluşları ve üniversiteler tarafından kamkat yetiştiriciliği, fidan üretimi ve çeşit geliştirme çalışmaları ivme kazanmıştır. Bunun yanında kamkatın sağlık üzerine olan olumlu etkilerinin anlaşılmasıyla çiftçiler bu bitkinin yetiştirilmesine odaklanmıştır. İlk yıldan itibaren meyve vermeye başlayan kamkat bitkisinden, 4. yılda ağaç başına 15-20 kg ve 7. yılda 40-50 kg meyve alınabilmektedir (Güney ve ark., 2015; Ünlü, 2014).

Kamkat ağacı yavaş gelişen, her zaman yeşil, 2,5-4,5 m arası boylanabilen, yoğun bir dal yapısına sahip ve seyrek dikenlidir. Dalları açık yeşildir ve genç dallar köşelidir. Yaprakları koyu parlak yeşil, birbiri ardını izleyen mızrak şeklinde, 3,25-8,6 cm uzunluğundadır. Güzel kokulu, beş parçalı beyaz çiçekleri vardır. Meyveleri yuvarlak veya oval, 1,6-4 cm genişliğindedir. Meyve kabuklarının rengi çeşide göre altın sarısından kırmızımsı turuncuya kadar değişebilmektedir (Morton, 1987). Kamkatın pulp kısmı oldukça ekşidir. Kabuk kısmı ise terpenoidler ve flavonoidler nedeniyle tipik bir aromaya sahip olup, tatlıdır. Bu nedenle kamkat meyvesi diğer turunçgillerden farklı olarak kabuğu ile birlikte tüketilebilmektedir (Koyasako ve Bernard, 1983; Barreca ve ark., 2011; Ünlü, 2014).

Kamkat meyvesi beslenme açısından değerlendirildiğinde çeşit ve yetiştirme koşullarına göre değişmekle birlikte 100 g meyvede 71 kcal enerji, 1,88 g protein, 0,86 g yağ, 15,90 g karbonhidrat, 6,59 g lif ve 0,52 g kül bulunmaktadır. Minerallerden kalsiyum, potasyum ve magnezyum açısından zengindir (Anonim, 2017). Beslenme açısından öneminin yanında kamkat, askorbik asit, karotenoidler, uçucu yağlar, diyet lif ve flavonoidler

gibi insan sağlığına yararlı fitokimyasalları içermektedir (Agocs ve ark., 2007; Wang ve ark., 2007; Schirra ve ark., 2008; Jayaprakasha ve ark., 2012a; Peng ve ark., 2013). Yapılan bilimsel çalışmalarla kamkatın antikanser, antienflamatuvar, antioksidan ve antimikrobiyal aktivite gibi birçok biyolojik aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir (Barreca ve ark., 2011; Jayaprakasha ve ark., 2012b; Wang ve ark., 2012; Tan ve ark., 2014; Nagahama ve ark., 2015). Lien ve ark. (2009), kamkat kabuk ekstraktlarının kandaki LDL, triaçilgliserit ve lipit seviyelerini azalttığını da rapor etmişlerdir.

Kamkat meyvesi taze tüketiminin dışında şekerleme, reçel, marmelat, likör, şarap ve meyve çayı olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca salata, pasta ve tatlılara koyulmaktadır. Kabuk uçucu yağı ve ekstraktları gıda ve parfümeri endüstrisinde kullanılmaktadır (Choi, 2005; Wang ve ark., 2012; Lou ve ark., 2015; Yıldız Turgut ve ark., 2015). Bunun yanında kamkatın dondurma ve yoğurt gibi farklı gıda ürünlerinde fonksiyonelliği arttırmak amaçlı kullanıldığı çalışmalar mevcuttur (Mousa ve ark., 2011; Çakmakçı ve ark., 2016). Kurutulmuş kamkatın Uzak Doğu ülkelerinde solunum yolu hastalıklarının tedavisinde kullanıldığı bildirilmektedir (Chiu ve Chang, 1998; Lien ve ark., 2009; Lou ve ark., 2015). Bu derlemede ülkemizde üretimi artan kamkat meyvesinin biyoaktif bileşenleri ve biyolojik aktiviteleri ile ilgili çalışmalar özetlenmiştir.

## Kamkatın Biyoaktif Bileşenleri

### Uçucu Yağ ve Uçucu Bileşenler

Turunçgil kabuk yağları gıda kozmetik, eczacılık, parfümeri ve kimya endüstrisi gibi pek çok alanda geniş bir kullanım alanına sahiptir (Turhan ve ark., 2006). Turunçgil kabuklarındaki uçucu yağların kumarinler, flavonoidler, karotenler ve uçucu bileşenler gibi biyoaktif bileşenlerin zengin bir kaynağı olduğu bildirilmektedir (Mondello ve ark., 2005). Kamkat kabuğu da diğer turunçgiller gibi önemli oranda uçucu yağ içermektedir. Schirra ve ark. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada *F. japonica* Lour. Swingle kamkat çeşidinde kabuk uçucu yağ miktarı %0,18 olarak belirlenmiştir. Bir diğer çalışmada kamkatın flavado kısmından hidrodistilasyon yoluyla elde edilen uçucu yağ oranı %1,2 olarak belirlenmiştir (Quijano ve Pino, 2009). Kamkat uçucu yağının bileşiminde yer alan alkoller, ketonlar, asitler ve esterlerin, meyvenin karakteristik tat ve aromasına katkıda bulunmasının yanı sıra insan sağlığına da yararlı etkileri olduğu ifade edilmektedir (Schirra ve ark., 2008). Kamkat kabuk yağının bileşimi çeşide ve ekstraksiyon yöntemine göre değişmekle birlikte, kabuk uçucu yağının ana bileşeninin limonen olduğu farklı çalışmalarda rapor edilmiştir. Bu konuda yapılan ilk çalışmada Bernhard ve Scrubis (1961) buhar distilasyonu ile elde edilen kamkat uçucu yağında  $\alpha$ -pinen, mirisen, terpen esterleri, aldehitler, ketonlar ve serbest alkollerin bulunduğunu tespit etmişlerdir. En yüksek miktarda bulunan uçucu bileşenin ise limonen olduğu belirlenmiştir. Koyasako ve Bernard (1983) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise kamkat uçucu yağında 71 bileşen tespit edilmiş olup, en yüksek miktarda bulunan bileşenin %93 oran ile limonen olduğu belirlenmiştir.

Choi (2005) tarafından, Kore'de yetişen *F. japonica* çeşidine ait kamkat kabuklarından soğuk pres yöntemiyle elde edilen yağda GC ve GC-MS (Gaz kromatografisi-Kütle spektrometresi) ile toplam 82 uçucu bileşen tanımlanmıştır. Bu çalışmada kamkat kabuk yağındaki başlıca uçucu bileşenlerin limonen (%93,73), mirisen (%1,84) ve etil asetat (%1,13) olduğu tespit edilmiştir. Kamkattaki limonen oranının mandarin, misket limonu, limon ve portakal gibi diğer turunçgil kabuk yağlarındaki limonen oranından daha fazla olduğu belirtilmiştir. Kamkat kabuk yağının karakteristik aromasının sitronellil asetatından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Wang ve ark. (2012) tarafından *F. crassifolia* çeşidine ait kamkat kabuğundan hidrodistilasyon yöntemiyle elde edilen uçucu yağda GC-MS ile toplam 25 bileşen tespit edilmiştir. Güney ve ark. (2015) tarafından 5 farklı kamkat çeşidinde (*F. margarita*, *F. crassifolia*, *F. obovata* Hort. ex Tanaka, *F. hindsii* ve limequat (*Citrus aurantifolia* × *F. japonica*) GC-MS/headspace tekniğiyle 20 adet terpen, 5 adet aldehit, 8 adet alkol, 5 adet ester, 1 adet keton ve aminler olmak üzere 39 adet uçucu aroma bileşeni belirlenmiştir. En yüksek miktarda bulunan bileşenin *D*-limonen (%67,78-88,72) olduğu ortaya konmuştur.

#### Karotenoidler

Karotenoidler, turunçgil meyvelerinin kabuk ve suyunun renginden sorumlu renk pigmentleridir (Fanciullino ve ark., 2006). Epidemiyolojik bulgular karotenoid bakımından zengin meyve ve sebze tüketiminin kanser, kalp damar hastalıkları ve göz hastalıkları riskini azalttığını bildirmektedir (Silalahi, 2002; Stahl ve Sies, 2003; Milani ve ark., 2017). Karotenoidlerin insan sağlığı açısından başlıca fonksiyonu A vitaminin ön maddesi olmasıdır. 40'tan fazla karotenoidin A vitaminin ön maddesi olduğu bilinmektedir. Turunçgillerde ise A vitaminin ön maddesi olan 16 adet karotenoid belirlenmiştir. Bununla birlikte en yaygınları  $\beta$ -karoten,  $\beta$ -kriptoksantin ve  $\alpha$ -karotendir (Silalahi, 2002). Karotenoidler renk ve provitamin A fonksiyonunun yanında güçlü antioksidan aktiviteye de sahiptir. Bu bileşikler singlet oksijen molekülünü ( $^1O_2$ ) baskılayarak ve zararlı serbest radikalleri elimine etmek suretiyle antioksidan etki gösterirler (Zou ve ark., 2016).

Turunçgillerin kabuk ve pulp kısımlarının karotenoid içerikleri farklılık göstermektedir. Agocs ve ark. (2007) tarafından altı farklı turunçgil türünün karotenoid içerikleri üzerine yapılan çalışmada, turunçgillerin kabuk kısmında en fazla bulunan karotenoid bileşenlerinin violaksantin (%8-33),  $\beta$ -sitaurin (%11-28) ve  $\beta$ -kriptoksantin (%3-23); pulp kısımlarında ise  $\beta$ -kriptoksantin (%4,3-30,6) ve lutein (%5,7-14,9) olduğu tespit edilmiştir. Aynı çalışmada kamkatın kabuk kısmında  $\beta$ -sitaurin (%16,6), violaksantin (%16,9) ve  $\beta$ -kriptoksantin (%11,4), pulp kısmında ise  $\beta$ -kriptoksantin (%26,4), lutein (%10,6) ve mutaksoksantin (%5,7) başlıca karotenoid bileşenleri olarak belirlenmiştir. Ayrıca kamkatın kabuk kısmının karotenoid içeriğinin pulp kısmına göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Wang ve ark. (2007), tarafından yapılan çalışmada kamkatta tespit edilen başlıca karotenoidlerin  $\beta$ -kriptoksantin (1,83  $\mu$ g/g),  $\beta$ -karoten (1,31  $\mu$ g/g), lutein (0,099  $\mu$ g/g) ve zeaksantin (0,104  $\mu$ g/g) olduğu tespit edilmiştir. Kamkat meyvesinde toplam karotenoid içeriği ise 0.105 mg/g olarak belirlenmiştir.

Farklı turunçgil çeşitlerinin de yer aldığı bir diğer çalışmada, kamkatın kabuk kısmının toplam karotenoid içeriği 0,737 mg/g olarak saptanmış, karotenoid bileşenleri ise  $\beta$ -kriptoksantin 37  $\mu$ g/g,  $\beta$ -karoten 2,79  $\mu$ g/g, lutein 36,4  $\mu$ g/g ve zeaksantin 36,4  $\mu$ g/g olarak tespit edilmiştir. Kamkat kabuğunun  $\beta$ -karoten dışındaki karotenoid bileşikleri diğer turunçgil meyvelerinden daha fazla içerdiği belirlenmiştir (Wang ve ark., 2008).

*F. japonica* kamkat çeşidinde yapılan bir çalışmada meyvede karotenoid bileşenlerinden  $\beta$ -karoten 0,33 mg/100 g,  $\beta$ -kriptoksantin 0,26 mg/100 g, lutein 0,44 mg/100 g, zeaksantin 0,24 mg/100 g ve toplam karotenoid içeriği ise 1,27 mg/100 g olarak tespit edilmiştir (Schirra ve ark., 2008).

#### Askorbik asit

Turunçgillerde yüksek oranda bulunan askorbik asit, diğer bir deyişle C vitamini, suda çözünebilir önemli bir antioksidandır (Zou ve ark., 2009). Turunçgil meyveleri çeşide ve yetiştirildiği bölgeye göre değişmekle birlikte 21,3-83 mg/100 g askorbik asit içermektedir. Askorbik asit içeriğinin kabuk kısmında pulp kısmına oranla daha fazla olduğu bildirilmiştir (Lee ve Kader, 2000; Liu ve ark., 2012). Turunçgil meyvelerinin antioksidan potansiyelinin %40-54'ünün askorbik asitten kaynaklandığı rapor edilmiştir (Turner ve Burri, 2013). Aralarında "Nagami" çeşidi kamkatın da yer aldığı, 21 farklı turunçgil çeşidinin pulp ekstraktlarının polifenolik kompozisyonu, C vitamini ve antioksidan aktivitesinin incelendiği çalışmada kamkatın portakal, mandarin ve limon gibi turunçgillerden daha fazla C vitamini (>500  $\mu$ g/mL) içeriğine sahip olduğu ortaya konmuştur (Ramful ve ark., 2011).

Wang ve ark. (2007), 8 turunçgil çeşidinde biyoaktif bileşiklerin düzeylerini belirledikleri çalışmada; askorbik asit içeriklerinin 5,97 mg/g ile 12,5 mg/g arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu çalışmada kamkatın askorbik asit içeriği 6,77 mg/g olarak saptanmıştır.

13 farklı tropikal meyvenin C vitamini içeriklerinin belirlendiği bir çalışmada kamkatın C vitamini içeriği (55,29 mg/100 g) limon (51,30 mg/100 g) ve portakaldan (49,80 mg/100 g) yüksek bulunmuştur (Vinci ve ark., 1995).

#### Flavonoidler

Flavonoidler turunçgil meyvelerinde bulunan fenolik bileşenlerin en yaygın grubunu oluşturmaktadır (Hunlun ve ark., 2017). Turunçgillerde bulunan flavonoidlerin 60'tan fazla çeşidi tanımlanmıştır. Turunçgillerde bulunan başlıca flavonoidler flavanon glikozitleri ve polimetoksilleşmiş flavonlardır (Benavente-Garcia ve ark., 1997; Bocco ve ark., 1998). Turunçgillerde en yaygın flavonoid glikozitleri narirutin, naringin, hesperidin, neohesperidin, didymin ve ponsirin; polimetoksile flavonlar ise sinensetin, heksametoksiflavon, nobiletin, skutelarein, heptametoksiflavon ve tangeretindir (Baghurst, 2003).

Kamkat fenolikler, özellikle de flavonoidler açısından zengin bir meyvedir. Kamkatın bütün meyve, kabuk ve pulp kısımlarının fenolik ve flavonoid içeriğinin araştırıldığı bir çalışmada, kurutulmuş olarak hazırlanan ekstraktlarda kamkatın pulp kısmının en yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip olduğu (0,406 mg gallik asit eşdeğeri/g kuru ağırlık), bütün kamkatın ise flavonoid içeriğinin daha yüksek olduğu (0,0068 mg kuersetin eşdeğeri/g kuru ağırlık) tespit edilmiştir (Allam ve ark., 2015).

Kamkatin flavonoid bileşimi üzerine yapılan çalışmalarda, diğer turunçgil meyvelerinden farklı olarak kamkatin dihidrokalkonlar ve C-glikozit flavonoidler açısından zengin olduğu bildirilmiştir (Lou ve Ho, 2017). İlk olarak, 1958 yılında Matsuno tarafından yapılan bir çalışmada fortunellin (asasetin-7-O-neohesperidosid) adlı O-glikozit flavon kamkattan izole edilerek, uzun yıllar kamkatin major flavonoidi olarak tanımlanmıştır (Lou ve Ho, 2017; Matsuno, 1958). Daha sonra Kumomoto ve ark. (1985) tarafından kamkatin kabuk kısmının sıcak su ekstraktlarında 6,8-di-C-glukozilapigenin, 3,6-di-C-glukozilasasetin, 2''-O- $\alpha$ -L-ramnosil-4'-O-metilviteksin, 2''-O- $\alpha$ -L-ramnosil-4'-O-metilzoviteksin, 2''-O- $\alpha$ -L-ramnosilviteksin, 2''-O- $\alpha$ -L-ramnosilorientin, 2''-O- $\alpha$ -L-ramnosil-4'-O-metilorientin ve ponsirin olmak üzere 8 adet flavonoid glikozit belirlenmiştir (Lou ve Ho, 2017).

Kawail ve ark. (1999) tarafından farklı kamkat çeşitlerinin (*F. japonica*, *F. margarita* ve *F. crassifolia*) metanol/dimetil sülfoksit ekstraktlarında eriositrin, narirutin, hesperidin, neohesperidin, luteolin, neoponsirin, ponsirin ve kampferol olmak üzere 8 adet majör flavonoid belirlenmiştir. Kurutulmuş örnekte en yüksek miktarda bulunan flavonoidin 289-460  $\mu$ g/100 mg ile narirutin olduğunu kaydetmişlerdir. Daha sonra tekrar inceleme sonucu DGPP (3',5'-di-C- $\beta$ -glukopiranosilfloretilin) dihidrokalkon glikoziti majör flavonoid olarak kamkattan izole edilmiştir. Diğer majör bileşikler ise 2'-O- $\alpha$ -L-ramnopiranosilsitisosid, 2'-O- $\alpha$ -L-ramnopiranosilsitisosid ve fortunellin olarak tanımlanmıştır.

Asasetin 8-C-neohesperidosid (margariten) ve asasetin 6-C-neohesperidosid (isomargariten) DGPP'den sonra kamkatta en fazla bulunan C-glikozit flavonlardır. Fortunellin ise kamkatta bulunan başlıca O-glikozit flavondur. Aglikon içeriği margariten ve isomargaritenle aynıdır. Özetle kamkatta bulunan başlıca flavonoidlerin dihidrokalkon, flavon ve flavanon bileşikler olduğu, aglikonların ise floretin, asasetin ve apigenin olduğu bildirilmiştir. Ayrıca kamkatta ferulik ve sinapik asit gibi fenolik asitlerin varlığından bahsedilmektedir (Lou ve Ho, 2017).

Lou ve ark. (2016) tarafından olgunlaşmamış ve olgunlaşmış kamkat meyvesinin kabuğunda DGPP [2082-1348 mg/100 g kuru madde (km)], fortunellin (234-97,8 mg/100 g km) margariten (372-179 mg/100 g km), isomargariten (205-101 mg/100 g km), apigenin 8-C-neohesperidosid (56,5-21,4 mg/100 g), ponsirin (33-14,8 mg/100 g km) ve apigenin 7-O-neohesperidosid (rhoifolin) (7,4-5,5 mg/100 g km) kantitatif olarak belirlenmiştir. Olgunlaşmamış kamkatin toplam flavonoid içeriğinin yaklaşık %70'ini DGPP'nin, %10'unu ise O-glikozil bileşiklerin (fortunellin, ponsirin, rhoifolin) oluşturduğu, olgunlaşmış kamkatta ise flavonoidlerin %93,2'sini C-glikozil bileşiklerin, %6,8'ini O-glikozil bileşiklerin oluşturduğu bildirilmiştir.

Olgunlaşmamış taze kamkat meyvelerinde DGPP (285,9 mg/100 g), margariten (136,2 mg/100 g), isomargariten (119,1 mg/100 g), fortunellin (28,5 mg/100 g), apigenin 8-C-neohesperidosid (16,9 mg/100 g), ponsirin (5,1 mg/100 g) ve rhoifolin (2 mg/100 g) olmak üzere 7 flavonoid belirlenmiştir (Lou ve ark., 2015).

Wang ve ark. (2007), yaptıkları çalışmada 8 turunçgil çeşidinde biyoaktif bileşiklerin düzeylerini belirlemişlerdir. Araştırmada toplam fenolik asit ve

flavonoid içerikleri toplam karotenoid içeriklerinden daha yüksek bulunmuştur. Kamkatta toplam fenolik ve flavonoid içeriği sırasıyla 52,3 mg GAE/g ve 8,41 mg RE/g olarak bulunmuştur. Flavonoidlerden rutin (0,043 mg/g), kuersetin (0,308 mg/g), kampferol (0,235 mg/g), diosmin (0,699  $\mu$ g/g), sinensetin (1,64  $\mu$ g/g), narinjin (27,9  $\mu$ g/g) ve hesperidin (0,366  $\mu$ g/g), fenolik asitlerden klorojenik asit (50  $\mu$ g/g), ferulik asit (4,92  $\mu$ g/g), sinapik asit (11,5  $\mu$ g/g) ve *p*-kumarik asit (22,1  $\mu$ g/g) belirlenmiştir. Kamkatin diğer turunçgillerden daha fazla diosmin içeriğine sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Sekiz farklı turunçgil çeşidinin kabuklarında yapılan çalışmada kamkat kabuğunun toplam flavonoid içeriği 41 mg GAE/g olarak bulunmuştur. Kamkat kabuğunda flavonoidlerden rutin (0,09 mg/g), kuersetin (0,78 mg/g), kampferol (0,15 mg/g), diosmin (1,12 mg/g), sinensetin (0,01 mg/g), narinjin (0,21 mg/g) ve hesperidin (0,10 mg/g), fenolik asitlerden klorojenik asit (145  $\mu$ g/g), ferulik asit (52,7  $\mu$ g/g), sinapik asit (49,7  $\mu$ g/g), *p*-kumarik asit (41,7  $\mu$ g/g) ve kafeik asit (17,3  $\mu$ g/g) bulunduğu tespit edilmiştir (Wang ve ark., 2008).

*F. japonica* kamkat çeşidinde yapılan bir çalışmada flavonoidlerden narirutin 107 mg/100 g, rhoifolin 36,66 mg/100 g, toplam flavonoid içeriği 143,70 mg/100 g, toplam fenolik madde içeriği 290,60 mg/100 mL ve DPPH inhibisyon yüzdesi ise 12,60 olarak belirlenmiştir (Schirra ve ark., 2008).

Ramful ve ark. (2011) ise *F. margarita* çeşidinin %80'lik metanolik ekstraktlarında ponsirin (3,93 mg/g taze ağırlık) didymin (15,53 mg/g taze ağırlık), isorhoifolin (0,03 mg/g taze ağırlık), hesperidin (13,97 mg/g taze ağırlık) ve narirutin (5,11 mg/g taze ağırlık) flavonoid bileşenleri belirlenmiştir.

Bir diğer çalışmada ise kamkatta DGPP, ponsirin, narirutin, rutin ve apigenin 8-C-rutinosid belirlenmiştir (Jayaprakasha ve ark., 2012b). Ogawa ve ark. (2001) tarafından ise kamkatta DGPP, margaritene, isomargariten, fortunellin kantitatif olarak belirlenmiştir.

Nogata ve ark. (2006) farklı turunçgil çeşitlerinin flavonoid kompozisyonunu inceledikleri çalışmada "Oval" ve "Meiwa" kamkat çeşitlerinde narirutin (399-279 mg/100 g), narinjin (3,1-3,4 mg/100 g), hesperidin (1,6-0,9 mg/100 g), neoponsirin (19,5-11,8 mg/100 g), ponsirin (27,8-23,2 mg/100 g) ve rhoifolin (3,9-4,6 mg/100 g) flavonoid bileşenleri tespit edilmiştir.

## Kamkatin Biyolojik Aktiviteleri

### Antioksidan Aktivite

Canlılarda hücresel faaliyetler için gerekli enerjinin üretilmesini sağlayan oksijen metabolizması sonucunda reaktif oksijen türleri olarak adlandırılan serbest radikaller oluşmaktadır. Bu radikaller hücre membranlarında doymamış yağ asitleri ile reaksiyona girerek, lipidlerin peroksidasyonuna ve protein ve DNA (Deoksiribonükleik asit) hasarına yol açarak hücre inaktivasyonuna neden olmaktadır (Chidambara Murthy ve ark., 2002; Sevindik, 2018). Bu durumda insanlarda bağışıklık sistemi zayıflamakta, çeşitli kanser türleri, kalp-damar rahatsızlıkları, diyabet, katarakt, sinir ve sindirim sistemi ile ilgili birçok hastalık oluşabilmektedir (Koca ve Karadeniz, 2003; Erbaş ve ark., 2008; Sevindik ve ark., 2017). İnsan vücudu serbest radikallere karşı çeşitli

antioksidan savunma mekanizmalarına sahiptir. Bu savunma mekanizmaları vücutta bulunan ve diyetle alınan antioksidanları içermektedir. Vücutta bulunan antioksidan mekanizmaları enzimatik ve enzimatik olmayan mekanizmalardır. Enzimatik olan antioksidan mekanizmasında süperoksit dizmütaz, glutasyon peroksidaz, katalaz ve peroksidaz gibi enzimler rol oynamaktadır. Enzimatik olmayan antioksidan mekanizmasında ise glutasyon, transferin, ferritin, dihidrolipoik asit, ubikuinol, koenzim Q10 (CoQ10), ürik asit ve melatonin yer almaktadır (Pietta, 2000). Antioksidanlar serbest radikallerin oluşumuna yol açabilecek zincir reaksiyonlarda kendileri okside olarak radikallerin oluşumundaki artışı dengelemekte, yavaşlatıp durdurabilmektedirler. Eğer reaktif oksijen türlerinin oluşumu biyolojik sistemlerin antioksidan kapasitesini aşarsa oksidatif stres oluşmaktadır. Bu nedenle gıdalarla antioksidanların vücuda alımı bazı hastalıkları önlemede ve yaşlanma sürecini geciktirmede önemli rol oynamaktadır. Meyve ve sebzelerde bulunan başlıca antioksidan bileşikler askorbik asit, E vitamini, karotenoidler ve fenolik bileşiklerdir (Pelli ve Lyly, 2003; Albayrak ve ark., 2010; Demirbükür Kavak, 2010).

Kamkatın sağlık açısından önemi, öncelikle ihtiva ettiği askorbik asit ve flavonoidler gibi antioksidanlardan kaynaklanmaktadır (Guo ve ark., 2003; Lou ve Ho, 2017). Askorbik asit süperoksit ve hidroperoksil radikalleri, sulu peroksi radikalleri, singlet oksijen, ozon, peroksinitrit, nitrojen dioksit, nitroksit radikalleri ve hidroklorik asit gibi reaktif oksijen ve nitrojen türlerini temizleyerek protein, yağ asidi ve DNA'nın oksidasyonunu engellemektedir. Böylece kanser, katarakt, kalp damar hastalıkları gibi kronik hastalık riskini azaltmaktadır. Askorbik asitin kansere karşı diğer koruyucu mekanizması karsinojen nitrozaminler gibi mutajenik bileşiklerin oluşumunu engellemesidir. Askorbik asit ayrıca vitamin A ve E'nin oksidasyonunu engellemektedir (Silalahi, 2002; Escobedo-Avellaneda ve ark., 2014).

Guo ve ark. (2003) tarafından yapılan 28 farklı meyvenin pulp, kabuk ve çekirdeklerinin FRAP (Demir İyonu İndirgeyici Antioksidan Gücü) yöntemiyle antioksidan aktivitelerinin araştırıldığı çalışmada, kamkatın pulp, kabuk ve çekirdek kısmının antioksidan aktiviteleri sırasıyla 0,50, 0,25 ve 0,66 mmol/100 g olarak belirlenmiştir. Araştırılan tüm meyvelerde sadece kamkatın çekirdek kısmının pulp ve kabuk kısmına göre daha fazla antioksidan aktivite gösterdiği belirtilmiştir. Pulp kısmında antioksidan aktiviteye C vitamini içeriğinin %80 oranında katkıda bulunduğu ifade edilmiştir. Farklı turuncu tür ve çeşitlerinin pulp ekstraktlarının polifenolik kompozisyonu, C vitamini ve antioksidan aktivitesinin incelendiği bir diğer çalışmada "Nagami" çeşidi kamkatın en yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu ortaya konmuştur (Ramful ve ark., 2011).

Farklı meyve sularının toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasitelerinin araştırıldığı çalışmada santrifüj edilmiş ve edilmemiş kamkat suyu örneklerinde toplam fenolik madde içeriği sırasıyla 15,02 mg GAE/100 mL ve 11,65 mg GAE/100 mL olarak tespit edilmiştir. ORAC yönteminin kullanıldığı antioksidan kapasite ise 38,16 µmol TE (Trolox Eşdeğeri)/ 100 mL ve 133,50 µmol TE/ 100 mL olarak belirlenmiştir (Keskin-Sasic ve ark., 2012).

Flavonoidlerin yüksek antioksidan ve radikal yakalama aktivitesi ile birçok kronik hastalığa yakalanma riskini azaltıcı, bazı kardiyovasküler düzensizlikleri ve kanseri önleyici etkiler gösterdiği bildirilmiştir. Flavonoidler süperoksit, hidroksil, nitrik oksit, alkoksil, peroksil gibi radikalleri temizleyerek, demir ve bakır gibi metallerle şelat oluşturarak, bazı enzimleri inhibe ederek antioksidan özellik gösterirler (Garcia-Lafuente ve ark., 2009).

Kamkatta başlıca antioksidan etkili flavonoidlerin DGPP ve apigenin 8-C-neohesperidosid olduğu bildirilmiştir. DGPP'nin antioksidan aktivitesi A halkasının fonksiyonundan kaynaklanmaktadır. Ayrıca DGPP, B halkasında C-4' pozisyonunda hidroksi grup içermekte, bu da antioksidan aktiviteye katkıda bulunmaktadır. Apigenin 8-C-neohesperidosidin yapısında yer alan aglikon apigeninin yapısı 4-oxo grubu ve C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub> çift bağı içermesi, B halkasında uzun bir zincir konjugasyon sistemi sağlar. Bu durum B halkasının elektron dekolizasyonuna katkıda bulunur. Bunun dışında bu bileşiğin C-4' pozisyonunda hidroksi grup içermesi antioksidan aktivitede etkilidir. Diğer flavonoidlerden isomargariten, margariten, fortunellin ve ponsirin B halkasının 4' pozisyonunda bir metoksi grubu içermektedir. B halkasındaki 4' pozisyonundaki hidroksi grubunun bloke edilmesi, flavonoidlerde antioksidan aktivitenin kaybına sebep olabilmektedir (Lou ve Ho, 2017).

C-glikozitler insan sağlığı açısından geniş bir etkiye sahiptir. C-glikozil flavonoidlerin O-glikozil flavonoidler ve aglikonlardan daha yüksek antioksidan aktivite potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir. C-glikozitlerin diğer bir önemli bir özelliği de, O-glikozitlere göre genellikle asidik ve enzimatik hidrolize karşı dayanıklı olmalarıdır. Ayrıca C-glikozil flavonlar O-glikozil flavonlardan daha güçlü antienflamatuvar potansiyele sahiptir. C-glikozil flavonların antienflamatuvar etkisi A halkasındaki glikolizasyonla artmakta, flavon halkasındaki hidroksil gruplarının metoksilasyonu ise bu etkiyi azaltmaktadır (Lou ve Ho, 2017).

O-glikozit flavonoidlerden rhoifolin ve fortunellin HIV-1 proteaza karşı inhibitör etki göstermekte ve hepatositik otofajinin korunmasını sağlamaktadır. Ek olarak fortunellinin antibakteriyel etkisi rapor edilmiştir. Diğer bir majör O-glikozit flavonoid ponsirinin gastrik hastalıklar üzerine koruyucu etkisi ve antienflamatuvar etkisi çalışılmıştır. Ponsirinin adipogenezini inhibe ederken osteoblast farklılaşmasını teşvik ederek mezenkimal kök hücreleri üzerinde etkili olduğu kanıtlanmıştır. Ponsirinin osteoporozun tedavisinde ve obezitenin önlenmesinde bir ajan olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Lou ve Ho, 2017).

#### Antimikrobiyal Aktivite

Dai (2015) tarafından olgunlaşmamış kamkatın sıcak su ekstraktlarının antimikrobiyal etkisi araştırılmıştır. Kamkat ekstraktının Gram pozitif bakterilere karşı Gram negatif bakterilerden daha iyi inhibitör etki gösterdiği gözlenmiştir. *Bacillus cereus*'a karşı en etkili minimum inhibisyon konsantrasyonunun 25 mg/mL olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar ayrıca C-18 kolonla ekstraktları 6 farklı fraksiyona ayırarak antimikrobiyal aktiviteyi değerlendirmişlerdir. Fraksiyon IV'ün *B. cereus*, *Listeria monocytogenes* ve *Staphylococcus aureus*'a karşı antibakteriyel aktivite gösterdiği belirlenmiştir. 100 g kuru fraksiyonun 41,1g DGPP, 22,3 g margariten, 1,5 g fortunellin, 1,4 g isomargariten, 0,5 g rhoifolin ve 0,2 g ponsirin içerdiği tespit edilmiştir.

Barreca ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada kamkattaki dihidro kalkonların özellikle *S. aureus*, *L. monocytogenes* ve metisiline dirençli *S.aureus* gibi Gram pozitif bakterilerin gelişmesini önlediği ortaya konmuştur.

Wang ve ark. (2012) tarafından *F.crassifolia* çeşidine ait kamkat kabuğundan hidrodistilasyon yöntemiyle elde edilen uçucu yağın Gram-negatif (*E. coli*, *S. typhimurium*) ve Gram-pozitif (*S. aureus*, *B. cereus*, *B. subtilis*, *L. bulgaricus*, *B. laterosporus*) bakterilere karşı antimikrobiyal etkili, ayrıca *Candida albicans*'a karşı antifungal etkili olduğu tespit edilmiştir.

#### Tirozinaz İnhibitör Aktivite

Tirozinaz inhibitörleri meyvelerde enzimatik esmerleşmenin ve insan cildinde istenmeyen hiperpigmentasyonların baskılanmasında geniş bir uygulama alanına sahiptir (Lou ve Ho, 2017). Olgunlaşmamış kamkatın sıcak su ekstraktlarının tirozinaz inhibitör aktiviteleri incelenmiş ve 2,5 mM konsantrasyonda %75,5 tirozinaz inhibisyon etkisi gösterdiği kanıtlanmıştır (Huang, 2013). DGPP, tirozinaz inhibitör aktivite için kamkatta bulunan başlıca etkili bileşiktir. DGPP'nin aynı konsantrasyonda %71,7 inhibitör etki gösterdiği rapor edilmiştir (Lou ve Ho, 2017). DGPP'nin tirozinaz inhibitör etkisi 2,6-dihidrokiyasetofenon çekirdeğinin hareketinden, ayrıca B-halkasındaki 4' pozisyonundaki hidroksi grubundan kaynaklanmaktadır (Lou ve ark., 2012).

#### Antikanser ve Antitümör Aktivite

Kamkatın n-hekzan ekstraktlarının, 100 mg/mL konsantrasyonunda insan prostat kanser (LNCaP) hücrelerinin 96 saat sonunda en yüksek inhibisyonu (%86,4) sağladığı bildirilmiştir. Bunu sırasıyla etanol ekstraktı (%82,8), metanol ekstraktı (%76,7) ve metanol:su ekstraktı (%68,2) takip etmiştir. Araştırmacılar ayrıca etanol, metanol ve metanol:su ekstraktlarının farklı seviyelerde sitotoksisite gösterdiğini, bu durumun ekstraktlarda bulunan rutin, narirutin, ponsirin, apigenin 8-C-rutinosid ve DGPP gibi flavonoidlerden kaynaklanabileceğini öne sürmüşlerdir. Ancak maksimum hücre üreme inhibisyon aktivitesini sağlayan n-hekzan ekstraktlarının bu etkisinin  $\beta$ -karoten,  $\beta$ -kubeben ve heksadekanoinik asit ile bunların kümülatif etkilerinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Barreca ve ark., 2011).

Nagahama ve ark. (2015) kamkatın perikarp kısmından elde edilen aseton ekstraktlarının in vitro ve in vivo ortamda doğal öldürücü (NK-Natural killer) hücre aktivitesini araştırmışlardır. İnsan KHYG-1 NK hücrelerinde interferon-g üretimi ve doğal öldürücü sitotoksik aktivitenin arttığı gözlenmiştir. Ayrıca aseton ekstraktlarının ağız yoluyla alımı stres altındaki farelerde splenosit başına hem plazma interferon-g seviyelerini hem de doğal öldürücü sitotoksik aktivitenin gelişmesine neden olduğu belirlenmiştir. Doğal öldürücü hücrelerin aktivasyon etkisinin  $\beta$ -kriptoksantin gibi karotenoidlerden kaynaklanabileceği öne sürülmüştür.

Kamkat ekstraktlarının içeriğindeki rutin, narirutin, ponsirin, apigenin 8-C-rutinosid, DGPP,  $\beta$ -karoten ve uçucu bileşenler gibi fitokimyasalların etkisiyle prostat kanser hücrelerinin çoğalmasını in vitro ortamda engellediği bildirilmiştir (Jayaprakasha ve ark., 2012a).

Kamkatın antimetabolik rahatsızlıklara etkisinin araştırıldığı çalışmada, kamkat etanol ekstraktlarının yüksek

yağlı diyetle beslenen obez farelerde hiperglisemi, hiperlipidemi ve hepatik lipid birikimi üzerine iyileştirici etki yaptığı kanıtlanmıştır. Kamkatın etanolik ekstraktlarının obezite ve obezite ile ilgili hastalıkların tedavisinde kullanılabileceği önerilmiştir (Tan ve ark., 2014).

#### Sonuç

Günümüzde beslenme ve sağlık ilişkisi ile ilgili çalışmaların yoğunlaşması, tüketicilerin sağlıklı ve besin değeri yüksek gıdalara olan talebini de artırmıştır. Kamkat diğer turuncu gıdalar ile aynı familyada yer almasına rağmen gerek tüketimi gerekse içerdiği biyoaktif bileşenlerin çeşidi ve miktarı bakımından bu meyvelerden ayrı bir yere sahiptir. Kabuğu ile birlikte tüketilebilen bir meyve olan kamkatın hem kabuk hem de pulp kısmının önemli miktarda biyoaktif maddelere sahip olduğu bilimsel çalışmalarla ortaya konmuştur İçerdiği bu bileşenler nedeniyle antioksidan, antimikrobiyal, antikanser ve antimetabolik aktivite gibi birçok biyolojik aktiviteleri klinik çalışmalarla kanıtlanmıştır. Ancak bu etki mekanizmalarının daha iyi anlaşılması için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca bu meyvenin farklı ürünlere işlenmesi, içeriğindeki biyoaktif bileşenlerin izolasyonu ve saflaştırılması, farklı gıda formülasyonlarında kullanılabilirliği ve etkileri gibi çalışmaların yapılması bu meyvenin daha fazla tanınması, üretiminin ve tüketiminin artırılması açısından yararlı olacaktır.

#### Teşekkür

Bu derleme, "Farklı Yöntemlerle Kurutulmuş Kamkatın (*Fortunella margarita* Swing.) Bazı Kalite Özellikleri ve Depolamaya Bağlı Değişimi" adlı doktora tezinden türetilmiştir. Bu çalışmayı Yurt İçi Doktora Burs Programı kapsamında destekleyen TÜBİTAK-BİDEB'e teşekkürlerimizi sunarız.

#### Kaynaklar

- Agocs A, Nagy V, Szab Z, Mark L, Ohmacht R, Deli J. 2007. Comparative study on the carotenoid composition of the peel and pulp of different citrus species. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8(3): 390-394. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.03.012>.
- Albayrak S, Sağdıç O, Aksoy A. 2010. Bitkisel ürünlerin ve gıdaların antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 26(4): 401-409.
- Allam M, Khedr AA, Beltagy A. 2015. Kumquat As A Potent Natural Material To Improve Lipid Profile Of Hypercholesterolemic Rats. *Bioline An International Quarterly Journal of Biology and Life Sciences*, 3(1): 171-181.
- Anonim 2017. Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı. <http://www.turkomp.gov.tr> (Son erişim tarihi: 17.11.2017).
- Baghurst K. 2003. The health benefits of citrus fruits: CSIRO Health Science Nutrition Horticulture Australia Ltd. Sidney, Australia. 128 p.
- Barreca D, Bellocco E, Caristi C, Leuzzi U, Gattuso G. 2011. Kumquat (*Fortunella japonica* Swingle) juice: Flavonoid distribution and antioxidant properties. *Food Research International*, 44(7): 2190-2197. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.031>

- Barreca D, Bellocco E, Laganà G, Ginestra G, Bisignano C. 2014. Biochemical and antimicrobial activity of phloretin and its glycosylated derivatives present in apple and kumquat. *Food Chemistry*, 160: 292-297. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.118>
- Benavente-García O, Castillo J, Marin FR, Ortuño A, Del Rio JA. 1997. Uses and properties of citrus flavonoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(12): 4505-4515. DOI: 10.1021/jf970373s
- Bernhard RA, Scrubis B. 1961. The isolation and examination of the essential oil of the kumquat. *Journal of Chromatography A*, 5: 137. DOI:10.1016/S0021-9673(01)92832-8
- Bocco A, Cuvelier ME, Richard H, Berset C. 1998. Antioxidant activity and phenolic composition of citrus peel and seed extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(6): 2123-2129. DOI: 10.1021/jf9709562
- Chidambara Murthy KN, Jayaprakasha GK, Singh RP. 2002. Studies on antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel extract using in vivo models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(17): 4791-4795. DOI: 10.1021/jf0255735
- Chiu, NC, Chang KS. 1998. The illustrated medicinal plants of Taiwan. Taiwan: SMC publishing Ltd, Vol 5, Taipei, Taiwan, 194 p.
- Choi HS. 2005. Characteristic odor components of kumquat (*Fortunella japonica* Swingle) peel oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 1642-1647. DOI: 10.1021/jf040324x
- Çakmakçı S, Topdaş EF, Çakır Y, Kalın P. 2016. Functionality of kumquat (*Fortunella margarita*) in the production of fruity ice cream. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 96(5): 1451-1458. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7241>
- Dai JS. 2015. Antibacterial activity and effective components in peel of kumquat and calamondin. Master Thesis. Taiwan: Department of Food Science. National Ilan University.
- Demirbükler Kavak D. 2010. Antioksidan Etkileşimleri: Polifenol-Protein Etkileşimleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(3): 9-16.
- Erbaş M, Gül S, Şekerci H. 2008. Fonksiyonel Gıda Bileşeni olarak diyetel antioksidanlar. *Türkiye 10. Gıda kongresi içinde* (1053-1056 ss.), 21-23 Mayıs 2008, Erzurum, Türkiye.
- Escobedo-Avellaneda Z, Gutierrez-Urbe J, Valdez-Fragoso A, Torres JA, Welti-Chanes J. 2014. Phytochemicals and antioxidant activity of juice, flavedo, albedo and comminuted orange. *Journal of Functional Foods*, 6: 470-481. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.11.013>
- Fanciullino AL, Dhuique-Mayer C, Luro F, Casanova J, Morillon R, Ollitrault P. 2006. Carotenoid diversity in cultivated citrus is highly influenced by genetic factors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(12): 4397-4406. DOI: 10.1021/jf0526644
- Garcia-Lafuente A, Guillamón E, Villares A, Rostagno MA, Martínez JA. 2009. Flavonoids as anti-inflammatory agents: implications in cancer and cardiovascular disease. *Inflammation Research*, 58(9): 537-552. DOI:10.1007/s00011-009-0037-3
- Guo C, Yang J, Wei J, Li Y, Xu J, Jiang Y. 2003. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition research*, 23(12), 1719-1726. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2003.08.005>
- Güney M, Öz AT, Kafkas E. 2015. Comparison of lipids, fatty acids and volatile compounds of various kumquat species using HS/GC/MS/FID techniques. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 95(6): 1268-1273. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6817>
- Huang JD. 2013. Tyrosinase inhibitory components in immature kumquat and effect of flowering periods on its phenolics compounds. Master Thesis. Taiwan: Department of Food Science. National Ilan University.
- Hunlun C, de Beer D, Sigge GO, Van Wyk J. 2017. Characterisation of the flavonoid composition and total antioxidant capacity of juice from different citrus varieties from the Western Cape region. *Journal of Food Composition and Analysis*, 62: 115-125. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.04.018>
- Jayaprakasha GK, Murthy KC, Etlinger M, Mantur SM, Patil BS. 2012a. Radical scavenging capacities and inhibition of human prostate (LNCaP) cell proliferation by *Fortunella margarita*. *Food Chemistry*, 131(1): 184-191. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.058>
- Jayaprakasha GK, Murthy KNC, Demarais R, Patil BS. 2012b. Inhibition of prostate cancer (LNCaP) cell proliferation by volatile components from Nagami kumquats. *Planta Medica*, 78(10): 974-980. DOI: 10.1055/s-0031-1298619
- Kawai S, Tomono Y, Katase E, Ogawa K, Yano M. 1999. Quantitation of flavonoid constituents in citrus fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(9): 3565-3571. DOI: 10.1021/jf990153+
- Keskin-Sasic I, Tahirovic I, Topcagic A, Klepo L, Salihovic M, Ibragic S, Velispahic E. 2012. Total phenolic content and antioxidant capacity of fruit juices. *Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina*, 39: 25-28.
- Koca N, Karadeniz F. 2003. Serbest radikal oluşum mekanizmaları ve vücuttaki antioksidan savunma sistemleri. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 16: 32-37.
- Koyasako A, Bernhard RA. 1983. Volatile constituents of the essential oil of kumquat. *Journal of Food Science*, 48(6): 1807-1812. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1983.tb05090.x>
- Kumamoto H, Matsubara Y, Iizuka Y, Okamoto K, Yokoi K. 1985. Structure and hypotensive effect of flavonoid glycosides in kinkan (*Fortunella japonica*) peelings. *Agricultural and Biological Chemistry*, 49(9): 2613-2618. <https://doi.org/10.1271/abb1961.49.2613>
- Lee SK, Kader AA. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20(3): 207-220. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00133-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00133-2)
- Lien DN, Quynh NT, Quang NH, Ngan NTT. 2009. Anti-Obesity and Body Weight Reducing Effect of *Fortunella japonica* Peel Extract Fractions in Experimentally Obese Mice. *VNU Journal of Science, Natural Sciences and Technology*, 25: 179-187.
- Liu Y, Heying E, Tanumihardjo SA. 2012. History, Global Distribution, and Nutritional Importance of Citrus Fruits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11(6): 530-545. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00201.x>
- Lou SN, Ho CT. 2017. Phenolic compounds and biological activities of small-size citrus: Kumquat and calamondin. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(1): 162-175. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.10.024>
- Lou SN, Lai YC, Hsu YS, Ho CT. 2016. Phenolic content, antioxidant activity and effective compounds of kumquat extracted by different solvents. *Food Chemistry*, 197: 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.096>
- Lou SN, Lai YC, Huang JD, Ho CT, Ferng LHA, Chang YC. 2015. Drying effect on flavonoid composition and antioxidant activity of immature kumquat. *Food Chemistry*, 171: 356-363. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.119>
- Lou SN, Yu MW, Ho CT. 2012. Tyrosinase inhibitory components of immature calamondin peel. *Food Chemistry*, 135(3): 1091-1093. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.062>
- Matsuno T. 1958. Constituent of cumquats: isolation of a new flavone glycoside, Fortunellin. *Yakugaku Zasshi*, 78:1311. [https://doi.org/10.1248/yakushi1947.78.11\\_1311](https://doi.org/10.1248/yakushi1947.78.11_1311)
- Milani A, Basirnejad M, Shahbazi S, Bolhassani A. 2017. Carotenoids: biochemistry, pharmacology and treatment. *British journal of pharmacology*, 174(11): 1290-1324. DOI:10.1111/bph.13625

- Mondello L, Casilli A, Tranchida PQ, Dugo P, Dugo G. 2005. Comprehensive two-dimensional GC for the analysis of citrus essential oils. *Flavour and Fragrance Journal*, 20(2): 136-140. <https://doi.org/10.1002/ffj.1506>
- Morton J. 1987. Kumquat. In: *Fruits of Warm Climates*. Creative Resource Systems, Miami, FL, USA, pp. 182-185.
- Mousa RA, Abd El-Rahman HA, El-Massry FH. 2011. Effect of some natural sweeteners on yoghurt with fruit (kumquat) during storage. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 89: 1039-1051.
- Nagahama K, Eto N, Shimojo T, Kondoh T, Nakahara K, Sakakibara Y, Suiko M. 2015. Effect of kumquat (*Fortunella crassifolia*) pericarp on natural killer cell activity in vitro and in vivo. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 79(8): 1327-1336. <https://doi.org/10.1080/09168451.2015.1025033>
- 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>
- Ogawa K, Kawasaki A, Omura M, Yoshida T, Ikoma Y, Yano M. 2001. 3', 5'-Di-C- $\beta$ -glucopyranosylphloretin, a flavonoid characteristic of the genus *Fortunella*. *Phytochemistry*, 57(5): 737-742. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(01\)00132-7](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(01)00132-7)
- Pelli K, Lyly M. 2003. Antioxidant in the Diet. *Flair-Flow 4 synthesis report*. Institut National de la Recherche Agronomique. 23. France.
- Peng LW, Sheu MJ, Lin LY, Wu CT, Chiang HM, Lin WH, Chen HC. 2013. Effect of heat treatments on the essential oils of kumquat (*Fortunella margarita* Swingle). *Food Chemistry*, 136 (2): 532-537. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.014>
- Pietta PG. 2000. Flavonoids as antioxidants. *Journal of Natural Products*, 63(7), 1035-1042. DOI: 10.1021/np9904509
- Quijano CE, Pino JA. 2009. Volatile compounds of round kumquat (*Fortunella japonica* Swingle) peel oil from Colombia. *Journal of Essential Oil Research*, 21(6): 483-485. <https://doi.org/10.1080/10412905.2009.9700224>
- Ramful D, Tarnus E, Aruoma OI, Bourdon E, Bahorun T. 2011. Polyphenol composition, vitamin C content and antioxidant capacity of Mauritian citrus fruit pulps. *Food Research International*, 44: 2088-2099. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.056>
- Schirra M, Palma A, Aquino SD, Angioni A, Minello EV, Melis M, Cabras P. 2008. Influence of postharvest hot water treatment on nutritional and functional properties of kumquat (*Fortunella japonica* Lour. Swingle Cv. Ovale) Fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 455-460. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.057>
- Sevindik M, Akgul H, Pehlivan M, Selamoglu Z. 2017. Determination of therapeutic potential of *Mentha longifolia* ssp. *longifolia*. *Fresen Environ Bull*. 26: 4757-4763.
- Sevindik M. 2018. Investigation of oxidant and antioxidant status of edible mushroom *Clavariadelphus truncatus*. *Mantar Dergisi*. 9(2): 165-168
- Silalahi J. 2002. Anticancer and health protective properties of citrus fruit components. *Asia Pacific journal of clinical nutrition*, 11(1): 79-84. <https://doi.org/10.1046/j.1440-6047.2002.00271.x>
- Stahl W, Sies H. 2003. Antioxidant activity of carotenoids. *Molecular aspects of medicine*, 24(6): 345-351. [https://doi.org/10.1016/S0098-2997\(03\)00030-X](https://doi.org/10.1016/S0098-2997(03)00030-X)
- Tan S, Li M, Ding X, Fan S, Guo L, Gu M, Xi W. 2014. Effects of *Fortunella margarita* fruit extract on metabolic disorders in high-fat diet-induced obese C57BL/6 mice. *PLoS One*, 9(4): e93510. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093510>
- Turhan İ, Tetik N, Karhan M. 2006. Turunçgil kabuk yağlarının elde edilmesi ve gıda endüstrisinde kullanımı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* 3: 71-77.
- Turner T, Burri BJ. 2013. Potential Nutritional Benefits of Current Citrus Consumption. *Agriculture*, 3: 170-187. <https://doi.org/10.3390/agriculture3010170>
- Ünlü A. 2014. Turunçgillerin küçük mücevheri kamkat. *Borsanomi Dergisi*, 49: 57-60.
- Vinci G, Botre F, Mele G. 1995. Ascorbic acid in exotic fruits: a liquid chromatographic investigation. *Food Chemistry*, 53: 211-214. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)90791-5](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)90791-5)
- Wang YC, Chuang YC, Hsu HW. 2008. The flavonoid, carotenoid and pectin content in peels of citrus cultivated in Taiwan. *Food Chemistry*, 106(1): 277-284. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.05.086>
- Wang YC, Chuang YC, Ku YH. 2007. Quantitation of bioactive compounds in citrus fruits cultivated in Taiwan. *Food Chemistry*, 102(4): 1163-1171. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.057>
- Wang YW, Zeng WC, Xu PY, Lan YJ, Zhu RX, Zhong K, Gao H. 2012. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of Kumquat (*Fortunella crassifolia* Swingle) Peel. *International Journal of Molecular Sciences*, 13: 3382-3393. <https://doi.org/10.3390/ijms13033382>
- Yıldız Turgut D, Gölükcü M, Tokgöz H. 2015. Kamkat (*Fortunella margarita* Swingle) meyvesi ve reçelinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. *Derim*, 32 (1), 71-80. DOI: 10.16882/derim.2015.00773
- Zou Z, Xi W, Hu Y, Nie C, Zhou Z. 2016. Antioxidant activity of Citrus fruits. *Food Chemistry*, 196: 885-896. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.072>