



Araştırma Makalesi / Research Article

**TÜRKİYE'DE YETİŞTİRİLEN CITRUS MAXIMA (ŞADOK)
MEYVESİNİN ATIK KISIMLARINDAKİ ANTİOKSİDAN, FENOLİK VE
FLAVONOİD MADDE MİKTARLARININ BELİRLENMESİ**

DETERMINATION OF ANTIOXIDANT, PHENOLIC AND FLAVONOID AMOUNTS IN
THE WASTE PARTS OF CITRUS MAXIMA (SHADDOCK) FRUIT GROWN IN TÜRKİYE

Abayhan BURAN¹

<https://doi.org/10.55071/ticaretfbid.1087234>

Sorumlu Yazar / Corresponding Author
a.buran@firat.edu.tr

Geliş Tarihi / Received
13.03.2022

Kabul Tarihi / Accepted
13.10.2022

Öz

Bu çalışmada Türkiye’de yetiştirilmiş *Citrus maxima* (Şadok) meyvesinin gıda tüketim atığı olarak nitelendirilebilecek dış kabuk ve albedo kısmının antioksidan, fenolik ve flavonoid madde miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Meyve kısmından ayrılan atık parçalar kurutulmuş etanol, metanol ve saf su ile ekstrakte edilmiştir. Dış kabuk ekstraktlarından elde edilen sonuçlara göre fenolik madde için en yüksek değer 59.64 ± 1.95 mg/g Gallik Asit Eşdeğeri, flavonoid madde miktarı için 36.56 ± 1.75 mg/g Quercetin Eşdeğeri ve antioksidan madde miktarı için en yüksek değer 2.37 ± 0.50 mmol/g Trolox Eşdeğeri Antioksidan Kapasite olarak elde edilmiştir. Albedo ekstraktlarından elde edilen sonuçlara göre fenolik madde miktarı için en yüksek değer 77.72 ± 2.56 mg/g GAE, flavonoid madde miktarı için 52.91 ± 2.99 mg/g QE ve antioksidan madde miktarı için en yüksek değer 1.19 ± 0.11 mmol/g TEAC olarak elde edilmiştir. Çözücülerin kıyaslamaları grafik olarak verilmiştir. Bu sonuçlarla birlikte atık olarak değerlendirilebilecek şadok kabuklarının fenolik madde, flavonoid madde içerdiği ve antioksidan aktivite gösterdiği ortaya konmuştur. Bu sonuçlar zaman ve ekonomik tasarruf açısından ilerideki çalışmalara yol gösterebilecektir.

Anahtar Kelimeler: Antioksidan, *Citrus maxima*, fenolik, flavonoid, şadok.

Abstract

In this study, it was aimed to determine the amount of antioxidant, phenolic and flavonoid substances in waste parts of the *Citrus maxima* (Shaddock) fruit grown in Turkey. According to the results obtained from the peel extracts, the highest value was 59.64 ± 1.95 mg/g Gallic Acid Equivalent for phenolic substance; 36.56 ± 1.75 mg/g Quercetin Equivalent for the flavonoid substance, and 2.37 ± 0.50 mmol/g Trolox Equivalent Antioxidant Capacity for the amount of antioxidant substance was obtained. According to the results obtained from the albedo (pith) extracts, 77.72 ± 2.56 mg/g GAE was the highest value for the amount of phenolic substance, 52.91 ± 2.99 mg/g QE was the highest value for the amount of flavonoid substance, and 1.19 ± 0.11 mmol/g TEAC was the highest value for the amount of antioxidant substance. With these results, it has been revealed that shaddock peels contain phenolic and flavonoid substances and antioxidant activities. In terms of time and economic savings in studies, these results will lead to future studies.

Keywords: Antioxidant, *Citrus maxima*, flavonoid, phenolic, shaddock.

¹Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü, Elazığ, Türkiye.
a.buran@firat.edu.tr, Orcid.org/0000-0003-4204-8638.

1. GİRİŞ

Bilimsel gelişmelere ve küreselleşmeye rağmen, tıbbi bitki bazlı ilaç keşfi, çeşitli farmakolojik aktivitelerin araştırılmasında ve yeni ilaçların keşfinde hala önemli bir rol oynamaktadır. Aslında, bitkisel ilaçlar, nutrasötikler, bitkisel ilaçlar ve çeşitli dozaj formlarında bitki bazlı farklı müstahzarlar, ilaçların geliştirilmesi için etkili ve güvenli tamamlayıcı ve alternatif tedavilerin keşfini ve geliştirilmesini amaçlayan araştırmacılar, bitkisel ve nutrasötik endüstriler tarafından kapsamlı bir şekilde araştırılmaktadır.

Oksidatif stres, hücresel sistemde reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimi sistemin antioksidan kapasitesini aştığında meydana gelir. Oksidatif stresin diyabet, kanser, nörodejeneratif hastalıklar ve solunum yolu bozukluğu gibi çok sayıda hastalığın yaşlanma ve patogeneğinde önemli bir katkı rolü oynadığı bildirilmektedir (Anderson ve ark., 2000). Oksidatif strese karşı koyabilmek adına vücut antioksidanlardan yararlanır. Dokulara ve hücrelere zarar verecek reaktif serbest radikalleri nötr hale getirmek ya da uzaklaştırma antioksidanların işidir. Yüksek seviyedeki antioksidan durumu vücutta hasara yol açabilecek serbest radikalleri ve onların sebep olabileceği zincirleme hastalık geliştirme risklerini azaltabilmektedir. Vücuttaki antioksidan üretimi yeterli olmamaktadır. Bu sebeple besin yoluyla vücuda antioksidan takviyesi vücudun savunma mekanizmalarını güçlendirecektir (Rattan, 2006).

Şadok olarak da bilinen *Citrus maxima* bir narenciye türüdür. Küre, basık ya da armut biçimindedir ve diğer narenciyelere kıyasla oldukça büyük bir meyvedir. Kabuk rengi olgunluk dönemiyle ilişkili olarak yeşil-sarı ve sarı- açık pembe tonlarında değişmektedir. Kabuk kısmı ile meyve arasında kalın bir tabaka bulunur. Meyve kısmı kolayca ayrılabilen lif yapılı koyu renkli ve suludur. Greyfurt ile yakından ilişkilidir, ancak soğuğa çok daha az dayanıklıdır. Çin greyfurtu olarak da bilinir. Bu meyvenin anavatanı Güneydoğu Çin’dir. Ancak Batı Afrika ülkelerinde de ilginç meyveleri ile birlikte süs ağacı olarak da kullanımı mevcuttur. Çekirdekli bir cinstir. Reçeli ve marmelatı da yapılır. Özellikle bir lezzettir ve çok sınırlı bir üretimi bulunur. Kabuk ve kabuk ile meyve arasındaki beyaz kısım genel olarak tüketilmemektedir. Atık olarak değerlendirilebilecek bu kısımların antioksidan madde kapasitesi, fenolik ve flavonoid madde miktarlarının bilinmesi, bu kısımların değerlendirilmesinde önemli rol oynamaktadır.

Bu çalışmada Finike-Antalya, Türkiye’de yetiştirilen şadok meyvesinin atık olarak değerlendirilen kısımlarının antioksidan aktivite analizi, toplam flavonoid ve fenolik madde analizi etanol, metanol ve saf su olmak üzere üç çeşit çözücüde değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

İnsan ve doğa arasındaki bağ binlerce yıldır varlığını sürdürmektedir. Bu bağlantı, tıbbi özelliklere sahip çok çeşitli bitkilerin keşfedilmesine ve sayısız hastalığın tedavisinde ve iyileştirilmesinde kullanılmasına yol açmıştır. Şifalı bitkilerin kullanımı insanlık tarihi kadar eskidir. Dünya Sağlık Örgütü’ne göre, botanik bahçesi hala dünya nüfusunun %80’inin bir güven kaynağıdır ve birçok ilaç kökenini şifalı bitkilere borçludur (Tilburt & Kaptchuk, 2008).

Bitkisel ürünlerin sağlık ve gıda korunumunu arttırmak için antioksidan kaynağı olarak ticari gelişimi, dünyanın ilgi alanına girmektedir (Rice-Evans ve ark., 1997). Epidemiyolojik çalışmalar, fenolik açıdan zengin yiyecek ve içeceklerin tüketimi ile hastalıkların önlenmesi arasında pozitif ilişki olduğunu göstermektedir (Scalbert & Williamson, 2000). Bu etkiler, diğerleri arasında flavonoidler ve fenilpropanoidler de dahil olmak üzere bitki fenolikleri gibi antioksidan bileşenlere atfedilmektedir (Rice-Evans ve ark., 1996).

2.1. Antioksidanlar

Antioksidanlar vücuttaki denge konsantrasyonunun altına düştüğü zaman, insan vücudunda yıkıcı hastalıkların başlamasını veya artmasını tetikleyen oksidatif reaktiflerin sebep olacağı rahatsızlıkları önleyen ya da etkisini azaltmaya yarayan maddelerdir. Antioksidanlar, vücudun sağlıklı bölgelerindeki reaktiflerin neden olduğu hasara karşı vücudu koruyarak hastalık riskini azaltmak ve sağlığı desteklemek için kullanılır. Bu antioksidanlar, serbest radikal temizleyiciler, tekli oksijen emiciler, peroksit etkisizleştiriciler, metal iyonu şelatlayıcı maddeler, ikincil oksidasyon ürünlerinin sönmüleyicileri ve prooksidatif enzimlerin inhibitörleridir (Shahidi & Zhong, 2007).

Bir antioksidanın serbest radikallere ve reaktif oksijen türlerine (ROS) karşı esas reaktivitesini yani antioksidan aktiviteyi antioksidanın kimyasal yapısı belirler. Konsantrasyon durumu ve buldukları sistem bakımından antioksidanların etkinliği farklı olabilir (Shahidi & Zhong, 2011; Zhong & Shahidi, 2012).

2.2. Fenolik Bileşikler

Fenolik bileşikler veya polifenoller, bir veya daha fazla hidroksil grubuna bağlı bir benzen halkası içeren bir bileşik grubudur. Bu halkada en az bir aromatik halka ve çok sayıda hidroksil sübstitüenti olan tüm bileşikler fenolik bileşikler olarak adlandırılır. Polifenolik bileşikler başlıca fenol içerir ve güneş ışığının yardımıyla bitkilerin yaprak, dal, meyve ve çiçeklerinde oluşan organik bileşiklerdir. Organik çözücülerde suya göre daha fazla çözünürler. Polifenollerin antioksidan özellikleri, indirgenbilirlikleri ve hidrojen verici özellikleri ile ilişkilidir (Bursal, 2009). Fenolik bileşikler çeşitli bitki organlarında bulunur ve bu nedenle insan beslenmesinin ayrılmaz bir parçasını oluşturur. Çeşitli çalışmalar, fenoliklerin antioksidatif etkiler sergilediğini ve DNA oksidasyonunun ve düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterolün *in vitro* sistemlerdeki inhibisyonundan sorumlu olduklarını göstermiştir (Adom & Liu, 2002; Chandrasekara & Shahidi, 2010; Liyana-Pathirana ve ark., 2006; Madhujith & Shahidi, 2007).

2.3. Flavonoidler

Flavonoidler, 15 karbonlu 2-fenil benzopiran (difenilpropan) yapıdadır ve fenil grupları (flavan halkası) arasında üçlü bir karbon köprüsü ile oksijenli bir halka oluştururlar. Çeşitli flavonoidler arasındaki farklar, bunlara bağlı hidroksil gruplarının sayısı, doymamışlık derecesi ve üçlü karbon segmentinin oksidasyon seviyesinden kaynaklanmaktadır. Flavonoidlerin iskelet yapısı farklı olmakla birlikte flavonlar, flavonoller, flavanonlar, flavanoller, izoflavonlar, antosiyanidinler ve kalkonlar olarak adlandırılan farklı alt sınıfları vardır (Bors ve ark., 1990; Formica & Regelson, 1995; Ptittin, 1987).

Şadok'un uçucu yağlarının, *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli*'ye karşı *in vitro* aktivite gösterdiği ve galenik preparatlar için geniş spektrumlu antibakteriyel ham madde olarak önemli potansiyele sahip olduğu bildirilmektedir (Ontengco ve ark., 1995).

Yapılan bir çalışmada bitkinin kabuklarındaki toplam fenolik, flavonoidler ve flavonoid içerikleri ve toplam fenolik içerik konsantrasyonu 42.79 ile 54.56 mg gallik asit eşdeğeri/g arasında, toplam flavonoid içeriği ise 26.70-13.43 mg/g quercetin eşdeğeri aralığında bulunmuştur (Ding ve ark., 2013).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Şadok (*C. maxima*) meyveleri Antalya, Finike (Türkiye)’de yetiştirilen narenciye bahçesinden elde edilmiştir. Ortalama çapı 15-30 cm arasında değişmektedir. Kabuğu kalın ve meyvesi tatlı-acı lezzettedir. Kabuk kalınlığı ve kabuk ile meyve arasındaki albedo kalınlığı da fazladır.

3.2. Kullanılan Çözeltiler

2 N Folin-Ciocalteu çözeltisi stok olarak hazırlanmıştır. Analizler sırasında 10 kat seyreltilerek kullanılmıştır. %7.5’lik Na₂CO₃ çözeltisi ve %2’lik AlCl₃ çözeltisi hazırlanmıştır. AlCl₃ çözeltisi için çözücü olarak hacmen 50/50 (w/w) glasiyel asetik asit ve metanol kullanılmıştır.

Fosfat tampon çözeltisi (50 mM) K₂HPO₄ ve KH₂PO₄ kullanılarak hazırlanmıştır. Fosfat tamponu için pH 7.2-7.4 aralığında ayarlanmıştır. 7 mM ABTS stok çözeltisi hazırlanmıştır. ABTS stok çözeltisi en az 16 saat karanlık ortamda ışık geçirmez bir cam içinde muhafaza edilmiştir. Analiz sırasında stok çözelti seyreltilerek kullanılmıştır.

Kalibrasyon eğrileri ve denklemi elde etmek için Gallik Asit stok çözeltisi (0.5 mg/mL), Quercetin stok çözeltisi (0.5 mg/mL) ve Troloks (2.5 mmol/L) stok çözeltisi hazırlanmıştır. Kalibrasyon için bu stok çözeltilerin belirli konsantrasyonları seyreltilerek kullanılmıştır.

3.3. Metot

C. maxima meyvesinin kabukları ince olarak kesilmiş, kabuk ve meyve arasındaki kısım hasas bir şekilde çıkarılmıştır. Dış kabuklar ve albedo kısmı ince-uzun şekilde kesilerek parçalara ayrılmış ve 60 °C’de 48 saat etüvde kurumaya bırakılmıştır. Kurutulan dış kabuk ve albedo kısımları öğütücü yardımıyla yüzey alanının büyütülmesi amacıyla küçük parçalara öğütülmüştür. Daha sonra çözücü olarak kullanılan etanol, metanol ve saf su ile karıştırılarak 48 saat 4 °C’de buzdolabında saklanmıştır. Çözücüler eklenirken 0.1 g kuru malzemeye 4 mL çözücü oranı kullanılmıştır.

3.4. Toplam Fenolik Madde Analizi

Yapılan bu çalışmada toplam fenolik madde analizi Folin-Ciocalteu metoduna göre uygulanmıştır (Singleton & Rossi, 1995). 300 µL ekstrakt ile 1.5 mL 2N’lik Folin-Ciocalteu reaktifi cam tüp içinde karıştırılmış ve 2 dakika bekleme süresinden sonra 1.2 mL %7.5 Na₂CO₃ çözeltisi eklenmiştir. Karışımlar vorteks ile karıştırılmış ve 25 °C’de 90 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Bekleme işleminden sonra absorbansı 765 nm dalga boyunda saf suya (kör) karşı okunmuştur.

Toplam fenolik madde içeriği gallik asit kalibrasyon grafiğinden elde edilen denklem ile gallik asit eşdeğeri olarak verilmiştir (GAE). Gallik asidin 5 farklı konsantrasyonla (0.1-0.2-0.3-0.4-0.5 mg/mL) ölçülen absorbans değerleriyle kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur.

3.5. Toplam Flavonoid Madde Analizi

Flavonoid madde analizinde metanolik form metodu uygulanmıştır (Lamaison ve ark., 1990). Her çözücü için ekstratlerden 1 mL ve %2’lik AlCl₃ çözeltisinden 1 mL alınarak karıştırılmıştır. Karışım 25 °C’de 10 dakikalık bekleme sonucunda 394 nm dalga boyunda spektrofotometrede köre (%2 AlCl₃) karşı okunmuştur.

Flavonoid derişimi Quercetinin kalibrasyon grafiğinden elde edilen denklem ile hesaplanmıştır. Quercetinin 5 farklı konsantrasyyla (0.1-0.2-0.3-0.4-0.5 mg/mL) ölçülen absorbans değerleriyle bir kalibrasyon grafiğı oluşturulmuştur.

3.6. Antioksidan Kapasite Analizi

Şadok atık kısımlarının antioksidan kapasitesi ABTS radikal katyon yakalama yeteneğine göre analiz edilmiştir. ABTS (2,2'-azonobis(3-etilbenzothiazoline-6-sulfonat)), peroksil veya diğer oksidanlarla okside olmakta ve ABTS•+ radikali oluşmaktadır. Analizler için hazırlanan ABTS stok çözeltisi koyu mavi renkli bir çözeltilidir. Hazırlanan mavi renkteki çözeltilde, antioksidan içerik nedeniyle ABTS•+ katyonu parçalanmıştır ve bu sayede çözeltilin renginde bir açılma görülmüştür. Mavi renkteki açılma antioksidan içeriğinin bir kanıtı niteliğindedir (Miller ve ark., 1995).

ABTS stok çözeltisi çözeltilin absorbansı 0.7'ye sabitleninceye kadar fosfat tamponuyla seyreltilmiştir ve olabildiğince ışıktan korunmuştur. Analiz için 1900 µL seyreltilmiş ABTS ve 100 µL ekstrelerden eklenmiş ve karıştırılmıştır. Bu karışımların absorbansı 734 nm dalga boyunda UV-VIS spektrofotometrede fosfat tamponuna karşı okunmuştur. Bu yöntemle elde edilen sonuçlar troloks eşdeğer aktivite (TEAC) olarak adlandırılır ve troloks standart olarak kabul edilir. Kalibrasyon grafiğı troloksun 5 ayrı konsantrasyonuna (0.05-0.1-0.2-0.3-0.4 mmol/L) karşı hesaplanan absorbans değerlerinin tanık ile farkı alınarak oluşturulmuştur.

3.7. Analiz ve İstatistik Bilgileri

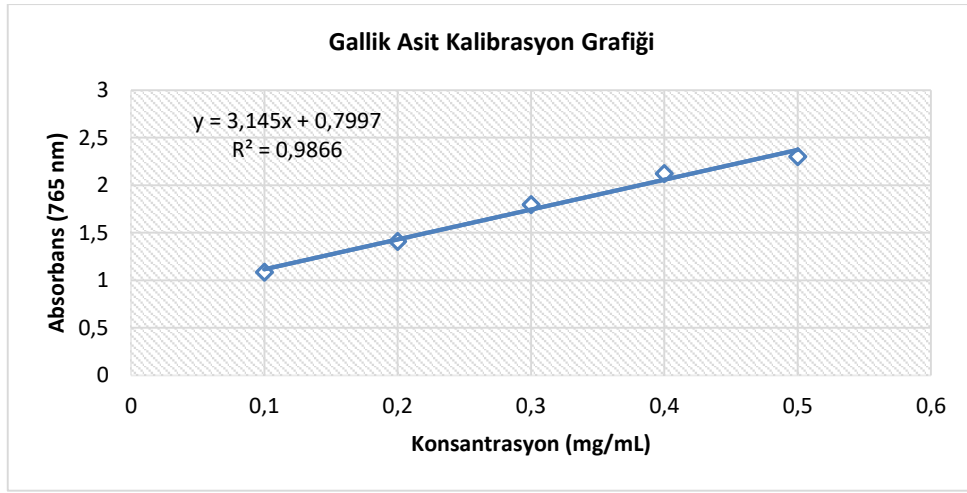
Çalışmada kullanılan çözücüler (Metanol: Sigma-Aldrich; Etanol: Merck) analitik saflıktadır. Karşılaştırma amaçlı çözücü olarak saf su kullanılmış ve aynı analizler saf su ekstreleri için de gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar ile karşılaştırmalı bir tablo oluşturulmuştur. Absorbans okumaları UV-VIS spektrofotometrede gerçekleştirilmiştir. Analizler 3 tekrarlı yapılmış ve standart sapmalar sonuçlar ile birlikte verilmiştir.

4. BULGULAR

Bu çalışmada, dış kabuk ve albedo kısımları ayrılıp nem giderimini sağlamak amacıyla 48 saat 60 °C'de kurutulmuştur. Etanol, metanol ve saf su çözücülerini ile karıştırılıp 72 saat 4°C'de buzdolabında bekletilen ekstraktlar daha sonra Whatmann filtre kağıdı ile süzülerek analizler için buzdolabına kaldırılmıştır. Toplam Fenolik Madde, Toplam Flavonoid Madde ve Antioksidan Aktivite analizleri yapılmıştır. Her analiz 3 tekrarlı yapılmış ve sonuçlar standart sapmaları ile birlikte verilmiştir.

4.1. Toplam Fenolik Madde

'Kabuk' ve 'Albedo' olarak kodlanan meyve kısımlarından elde edilen ekstraktların toplam fenolik madde tayini Şekil 1'de verilen kalibrasyon grafiğine göre hesaplanmıştır. Ölçülen absorbans değerleri grafikteki denklemde yerine yazılıp sonuç Gallik Asit Eşdeğeri (GAE) mg/g olarak hesaplanmıştır.



Şekil 1. Gallik Asit Kalibrasyon Grafiği

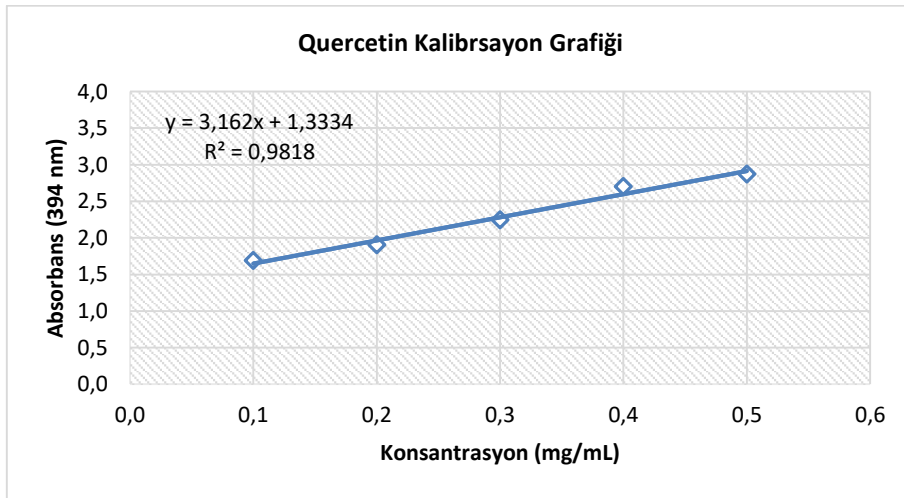
Aşağıdaki tabloda (Tablo 1) etanol, metanol ve saf su çözücüleri ile muamele edilen ekstraktların fenolik madde miktarları verilmiştir.

Tablo 1. Etanol, Metanol ve Saf Su Çözücüleri için Toplam Fenolik Madde Miktarları (mg/g GAE)

	Etanol	Metanol	Saf Su
Kabuk	50.39±2.14	59.64±1.9	53.16±2.01
Albedo	51.04±2.07	77.72±2.568	72.55±2.31

4.2. Toplam Flavonoid Madde

Kabuk ve Albedo olarak kodlanan meyve kısımlarından elde edilen ekstraktların toplam fenolik madde tayini Şekil 2’de verilen Quercetin kalibrasyon grafiğine göre hesaplanmıştır. Ölçülen absorbans değerleri grafikteki denklemden yerine yazılıp sonuç Quercetin Eşdeğeri (QE) mg/g olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2. Quercetin Kalibrasyon Grafiği

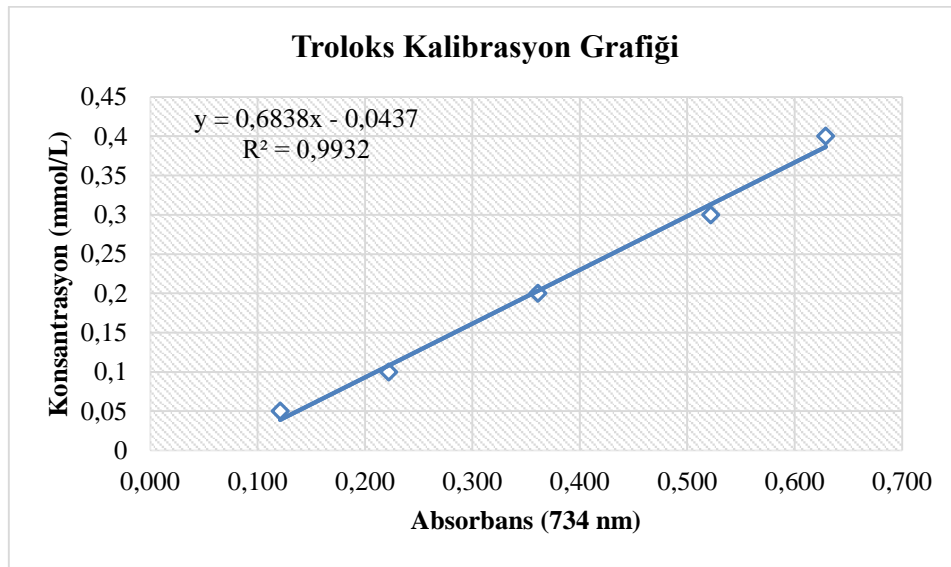
Aşağıdaki tabloda (Tablo 2) etanol, metanol ve saf su çözücülerini ile muamele edilen ekstraktların flavonoid madde miktarları verilmiştir.

Tablo 2. Etanol, Metanol ve Saf Su Çözücülerini için Toplam Flavonoid Madde Miktarları (mg/g QE)

	Etanol	Metanol	Saf Su
Kabuk	20.24±1.44	31.23±2.54	36.56±1.75
Albedo	22.05±1.28	23.83±1.76	52.91±2.99

4.3. Antioksidan Aktivite

Kabuk ve Albedo olarak kodlanan meyve kısımlarından elde edilen ekstraktların toplam fenolik madde tayini Şekil 3'te verilen kalibrasyon grafiğine göre hesaplanmıştır.



Şekil 3. Troloks Kalibrasyon Grafiği

Ölçülen absorbans değerleri grafikteki denklemde yerine yazılıp sonuç Troloks Eşdeğeri Ankioksidan Kapasite (TEAC) mmol/g olarak hesaplanmıştır.

Aşağıdaki tabloda (Tablo 3) etanol, metanol ve saf su çözücülerini ile muamele edilen ekstraktların antioksidan madde miktarları verilmiştir.

Tablo 3. Etanol, Metanol ve Saf Su Çözücülerini için Antioksidan Madde Miktarları (mmol/g TEAC)

	Etanol	Metanol	Saf Su
Kabuk	2.37±0.498	1.00±0.27	0.40±0.04
Albedo	1.19±0.11	0.51±0.04	0.27±0.03

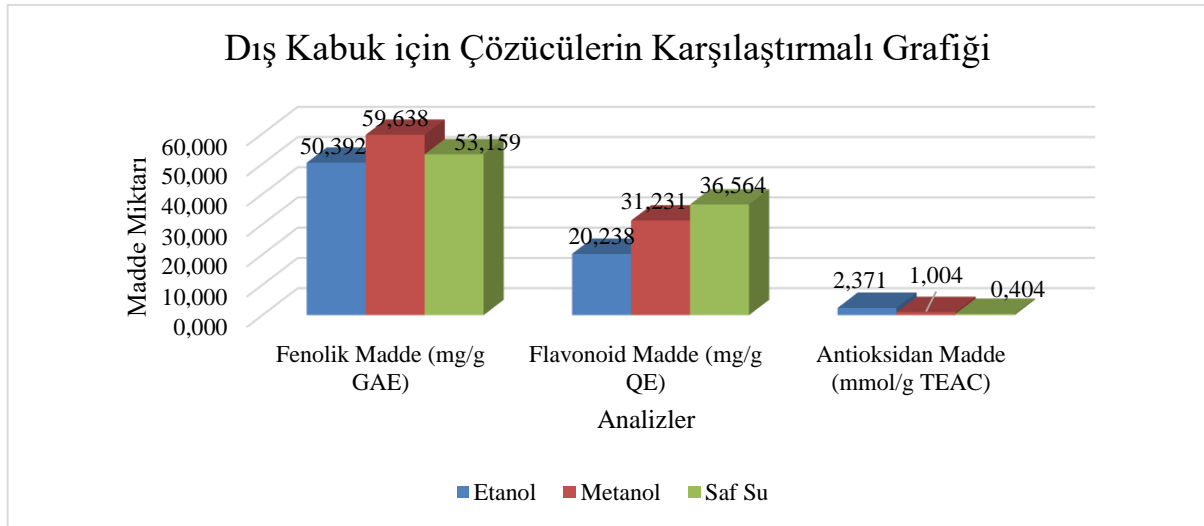
Saf su ile yapılan analizlerin sonuçları ise kıyaslama yapılabilmesi açısından çalışmaya dahil edilmiştir. Çözücü olarak saf suyun kullanıldığı ve aynı metotların uygulandığı çalışmanın sonuçlarına göre dış kabuk kısmının etanol ekstreleri için toplam fenolik madde miktarı 50,39±2,14 mg/g GAE, toplam flavonoid madde miktarı 20,24±1,44 mg/g QE ve antioksidan madde miktarı 2,37±0,50 mmol/g olarak elde edilmiştir. Dış kabuk metanol ekstraktlarında ise toplam fenolik madde miktarı 59,64±1,95 mg/g GAE, toplam flavonoid madde miktarı 31,23±2,54 mg/g QE ve

antioksidan madde miktarı $1,00 \pm 0,27$ mmol/g olarak elde edilmiştir. Saf su ile hazırlanan dış kabuk ekstralarında ise toplam fenolik madde miktarı $53,16 \pm 2,01$ mg/g GAE, toplam flavonoid madde miktarı $36,56 \pm 1,75$ mg/g QE ve antioksidan madde miktarı $0,40 \pm 0,04$ mmol/g olarak elde edilmiştir.

Albedo etanol ekstralarında fenolik madde miktarı $51,04 \pm 2,07$ mg/g GAE, toplam flavonoid madde miktarı $22,05 \pm 1,28$ mg/g QE ve antioksidan madde miktarı $1,19 \pm 0,11$ mmol/g olarak elde edilmiştir. Metanol ekstralarının analizinden elde edilen sonuçlara göre toplam fenolik madde miktarı $77,72 \pm 2,56$ mg/g GAE, toplam flavonoid madde miktarı $23,83 \pm 1,76$ mg/g QE ve antioksidan madde miktarı $0,51 \pm 0,04$ mmol/g olarak elde edilmiştir. Saf su ile hazırlanan albedo ekstralarında ise toplam fenolik madde miktarı $72,55 \pm 2,31$ mg/g GAE, toplam flavonoid madde miktarı $52,91 \pm 2,99$ mg/g QE ve antioksidan madde miktarı $0,27 \pm 0,03$ mmol/g olarak elde edilmiştir. Saf su, etanol ve metanol çözücülerinin kıyaslandığı değerler Tablo 4’te sunulmuştur.

Tablo 4. Farklı Çözücüler ile Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması.

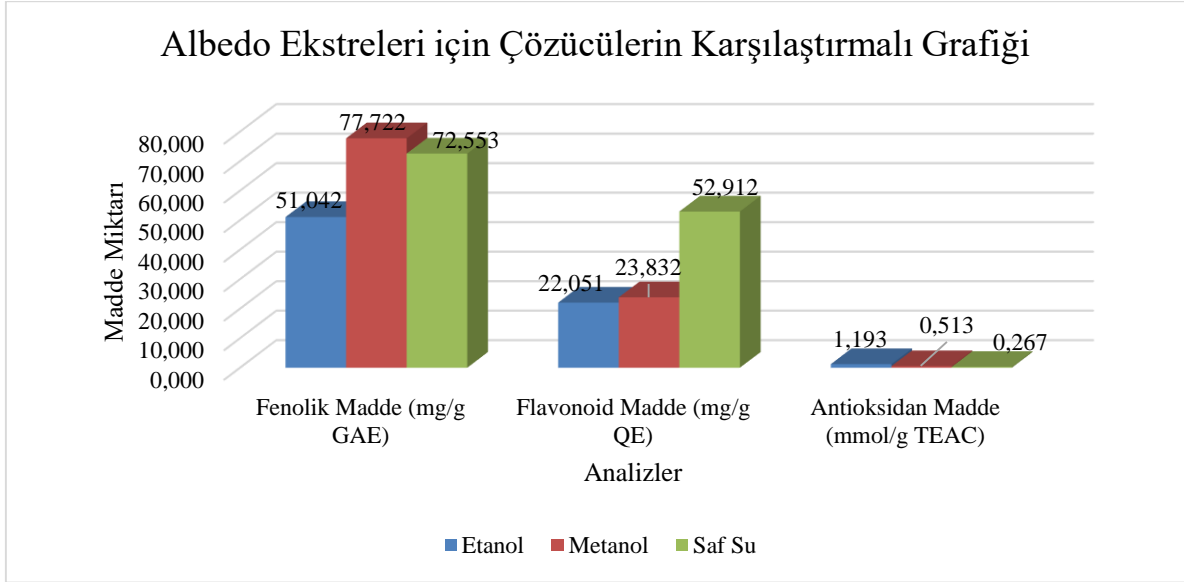
	Etanol		Metanol		Saf Su	
	Kabuk	Albedo	Kabuk	Albedo	Kabuk	Albedo
Fenolik Madde (mg/g GAE)	50.39 ± 2.14	51.04 ± 2.07	59.64 ± 1.95	77.72 ± 2.56	53.16 ± 2.01	72.55 ± 2.31
Flavonoid Madde (mg/g QE)	20.24 ± 1.44	22.05 ± 1.28	31.23 ± 2.54	23.83 ± 1.76	36.56 ± 1.75	52.91 ± 2.99
Antioksidan Madde (mmol/g TEAC)	2.37 ± 0.50	1.19 ± 0.11	1.00 ± 0.27	0.51 ± 0.04	0.40 ± 0.04	0.27 ± 0.03



Şekil 4. Dış Kabuk Ekstreleri için Çözücülerin Karşılaştırmalı Grafiği

Çözücülerin kıyaslanması açısından karşılaştırmalı grafikler (Şekil 4. ve Şekil 5.) dış kabuk ve albedo ekstraları için ayrı şekilde verilmiştir. Analizlerden elde edilen sonuçlara göre üç çözücünün de hem albedo hem de dış kabuk ekstraları için sonuç verdiği görülmüştür. Fenolik

madde tayini için optimum çözücünün metanol olduğu grafiklerle ortaya konmuştur. Flavonoid madde içerikleri için elde edilen en yüksek sonuç saf su ile hazırlanan ekstrelerde görülmüştür. Bu durumda flavonoid madde tayini için bu üç çözücü arasından kullanılacak optimum çözücü saf sudur. Antioksidan madde tayininde albedo ve dış kabuk ekstreleri için en uygun çözücü etanoldür. Albedo ve dış kabuk için yapılan analizlerde çözücüler arasındaki sonuçlarda benzer oranlara rastlanmıştır. Flavonoid madde analizi için albedotaki saf suyla edilen sonuçların diğer çözücülerin albedo ekstrelerinde elde edilen sonuçlara göre biraz daha yüksek olduğu görülmüştür. Aynı zamanda albedo kısmındaki antioksidan madde miktarının dış kabuğa oranla daha az olduğunu sonuçlar ortaya koymuştur.



Şekil 5. Albedo Ekstreleri için Çözücülerin Karşılaştırmalı Grafiği

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

C. maxima ile gerek meyve boyutunda gerekse tüm kısımlar boyutunda farklı analiz yöntemleri ve çözücüler kullanılarak çalışmalar yapılmıştır. Bazı çalışmalar literatürde taranarak şadok meyvesinin ve akraba olduğu diğer meyvelerin antioksidan aktivitelerinin olduğu, fenolik ve flavonoid madde içeriklerinin varlığı literatürde taranmıştır.

C. maxima kabuğunun sulu etanolik özü, esas olarak antioksidan, anti-inflamatuar ve anti-aterojenik gibi farklı biyolojik aktivitelerin sağlanmasında önemli bir rol oynayan flavonoidler, Vitamin C ve karotenoidlerden oluşmaktadır (Vijayalakshmi & Radha, 2016; Abudayeh ve ark., 2019).

Bunun yanında esansiyel yağların içerikleri ve antibakteriyel – antifungal aktivitelerinin de incelendiği çalışmalara literatürde rastlanmıştır. Singh ve Navneet (2016) tarafından, *C. grandis* ve *Citrus sinensis* esansiyel yağlarının, mantar ve aflatoksinlere karşı esansiyel yağ kombinasyonlarının aktivitesini tespit etmek için bir araştırma yapılmıştır. Farklı konsantrasyonlarda (250, 500, 750 ve 1000 ppm) esansiyel yağların *in vitro* olarak mantar gelişimine karşı önemli ölçüde etkili olduğu bulunmuştur. Zhao ve ark., (2019), *C. grandis*'in anti-inflamatuar etkisini, hayvan modelinde meyve kabuğunun metanolik (% 90) ve etil asetat özütü (kumarin fraksiyonu, 32 g) ile ortaya koymuştur.

C. grandis (*C. maxima*) meyvesinin metanolik ekstresinin antioksidan aktivitesi, ekstrenin yüksek DPPH ve FRAP değerleri verdiği Long Evan sıçanlarında da incelenmiştir. Sıçandaki *C. maxima* meyvesinin metanolik ekstraktının toplam polifenolik içeriği 515.45 ± 4.62 olarak bildirilmiştir (Ali ve ark., 2019).

Abirami ve ark., (2014) tarafından yürütülen *in vitro* çalışma, en yüksek ABTS süpürme aktivitesinin *C. maxima* (kırmızı) (34.65 mmol Troloks Eşdeğeri/L meyve suyu) örneğinin *C. maxima*’ya (beyaz) (31.343.90 mmol TE/L meyve suyu) göre sergilendiğini bulmuştur. Antioksidan aktivite tayini için yapılan bir çalışmada ise *C. maxima*’nın antioksidan aktivitesi, DPPH ve TPC tahlilleri ile sırasıyla 7.92 ± 0.04 ve 10.74 ± 0.32 olarak bildirilmiştir (Kumar ve ark., 2019).

He ve ark., (2019), *C. maxima* kabuğundaki esansiyel yağın (PPEO) toplam antioksidan aktivitesi, süperoksit anyon radikal süpürme oranı ve DPPH serbest radikal süpürme oranını, PPEO'nun IC₅₀'sinin 70.12 mg/mL olduğu konsantrasyona bağlı bir şekilde belirlemişleridir.

Dış kabuk ekstrelerinden elde edilen sonuçlar kıyaslandığında en yüksek değer fenolik madde için metanol ekstrelerinde elde edilmiştir. Etanol ve saf su ile hazırlanan ekstrelerde benzer değerler elde edilmiştir. Flavonoid madde miktarına bakıldığında en yüksek değer saf su ile hazırlanan ekstrelerden elde edilmiştir. Daha sonra en yüksek değer metanol ekstrelerinden ve ardından da etanol ekstrelerinden elde edilmiştir. Antioksidan madde miktarına bakıldığında etanol ekstrelerinden en yüksek değer elde edilmiştir. Dış kabuktaki antioksidan madde miktarının albedo ekstrelerine oranla daha fazla olduğu görülmüştür. En düşük antioksidan madde miktarı albedo ve dış kabuk için saf su ekstrelerinden elde edilmiştir. Dış kabuk ile yapılan analizlerin sonuçlarına göre en yüksek fenolik madde miktarı metanol ekstrelerinde, en yüksek flavonoid madde miktarı saf su ekstrelerinde ve en yüksek antioksidan madde miktarı ise etanol ekstrelerinde elde edilmiştir.

Kabuk ile meyve arasındaki iç kısımdan (albedo) elde edilen sonuçlar ele alındığında fenolik madde analizinde en yüksek değerler metanol ekstrelerinde elde edilmiştir. Saf su ekstreleri ile metanol ekstrelerinden elde edilen sonuçlar birbirine yakın olmakla beraber etanol ekstrelerinden elde edilen değerlere göre yüksek olduğu görülmüştür. Flavonoid madde analizinde ise saf su ile hazırlanan ekstrelerden en yüksek değerlerin elde edildiği görülmüştür. Metanol ve etanol ile hazırlanan ekstrelerin sağladığı değerler birbirine yakın olmakla birlikte saf su ile elde edilen değerlerden düşüktür. Antioksidan madde analizleri için elde edilen sonuçlara bakıldığında ise en etanol, metanol ve saf su ekstrelerinden elde edilen dış kabuk ve albedo için çözücüye bağlı sonuçların benzer oranda olduğu görülmüştür.

Bu sonuçlarla birlikte atık olarak değerlendirilebilecek şadok (*C. maxima*) kabuklarının fenolik madde, flavonoid madde ihtiva ettiği ve antioksidan aktivite gösterdiği ortaya konmuştur. Yöntemlerin ve çözücülerin değiştirilmesi ile birlikte daha fazla verim elde edilebileceği araştırma konusudur. Özellikle flavonoid madde miktarının saf su ekstrelerinde diğer çözücülere oranla yüksek çıkmıştır. Daha farklı çözücülerin ya da ekstraksiyon yöntemlerinin denebilmesiyle farklı sonuçlar elde edilebilir. Farklı koşullarda ve iklimlerde yetiştirilen meyvelerde ve meyve kısımlarında değişik sonuçlar alınması mümkündür. Çalışmalarda zaman ve ekonomik tasarruf açısından bu sonuçlar ilerideki çalışmalara yol gösterebilecektir.

Literatürde taranan bilgilerle birlikte sonuçlar anlam kazanmaktadır. Meyvenin kendisinin antioksidan ve antimikrobiyal aktivitesi zaten literatürde bulunan çalışmalarda bildirilmiştir. Gerek ticari ürün (meyve suyu, aroma, kozmetik vb.) proseslerinde gerek gıda olarak ham tüketimde atık olarak kabuk kısmı ve albedo kısmının değerlendirilmesinde, bu kısımların içerdikleri antioksidan, fenolik ve flavonoid maddeler önemli bir etken olacaktır. Gıda atıklarının

üst seviyelere ulaştığı, kaynakların sınırlandığı ve gün geçtikçe yeni kaynak arayışlarının arttığı bu dönemde atık sayılabilecek ürünlerin içeriklerinin ortaya çıkarılması, bu ürünlerin değerlendirilmesinde öncü olabilecektir.

Güneydoğu Çin kökenli bu meyvenin yetiştirilme şartlarına ve elbette coğrafyasına bağlı olarak içerikleri, boyutu, fiziksel özellikleri değişebilmektedir. Anavatanı Türkiye olmamasına rağmen Türkiye’de sınırlı ölçüde üretilen, iç ve dış pazara aktarımı yapılabilen bir meyvenin tanınması ve bir bütün olarak faydalarının duyurulması ülkemiz için önemli olacaktır. Bu atıkların yüksek değerli içerikleri sayesinde işlenmesi, faydalı ürünlere dönüşümü ve endüstriyel alanda kullanımının desteklenmesi önemli olacaktır. Kozmetikten gıda takviyesine geniş bir pazar alanına girebilecek, antimikrobiyal alanda çalışmaları gerçekleştirilmiş ve antioksidan aktivite konusunda çalışmaların yapılmaya devam ettiği şadok (*C. maxima*) meyvesinin tüketilmeyen ve ne yazık ki çöpe giden kısımlarının değerlendirilmesine katkıda bulunmak gerekmektedir.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

KAYNAKÇA

- Abirami, A., Nagarani, G., & Siddhuraju, P. (2014). In vitro antioxidant, anti-diabetic, cholinesterase and tyrosinase inhibitory potential of fresh juice from *Citrus hystrix* and *C. maxima* fruits. *Food Sci Hum Well.* 3(1), 16–25.
- Abudayeh, Z.H., Al Khalifa I.I., Mohammed S.M. & Ahmad AA. (2019). Phytochemical content and antioxidant activities of pomelo peel extract. *Pharmacog Res.*, 11(3), 244.
- Adom, K.K. & Lui, R.H. (2002). Antioxidant activity of grains. *J. Agric. Food Chem.*, 50(21), 6182–6187.
- Ali, M. Y., Rumpa, N. N., Paul, S., Hossen, M. S., Tanvir, E. M., Hossan, T., Saha, M., Alam, N., Karim, N., Khalil, M. I., & Gan, S. H. (2019). Antioxidant potential, subacute toxicity, and beneficiary effects of methanolic extract of pomelo (*Citrus grandis* L. Osbeck) in Long Evan Rats. *Journal of Toxicology*, 2, 529-569.
- Anderson D., Phillips B.J., Tian-Wei Y.U., Edwards A.J., Ayesh R. & Butterworth K.R. (2000). Effects of vitamin C supplementation in human volunteers with a range of cholesterol levels on biomarkers of oxygen radical-generated damage. *Pure Appl. Chem.* 72, 973-983.
- Bors, W., Heller, W., Michel, C. & Saran, M. (1990). Flavonoids as antioxidants: Determination of radical-scavenging efficiencies. In: Methods in Enzymology. Lorsch J. (eds). *Academic Press*, USA, 343–355.
- Bursal, E. (2009). *Determination of antioxidant and antiradical activities of kiwi fruit (Actinidia deliciosa), purification and characterization of carbonic anhydrase enzyme* [Doktora tezi], Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Chandrasekara, A. & Shahidi, F. (2010). Inhibitory activities of soluble and bound millet seed phenolics on free radicals and reactive oxygen species. *J. Agric. Food Chem.*, 59(1), 428–436.

- Ding, X., Guo, L., Zhang, Y., Fan, S., Gu, M., Lu, Y., Jiang, D., Li, Y., Huang, C., & Zhou, Z. (2013). Extracts of pomelo peels prevent high-fat diet-induced metabolic disorders in c57bl/6 mice through activating the PPAR α and GLUT4 pathway. *PloS One*, 8(10), 77915.
- Formica, J.V. & Regelson, W. (1995). Review of the biology of quercetin and related bioflavonoids. *Food Chem. Toxicol.*, 33(12), 1061–1080.
- He W., Li X., Peng Y., He X., & Pan S. (2019). Anti-oxidant and anti-melanogenic properties of essential oil from peel of pomelo cv. Guan Xi. *Molecules*. 24(2), 242.
- Kumar D., Ladaniya M.S. & Gurjar M. (2019). Underutilized Citrus sp. pomelo (*Citrus grandis*) and Kachai lemon (*Citrus jambhiri*) exhale in phytochemicals and antioxidant potential. *J Food Sci Technol*. 56(1), 217–223.
- Lamaison, J.L., Carnat, A. & Petitjean-Freytet, C. (1990). Tannin content and inhibiting activity of elastase in Rosaceae. *Ann. Pharm. Fr.*, 48(6), 335–340.
- Liyana-Pathirana, C., Dexter, J. & Shahidi F. (2006). Antioxidant properties of wheat as affected by pearling. *J. Agric. Food Chem*. 54(17), 6177–6184.
- Madhujith, T., & Shahidi, F. (2007). Antioxidative and antiproliferative properties of selected barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars and their potential for inhibition of low-density lipoprotein (LDL) cholesterol oxidation. *J. Agric. Food Chem*. 55(13), 5018–5024.
- Miller N.J., Diplock A.T., & Rice-Evans C.A. (1995). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 43 (7), 1794-1801.
- Ontengco, D.C., Dayap, L.A. & Capal, T.V. (1995). Screening for the antibacterial activity of essential oils from some Philippine plants. *Acta Manilana*. 43, 19–23.
- Ptittin, E.A. (1987). *Centaurea thracica* (Janka) Hayek and *Centaurea pichleri* boiss. subsp. *Pichleri* flavonoids. [PhD thesis], Anadolu University, Institute of Health Sciences, Eskişehir.
- Rattan, S.I. (2006). Theories of biological aging: genes, proteins, and free radicals. *Free Radic. Res*. 40 (12), 1230–1238.
- Rice-Evans C.A., N.J. Miller & Paganga, G. (1996). Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acid. *Free Radic. Biol. Med*. 20, 933–956.
- Rice-Evans C., Miller, N. & Paganga, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends Plant Sci*. 2(4), 152–159.
- Scalbert, A. & G. Williamson. (2000). Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *J. Nutrition*, 130(8), 2073–2085.
- Singleton, V.L. & Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Viticul*. 16(3), 144–158.
- Singh A, & Navneet. (2016). Evaluation of antimicrobial potential and phytochemical assessment of *Citrus maxima* Burm. Seeds extracts against respiratory tract pathogens. *New Y Sci J*. 9(9), 4-10.

- Shahidi, F. & Zhong, Y. (2007). Measurement of antioxidant activity in food and biological systems. *Antioxidant Measurement Appl.*, 956, 36–66.
- Shahidi, F. & Zhong, Y., (2011). Revisiting the polar paradox theory: a critical overview, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(8), 3499-3504.
- Tilburt J.C. & Kaptchuk T.J. (2008). Herbal medicine research and global health: An ethical analysis. *Bull World Health Organ.*, 86(8), 594–599.
- Vijayalakshmi P. & Radha R. (2016). Pharmacognostical and phytochemical screening of the peels of *Citrus maxima* . *Res J Pharmacog Phytochem.* 8(1), 25–31.
- Zhao, Y. L., Yang, X. W., Wu, B. F., Shang, J. H., Liu, Y. P., Zhi-Dai, & Luo, X. D. (2019). Anti inflammatory effect of pomelo peel and its bioactive coumarins. *Journal of agricultural and food chemistry*, 67(32), 8810–8818.
- Zhong, Y. & Shahidi, F. (2011). Antioxidant behavior in bulk oil: Limitations of polar paradox theory, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(1), 4-6.