

## Doğal Antioksidan Bileşikler: Nar Yan Ürünlerinin Antioksidan Olarak Değerlendirilmesi

Gülşah OKUMUŞ<sup>1\*</sup>, Elif YILDIZ<sup>1</sup>, Arzu AKPINAR-BAYİZİT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa

\*E-posta: gm.gulsahokumus@gmail.com

Geliş Tarihi: 05.08.2015; Kabul Tarihi: 26.11.2015

**Özet:** Son yıllarda yapılan çalışmalar, birçok hastalığın oluşumunda ve yaşlanmada etkili olan serbest radikallere karşı koruyucu ve geciktirici etkiye sahip antioksidanlar üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bitkisel ve hayvansal dokularda bulunan doğal antioksidanlar, gıdalarla birlikte vücuda alınarak savunma sistemini güçlendirmektedir. Bu doğal bileşenlerin, toksisite nedeniyle uygulamaları giderek kısıtlanan sentetik antioksidanlar yerine katkı maddesi olarak gıda ve diğer endüstriyel sektörlerde uygulamaları üzerinde çalışmalar artmaktadır. Tarımsal hammaddelerin endüstriyel olarak işlenmesi sırasında önemli miktarda atık ve yan ürünler oluşmaktadır. Bunlar arasında nar yan ürünleri (nar çekirdeği, kabuğu, çiçeği vs) yüksek fenolik içeriğine bağlı olarak yüksek biyoaktif bileşen miktarları ile ön plana çıkmaktadır. Bu makalede öncelikle antioksidan bileşikler ile mekanizmaları özetlenmiş ve nar yan ürünlerinin antioksidatif ve antikarsinojen gibi terapötik etkileri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Nar, antioksidan aktivite, fenolik bileşenler, nar yan ürünleri.

### Natural Antioxidant Compounds: Potential Use of Pomegranate By-Products as Antioxidants

**Abstract:** In recent years, the focus has been on antioxidants that have preventive and retarding effects on free radicals that play important roles in aging process and result in many diseases. Natural antioxidants, present in plant and animal tissues, are taken with daily diet to enhance the immune function. Obtaining these compounds are becoming important instead of restricted synthetical antioxidants. Therefore, the interest has been increased in detection and applicability of novel antioxidants obtained from natural sources in foods or other industries as additive instead of synthetic antioxidants, which are being restricted due to their toxicity. During industrial food processes significant amount of renewable or nonrenewable wastes and by-products are generated, which represent a major disposal problem aside with loss of bioactive compounds. Among these wastes, pomegranate by-products (seeds, peels, flowers, etc) could offer practical and economical sources with therapeutic potential, due to high content of bioactive compounds. This article summarizes antioxidative compounds and their mechanisms, aside with therapeutic properties of pomegranate by-products in terms of antioxidative and anticarcinogenic effects.

**Key Words:** Pomegranate, antioxidant activity, phenolic compounds, pomegranate by-products.

## Giriş

Yapay (sentetik) antioksidanlar gıda maddelerinin depolama sürelerinin kalite özellikleri ve besin değerleri korunarak uzatılması amacıyla uzun yıllardır gıda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Tablo 1). Ancak toksik ve karsinojenik etkilerinin olabileceği düşünülerek kullanımlarına sınırlama ya da yasaklama getirilmektedir (Decker ve ark., 2010). Bu nedenle son yıllarda yapılan çalışmalar geniş bir çeşitlilik gösteren bitkisel kaynaklardan ucuz, yenilebilir ve güvenilir antioksidanlar ile antimikrobiyel özellikteki bileşiklerin elde edilmesi üzerine yoğunlaşmaktadır (Dimitrios, 2006; Gutiérrez-Larraínzar ve ark., 2012; Movilenau ve ark., 2013; Koolen ve ark., 2013).

Tarımsal atık ve yan ürünler (sap, saman, yaprak, kabuk, çekirdek vs), antimikrobiyel ve antioksidan aktivite gösteren, sağlık üzerine birçok olumlu etkiye sahip biyoaktif bileşenlerce zengindir. Yüksek oranda karotenoid, tokoferol, flavonoid ve askorbik asit gibi antioksidan bileşen içeren meyve sebze sanayii atıkları, gıda, kozmetik ve ilaç endüstrisinde sentetik antioksidanların yerine değerlendirilmektedir (Duda-Chodak ve Tarko, 2007; El-Baroty ve ark., 2014). Özellikle elma, turunçgiller, nar, patates, domates, havuç, biber, soğan, sarımsak, brokoli, karnabahar, lahana, kereviz, soya fasulyesi, siyah üzüm, zeytin, bitkisel çaylar, baharat ve otlar, baklagiller, sert kabuklu yemişler, tahıllar gibi tarımsal ürünlerin işlenmesinden elde edilen yan ürünler, potansiyel antioksidan kaynağı olarak düşünülmektedir (Karpińska ve ark., 2001; Cheng ve ark., 2007; Aktaş ve ark., 2013).

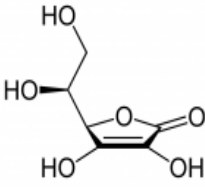
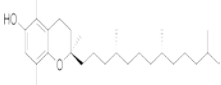
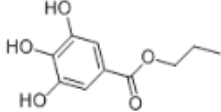
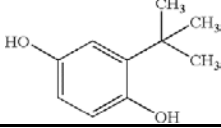
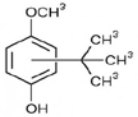
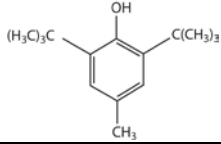
Bu derlemede nar yan ürünlerinin üretim potansiyeli, antioksidan özellik gösteren aktif bileşikler ile antioksidan özelliklerine yönelik çalışmalar ele alınmıştır.

## Antioksidan Mekanizma ve Antioksidan Özellik Gösteren Bileşikler

Canlılar yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmek için kimyasal enerjiye ve ısı enerjisine ihtiyaç duymakta ve bu enerji glikoz, yağ asitleri gibi karbon ve hidrojen atomlarınca zengin moleküllerin oksidasyonu ile elde edilmektedir. Oksijenin metabolizmada kullanımı sırasında “reaktif oksijen türleri (ROT)” adı verilen ve yapısında oksijen bulunan serbest radikaller oluşmaktadır. Başta süperoksit, hidroksil, peroksil, nitrik oksit radikalleri ile radikal olmayan singlet oksijen, hidrojen peroksit ve peroksinitrit olmak üzere birçok serbest radikal türü bulunmaktadır (Tablo 2; Liochev, 2013; Lushchak, 2014).

Serbest radikaller organizmada normal metabolizma sırasında meydana gelen oksidasyon ve redüksiyon reaksiyonları ya da çeşitli fiziksel etkiler sonucunda oluşmaktadır. Yüksek reaktif özelliğe sahip olan bu radikaller, hücre membranına ve hücre yapısında bulunan lipid, protein, enzim, karbonhidrat ile nükleik asit gibi biyomoleküllere zarar vermektedir. Vücudun savunma mekanizması bazı durumlarda radikallere karşı yetersiz kalmakta ve “oksidatif stres” olarak adlandırılan durum ortaya çıkmaktadır. Oksidatif stresin yaşlanma, kanser, kalp-damar hastalıkları, akciğer hastalıkları, diyabet ve katarakt gibi birçok hastalığa yol açabildiği ifade edilmektedir (Khansari ve ark., 2009; Reuter ve ark., 2010; Hybertson ve ark., 2011).

**Tablo 1.** Gıda muhafazasında yararlanılan bazı sentetik antioksidanlar

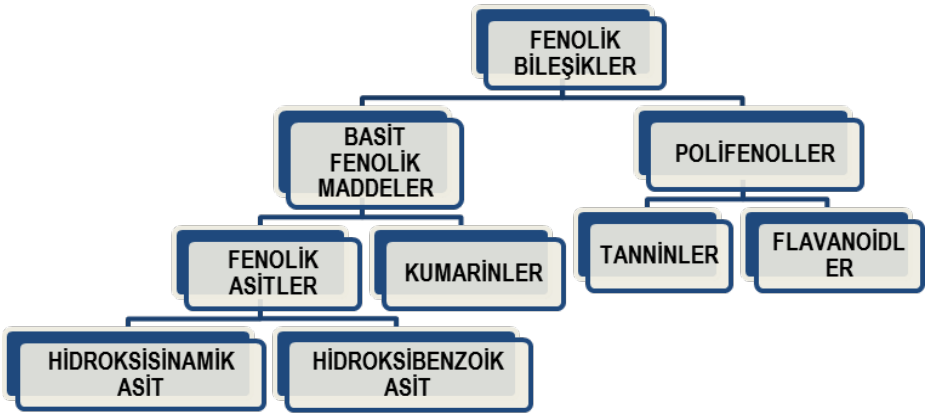
Antioksidan	Kodu	Formülü	Kullanıldığı Gıdalar
<b>Askorbik Asit Tuzları</b> (Askorbik asit, sodyum askorbat, kalsiyum askorbat, potasyum askorbat)	E300 E301 E302 E303		Emülsifiye edilmemiş hayvansal ve bitkisel katı ve sıvı yağlar (natürel ve riviera zeytinyağı hariç); meyve ve sebze suları; reçel, jöle, marmelat; şarap, süttozu; işlenmiş, dondurulmuş veya konserve ürünler; ekmek, yağ makarna; kıymadan hazırlanan et karışımları
<b>Sentetik Tokoferoller</b> (alfa, beta, delta)	E307 E308 E309		Emülsifiye edilmemiş hayvansal ve bitkisel katı ve sıvı yağlar (natürel ve riviera zeytinyağı hariç); bebek ve devam mamaları
<b>Propil gallat</b>	E310		
<b>TBHQ</b> (Tersiyer bütül hidroksi kinon)	E319		Hayvansal ve bitkisel katı ve sıvı yağlar (karma prina yağı hariç), esansiyel yağlar; süttozu; yağ içeren tahıl, bisküvi, gevrekler, margarinerler, çipsler; çorba ve et/tavuk/balık suları, soslar; tahıl bazlı çerezler, İşlenmiş sert kabuklu meyveler; çeşni verici maddeler; gıda takviyeleri
<b>BHA</b> (Bütillendirilmiş hidroksi anisol)	E320		
<b>BHT</b> (Bütillendirilmiş hidroksi toluen)	E321		

Gıdaların muhafaza edilmesi sırasında da nem, ısı, ışık, metaller ve enzimler ile katalizlenen oksidatif reaksiyonlar sonucunda besin değeri kayıplarının yanı sıra, yağlarda acılaşıma ve renk değişimleri gibi istenmeyen reaksiyonlara neden olan serbest radikaller oluşmaktadır. Canlı hücrelerinde ya da gıdalarda serbest radikallerden kaynaklanan oksidasyon süreçlerini engelleyen ya da geciktiren bileşenler “antioksidan maddeler” olarak tanımlanmaktadır (Kris-Etherton ve ark., 2002; Fernandez-Pancho ve ark., 2008). Meyve ve sebzeler başta olmak üzere tahıl, kuru baklagil, baharat ve çay gibi bitkisel gıdalar askorbik asit, tokoferol, karotenoid, flavonoid, antosiyanin, kumarin, kateşin gibi farklı miktar ve nitelikte antioksidan etki gösteren biyoaktif bileşenleri içermektedir (Kaur ve Kapoor, 2001; Tsao ve Deng, 2004; Çolak ve Ulusoy, 2005; Pellegrini ve ark., 2006).

**Tablo 2.** Bazı serbest radikal türleri

RADİKAL OLANLAR		RADİKAL OLMAYANLAR
OKSİJEN	Süperoksit ( $O_2^{\cdot-}$ )	Alkil peroksinitritler (ROONO)
	Hidroksil ( $OH^{\cdot}$ )	Hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ )
	Peroksil ( $RO_2$ )	Hipokloröz asit (HOCl)
	Alkoksil ( $RO^{\cdot}$ )	Hipobromöz asit (HOBr)
	Hidroperoksil ( $HO_2^{\cdot}$ )	Ozon ( $O_3$ )
	Süperoksit ( $O_2^{\cdot-}$ )	Singlet Oksijen ( $^1O_2$ )
AZOT	Nitrik oksit ( $NO^{\cdot}$ )	Nitröz asit ( $HNO_2$ )
	Azot dioksit ( $NO_2^{\cdot}$ )	Nitrozil katyonu ( $NO^+$ )
		Nitroksil anyonu ( $NO^-$ )
		Diazot tetroksit ( $N_2O_4$ )
		Diazot trioksit ( $N_2O_3$ )
		Peroksi nitrit ( $ONOO^-$ )
		Peroksi nitröz asit ( $ONOOH$ )
		Nitronyum katyonu ( $NO_2^+$ )

Gıdanın tat, koku ve renk gibi önemli kalite özelliklerinin oluşumunda da etkili olan fenolik bileşikler, bitkilerin yapısında buldukları gibi Maillard reaksiyonları gibi kimyasal reaksiyonlar sonucunda da oluşabilmektedir (Kraovicova ve Simko, 2000). Fenolik maddeler basit fenolik maddeler ve polifenoller olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır (Şekil 1; Vermerris ve Nicholson, 2006; de Lourdes Reis Giada, 2013).



**Şekil 1.** Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması

Bu bileşikler serbest radikal giderici, metal şelatlayıcı, peroksit parçalayıcı, singlet oksijen oluşumunu engelleyici ya da azaltıcı, enzim inhibitörü ve sinerjist etki mekanizmalarıyla gıdaları kimyasal ve mikrobiyolojik bozulmalara karşı koruyarak raf ömrünü uzatmaktadır. Oksidatif zararlara karşı otoimmün sisteme destek olan fenolik

bileşiklerin bu aktivitesi fenol halkasına bağlı hidroksil grubu sayısı ile bağlantılıdır (Nichenametla ve ark., 2006; Meral ve ark., 2012).

## Nar ve Yan Ürünlerinin Antioksidan Özellikleri

Yüzyıllardır yaşam, sağlık, uzun ömür, doğurganlık, bilgi, ahlak, ölümsüzlük ve maneviyatın sembolü olan nar (*Punica granatum* L.), *Lythraceae* familyasının (Kınagiller) *Punica* cinsine ait çok yıllık bir bitkidir (Ashton ve ark., 2006). Kültür tarihi M.Ö. 3 000 yıl öncesine dayanırken, bilinen en eski meyve türleri arasında yer almaktadır. İnsan sağlığına olan faydaları ve endüstriyel değeri kadar kültürel hayat için de önemli bir yere sahiptir (Viudo-Martos ve ark., 2010; Mohammad ve Kashani, 2012).

Anavatanı, İran başta olmak üzere Türkiye'nin güney-güneydoğusunu da kapsayacak şekilde Ortadoğu, Kafkasya ve Hindistan'ın kuzeyi olarak ifade edilen tropikal ve subtropikal iklim bitkisidir. Ortam şartlarına uyum yeteneği ve toprak seçiciliğinin fazla olmaması narın geniş bir alana yayılmasını sağlamıştır. Bununla birlikte, yaygın olarak yetiştiği alanlar genellikle Akdeniz yağış rejiminin etkili olduğu kışları yağışlı, yazları sıcak ve kurak olan bölgelerdir. Yurdumuzda, deniz seviyesinden 1 000 m yüksek rakımlara kadar, Antalya başta olmak üzere Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde yetişmektedir (Kurt ve Şahin, 2013).

Meyvecilik sektöründeki gelişmelere bağlı olarak Dünya'da ve Türkiye'de nar yetiştiriciliğinde dikkat çekici bir artış gözlenmiştir. Yetiştirme, depolama, taşıma ve işlenmesindeki önemli gelişmeler ile öne çıkan nar, üretimi, tüketimi ve ticareti artan bir meyve durumuna gelmiştir. Türkiye, önde gelen nar üreticilerindedir. TÜİK verilerine göre, 2000'li yılların başında toplam üretim 59 000 ton iken; 2014 yılında 397 335 tona yükselmiştir (Anonim, 2014). Nar, taze olarak tüketilmekle birlikte meyve suyu, meyve suyu konsantresi, reçel, şarap ve likör gibi ürünlere de işlenebilmekte, çeşitli gıdalarda renk verici ve tatlandırıcı olarak kullanılabilir (Mansour ve ark., 2013).

Nar meyvesi çekirdek, su ve kabuk olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Yenebilir kısmı, yani taneleri, meyvenin %52'sini oluşturmaktadır ve tanelerin ise %78'i meyve eti, %22'si çekirdekten oluşmaktadır (Kulkarni ve Aradyha, 2005). Meyvenin yenilebilir kısmı 103,38 ile 505,00 g arasında değişmektedir. Tablo 3'te nar suyunun kimyasal bileşimi verilmiştir (Ekşi ve Özhamamcı, 2009). Bununla birlikte meyvenin kimyasal kompozisyonunun; çeşit, yetiştirme bölgesi, iklim, olgunluk, kültürel uygulamalar ve depolama gibi faktörlere bağlı olarak değişim gösterdiği vurgulanmıştır (Akbarpour ve ark., 2009).

Nar suyu üretimi sırasında nar kabuğu ve çekirdekten oluşan posa açığa çıkmaktadır. Meyve, kabuk, kök ve yapraklarının terapötik özellikleri farklı çalışmalarda değerlendirilmiştir (Singh ve ark., 2002; Negi ve Jayaprakasha, 2003; Iqbal ve ark., 2008; Madrigal-Carballo ve ark., 2009; Shibani ve ark., 2012; El-Said ve ark., 2014).

Nar, flavanoidler (antosiyeninler, kateşinler ve diğer kompleks flavanoidler), hidrolize edilebilir tanenler (punikalın, pedunkulagin, punikalagin, glikozun gallik ve ellajik asit esterleri), polifenoller, yağ asitleri (konjüge ve konjüge-olmayan), aromatik bileşikler, aminoasitler, tokoferoller, steroller, terpenoidler, alkaloidler gibi antioksidan aktivitesinin %92'sini oluşturan fenolik bileşiklerce zengin bir kaynaktır (Syed ve ark., 2007; Wang ve ark., 2010; Prakash ve Prakash, 2011).

**Tablo 3.** Nar Suyunun Kimyasal Bileşimi

<b>Toplam Suda Çözünebilir Madde Miktarı</b>	11,37-22,03
<b>Titre Edilebilir Asitlik (Sitrik Asit Cinsinden) (g 100 g<sup>-1</sup>)</b>	0,33-3,36
<b>Toplam Şeker (g 100 g<sup>-1</sup>)</b>	13,23-21,72
<b>İndirgen Şeker (g 100 mL<sup>-1</sup>)</b>	13,89-29,83
<b>Askorbik asit (mg 100 g<sup>-1</sup>)</b>	9,68-20,92
<b>Pektin (g 100 g<sup>-1</sup>)</b>	1,4
<b>Potasyum (mg L<sup>-1</sup>)</b>	2,093-2,517
<b>Fosfor (mg L<sup>-1</sup>)</b>	93-151
<b>Kalsiyum (mg L<sup>-1</sup>)</b>	11-149
<b>Magnezyum (mg L<sup>-1</sup>)</b>	21-104
<b>Sodyum (mg L<sup>-1</sup>)</b>	20-128
<b>Toplam Antosiyanin (mg 100 g<sup>-1</sup>)</b>	5,56-30,11
<b>Toplam Fenolik (mg 100 g<sup>-1</sup>)</b>	295,79-985,37

Heber (2011) tarafından yapılan çalışmada, nar meyvesinde 124 çeşit fitokimyasal belirlenmiş ve bu fitokimyasallar arasında yüksek molekül ağırlıklı polifenollerin (örneğin elajitanenler, punikalagin) kanser de dahil olmak üzere oksidatif ve inflamatuvar bozukluklara karşı geniş koruyucu etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir.

Narın kabuk ve diğer anatomik kısımlarında ise yaklaşık 48 fenolik bileşik (antosiyaninler, gallotanenler, hidroksisanimik asit, hidroksibenzoik asitler ile elajitanenler ve gallagil esterler gibi hidrolize edilebilir tanenler) tespit edilmiştir (Yılmaz ve Usta, 2010). Tablo 4'te nar meyvesinin kısımları ve bunların biyoaktif bileşen içerikleri özetlenmiştir.

Nar meyve içeriğindeki antosiyanidinlerin yaklaşık %30'u kabuk kısmında yoğunlaşmıştır. Kabuk renginden de sorumlu olan bu bileşiklerin konsantrasyonu meyvenin çeşidine ve gelişim aşamalarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Fischer ve ark., 2011; Kumar ve ark., 2012; Zhao ve ark., 2013). Meyve ağırlığının %50'sini oluşturan kabuk; yüksek molekül ağırlıklı fenolikler, elajitanenler, proantosiyanidinler, kompleks polisakaritler, flavonoidler ve mikroelementleri için iyi bir kaynak olup içeriği ile güçlü antimutajenik, antioksidan ve antimikrobiyel özelliklere sahiptir (Dikmen ve ark. 2011). Li ve ark. (2006) nar kabuklarının 249,4 mg g<sup>-1</sup> fenolik madde içerirken, pulpun sadece 24,4 mg g<sup>-1</sup> fenolik madde içerdiğini bildirmişlerdir. Adams ve ark. (2010) ise nar kabuğunda bulunan polifenoller arasında hidrolize edilebilir tanenlerin, özellikle de elajitanenlerin, en yüksek antioksidan özelliğe sahip bileşenler olduğunu vurgulamışlardır.

Nar kabuğu gibi nar çekirdeği de polifenoller gibi biyoaktif bileşenler için iyi bir kaynaktır. Tekgül ve Kök (2011) nar çekirdeğinin önemli düzeyde linoleik, linolenik, oleik, stearik ve palmitik asit gibi yağ asitlerini içerdiğini; farmasötik ve nutrasötik olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir. El-Nemr ve ark. (1990) refraktif indeksi 1,518, iyot sayısı 74,2, asit sayısı 1,1, esterleşme derecesi 187,8 ve gliserol içeriği %10,3 olan nar çekirdek yağında kaprilik asidi %36,3 ile majör yağ asidi olarak belirlemişlerdir. Mizrahi ve ark. (2014) nar çekirdek yağının içerdiği punikik asit gibi yüksek antioksidan çoklu doymamış yağ asidi nedeniyle nörokoruyucu etki gösterdiğini ifade etmişlerdir.

**Tablo 4.** Nar meyvesinin kısımları ve içeriği

Nar Meyvesinin Kısımları	Fitokimyasal İçerik
Nar Suyu	Antosiyanin, askorbik asit, elajik asit, kateşin, Fe <sup>+</sup>
Nar Kabuğu	Punikalajinler, gallik asit, kateşinler, flavonoller, antosiyanidinler
Nar Çekirdeği	Punikik asit, konjuge linoleik asit, linolenik asit, oleik asit
Nar Çiçeği	Gallik asit, ursolik asit
Nar Yaprağı	Tanin, flavon glikozitler
Nar Yağı	Punisik asit, elajik asit, steroller
Nar Ağacı Kökü ve Kabuğu	Elajitanninler, piperidin alkaloidler

Jing ve ark. (2012) Çin'in Shanxi bölgesinde yetiştirilmiş 4 nar çeşidinin çekirdeklerinin fitokimyasal bileşimi ve antioksidan özelliklerini inceledikleri çalışmada, ekstrakte etikleri nar çekirdek yağının yağ asidi, toplam fenolik bileşen, tokoferol ve karotenoid içerikleri ile DPPH, ABTS ve FRAP yöntemleriyle antioksidan aktivitelerini belirlemişlerdir. Nar çekirdek yağının punikik asit (73,5–78,8 g 100 g<sup>-1</sup>) ve toplam tokoferol (5,3-12,0 µmol g<sup>-1</sup>) içeriği bakımından zengin olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte, toplam fenolik, flavonoid, proantosiyanidin içerikleri ve antioksidan özellikleri birbirinden farklı olan çeşitlerin endüstriyel ihtiyaca uygun türlerin seçilmesinde etkili olabileceği vurgulanmıştır.

Tehranifar ve ark. (2011) İran'da yetiştirilen 20 nar çeşidinin fizikokimyasal özellikleri ve DPPH yöntemi ile antioksidan aktivitelerini inceledikleri çalışmalarında, nar ekstraktlarının yüksek antioksidatif (%16,00-54,40) özellik gösterdiğini belirlemişlerdir. Ayrıca antioksidan aktivitenin toplam fenolik (r=0,95), antosiyanin (r=0,90) ve askorbik asit (r=0,75) içeriği ile doğru orantılı olduğunu ifade etmişlerdir.

Farklı meyvelerin meyve eti, kabuk ve çekirdek kısımları üzerinde yapılan bir çalışmada, nar kabuk ve çekirdeği en yüksek antioksidan aktivite gösterirken bunu sırasıyla üzüm çekirdeği ve ardıc kabuğunun izlediği bildirilmiştir (Guo ve ark., 2003). Nar kabuğu ekstraktının çekirdek ve meyve pulp ekstraktına oranla yaklaşık 10 kat daha fazla toplam fenolik madde içeriğine ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu ifade edilmektedir (Faria ve Calhau, 2011). Gil ve ark. (2000) nar çekirdeği ile kabuğunun ağırlıklı olarak punikalajin ve bunun izomerleri olan (2,3-hekzahidroksidifenol-4,6-gallajilglukoz) ellajitanenleri, az miktarda da punikalalin (4,6-gallajilglukoz), gallik asit, ellajik asit ve ellajik asit glikozitleri (heksisid, pentosid, ramnosid) içerdiğini tespit etmişlerdir. Orak ve ark. (2012) *Hicaznar*, *genotip 19–121*, *genotip 17–67* ve *genotip 19–66 nar çeşitlerinde* kabuk ekstraktlarının çekirdek ve meyve pulp ekstraktlarına göre toplam fenolik, flavanoid, tanen içeriğinin ve DPPH, β-karoten renk açılımı, demir indirgeme ile metal şelatlama yöntemleri ile belirlenen antioksidan aktivitesinin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Kaur ve ark. (2006)'nın nar çiçeklerinin alkollü ekstraktlarının antioksidan ve hepatoprotektif aktivitesini değerlendirdikleri bir çalışmada, DPPH radikalini indirgeme testine göre %81,6 antioksidan aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte *in vitro* lipid ve protein moleküllerinde OH kaynaklı oksidasyonu önlediği ve *in vivo* olarak da

farelerde akut oksidatif doku zedelenmelerine karşı koruyucu etkiye sahip olduğu vurgulanmıştır.

Zhang ve ark. (2011) nar çiçeklerinin çiçek tablası, erkeklik organı ve taç yaprağı kısımlarının %70 etanol ekstraktları üzerinde yaptıkları bir çalışmada, DPPH metoduna göre antioksidan kapasitelerini sırasıyla %44,86, 40,14 ve 28,66 olarak belirlemişlerdir. Folin-Ciocalteu yöntemi ile nar çiçek kısımları, kabuk ve yaprağın toplam fenolik içeriği de belirlenmiş ve çiçek bölümleri arasında en yüksek fenolik içeriğe 148,41±6,25 mg g<sup>-1</sup> ile çiçek tablasının sahip olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte çiçek bölümlerinin fenolik içeriklerinin yapraktan daha yüksek, kabuktan ise daha düşük olduğu bulunmuştur.

Bekir ve ark. (2013) yedi farklı nar çeşidine ait çiçek ekstraktlarının kimyasal bileşim ile antioksidan, antienflamatuvar ve sitotoksik aktivitelerini incelemiştir. En yüksek toplam fenolik bileşen (330,9±11,3 mg GE g<sup>-1</sup> kurumadde), tanen (30,6±0,6 mg kateşin eşdeğeri g<sup>-1</sup> kurumadde) ve antosiyanin (0,70±0,03 mg siyanidin-3-glukozit eşdeğeri g<sup>-1</sup> kurumadde) içeriği Chetoui çeşidinde belirlenmiştir. Bununla birlikte, Garsi (IC<sub>50</sub>=4,9±0,2 mg L<sup>-1</sup>) ile Zaghvani (IC<sub>50</sub>=3,9±0,2 mg L<sup>-1</sup>) çeşitlerinin en yüksek antioksidan aktiviteyi gösterdiği ve Zaghvani çeşidinin meme kanser hücreleri üzerinde de yüksek sitotoksik etki gösterdiği belirlenmiştir.

Orgil ve ark. (2014) çalışmalarında nar meyvesinin farklı kısımları ile ağaç bölümlerinin sulu ekstraktlarının yüksek miktarda toplam fenolik bileşen, punikalajin ve galajik asit içerdiğini ve bu içeriklerin antioksidatif aktivite ile arasında pozitif bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir. Meyvenin yenilmeyen bölümlerinin (kabuk ve lameller) yenilebilir bölümlerine göre daha yüksek fenolik madde içerdiği ve dolayısıyla daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği bildirilmiştir.

## Sonuç

Gıdaların endüstriyel işlenmesi sırasında oluşan yan ürünler arasında nar suyu işleme atıkları, içermiş oldukları biyoaktif bileşiklerin, özellikle fenolik maddelerin, çeşitliliği ve miktarı açısından nutrasötik ve terapötik potansiyele sahiptir. Sağlık üzerine olumlu etkilerinin olduğu bilinen bu bileşiklerin tanımlanması ve etki mekanizmalarının anlaşılabilmesi için *in vivo* ve *in vitro* çalışmalar sürdürülmektedir. Meyve suyu, kabuk, çekirdek, çiçek, yaprak ekstraktlarının yüksek antioksidatif etkiye sahip olduğu ve bu nedenle de diyabet, kalp hastalığı ve kanser gibi birçok hastalığın tedavisinde kullanılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca son yıllarda gıda ve yem sektöründe yaygın olarak kullanılan sentetik antioksidanların karsinojenik etkilerinden dolayı kullanımlarında sınırlama ve yasaklamalar getirilmektedir. Bu nedenle ucuz olan ve bol miktarda bulunan nar yan ürünlerinin özellikle gıda endüstrisinde doğal antioksidan olarak değerlendirilmesi çevre, ekonomi ve sağlık açısından büyük önem taşımaktadır.



## KAYNAKLAR

- Adams, L. S., Y. Zhang, N.P. Seeram, D. Heber, and S. Chen. 2010. Pomegranate ellagitannin-derived compounds exhibit antiproliferative and antiaromatase activity in breast cancer cells in vitro. *Cancer Prevention Research*, 3 (1):108-113.
- Akbarpour, V., K. Hemmati, and M. Sharifani. 2009. Physical and chemical properties of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit in maturation stage. *The American-Eurasian Journal Agriculture and Environmental Science*, 6 (4): 411-416.
- Aktaş, B., P. Özdemir ve H. Basmacıoğlu-Malayoğlu. 2013. Bazı agro-endüstriyel yan ürünlerin doğal antioksidan kaynağı olarak değerlendirilmesi. *Hayvansal Üretim*, 54 (2): 30-35.
- Anonim, 2014. TÜİK, Bitkisel Üretim İstatistikleri (1988-2014).  
[http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1001](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001) (Erişim Tarihi: 05.08.2015).
- Ashton, R. 2006. Meet the Pomegranate. pp: 3-8 Editörler: R. Ashton, B. Baer, D. Silverstein. *Incredible Pomegranate: Plant and Fruit*. Third Millenium Publications, AZ, USA.
- Bekir, J., M. Mars, P. Vicendo, A. Fterrich and J. Bouajila. 2013. Chemical composition and antioxidant, anti-inflammatory, and antiproliferation activities of pomegranate (*Punica granatum*) flowers. *Journal of Medicinal Food*, 16 (6): 544-550.
- Cheng, S.H., J.Y. Zhuang, Y.Y. Fan, J.H. Du and L.Y. Cao. 2007. Progress in research and development in hybrid rice: a super-domesticated in China. *Annals of Botany*, 100 (5): 959-966.
- Çolak, H. ve B.H. Ulusoy. 2005. Bitkisel orijinli gıdalarda bulunan bazı doğal antioksidan maddeler ve etkileri. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi*, 8 (4): 43-48.
- de Lourdes Reis Giarda, M. 2013. Food Phenolic Compounds: Main Classes, Sources and Their Antioxidant Power. pp: 87-112. Editör: J.A. Morales-Gonzalez. *Oxidative Stress and Chronic Degenerative Diseases - A Role for Antioxidants*. Intech Open Books.
- Decker, E.A., B. Chen, A. Panya, and R.J. Elias. 2010. Understanding antioxidant mechanisms in preventing oxidation in foods. pp: 225-248. Editörler: E.A. Decker, R.J. Elias, D.J. McClements. Volume 1: Understanding Mechanisms of Oxidation and Antioxidant Activity. *Oxidation in Foods and Beverages and Antioxidant Applications*. Woodhead Publishing, Cambridge.
- Dikmen, M., N. Ozturk and Y. Ozturk. 2011. The antioxidant potency of *Punica granatum* L. fruit peel reduces cell proliferation and induces apoptosis on breast cancer. *Journal of Medicinal Food*, 14 (12): 1638-1646.
- Dimitrios, B. 2006. Sources of natural phenolic antioxidants. *Trends in Food Science & Technology*, 17 (9): 505-512.
- Duda-Chodak, A. and T. Tarko. 2007. Antioxidant properties of different fruit seeds and peels. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 6 (3): 29-36.
- Ekşi, A. ve İ. Özhmamcı. 2009. Chemical composition and guide values of pomegranate juice. *Gıda*, 34 (5): 265-270.
- El-Baroty, G.S., M.F. Khalil and S.H.A. Mostafa. 2014. Natural antioxidant ingredient from by-products of fruits. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 9 (3): 311-320.
- El-Nemr, S.E., I.A. Ismail and M. Ragab. 1990. Chemical composition of juice and seeds of pomegranate fruit. *Food / Nahrung*, 34 (7): 601-606.
- El-Said, M.M., H.F. Haggag, H.M. Fakhr El-Din, A.S. Gad and A.M. Farahat. 2014. Antioxidant activities and physical properties of stirred yoghurt fortified with pomegranate peel extracts. *Annals of Agricultural Science*, 59 (2): 207-212.
- Faria, A. and C. Calhau. 2011. The bioactive of pomegranate: impact on health and disease. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51 (7): 626-634.

- Fernandez-Panchon, M.S., D. Villano, A.M. Troncoso and M.C. Garcia-Parrilla. 2008. Antioxidant activity of phenolic compounds: from *in vitro* results to *in vivo* evidence. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48 (7): 649-671.
- Fischer, U.A., R. Carle and D.R. Kammerer. 2011. Identification and quantification of phenolic compounds from pomegranate (*Punica granatum* L.) peel, mesocarp, aril flavonols and flavones changes in pomegranate and differently produced juices by HPLC DAD-ESI/MSn. *Food Chemistry*, 127: 807-821.
- Gil, M.I., F.A. Tomas-Barberan, B. Hess-Pierce, D.M. Holcroft and A.A. Kader. 2000. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (10): 4581-4589.
- Guo, C., J. Yang, J. Wei, Y. Li, J. Xu and Y. Jiang. 2003. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition Research*, 23 (12): 1719-1726.
- Gutiérrez-Larraínzar, M., J. Rúa, I. Caro, C. de Castro, D. de Arriaga, M.R. García-Armesto and P. del Valle. 2012. Evaluation of antimicrobial and antioxidant activities of natural phenolic compounds against foodborne pathogens and spoilage bacteria. *Food Control*, 26 (2): 555-563.
- Heber, D. 2011. Pomegranate Ellagitannins. Editörler: I.F.F. Benzie and S. Wachtel-Galor. *Herbal Medicine: Biomolecular and Clinical Aspects*. Boca Raton (FL): CRC Press. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22593938>.
- Hybertson, B.M., B. Gao, S.K. Bose and J.M. McCord. 2011. Oxidative stress in health and disease: the therapeutic potential of Nrf2 activation. *Molecular Aspects of Medicine*, 32 (4-6): 234-246.
- Iqbal, S., S. Haleem, M. Akhtar, M. Zia-ul-Haq and J. Akbar. 2008. Efficiency of pomegranate peel extracts in stabilization of sunflower oil under accelerated conditions. *Food Research International*, 41: 194-200.
- Jing, P., T. Ye, H. Shi, Y. Sheng, M. Slavin, B. Gao, L. Liu and L.L. Yu. 2012. Antioxidant properties and phytochemical composition of China-grown pomegranate seeds. *Food Chemistry*, 132 (3): 1457-1464.
- Karpińska, M., J. Borowski and M. Danowska-Oziewicz. 2001. The use of nature antioxidants in ready-to-serve foods. *Food Chemistry*, 72 (1): 5-9.
- Kaur, C. and H.C. Kapoor. 2001. Antioxidants in fruits and vegetables - The millennium's health. *International Journal of Food Science and Technology*, 36 (7): 703-725.
- Kaur, G., Z. Jabbar, M. Athar and M.S. Alam. 2006. *Punica granatum* (pomegranate) flower extract possesses potent antioxidant activity and abrogates Fe-NTA induced hepatotoxicity in mice. *Food and Chemical Toxicology*, 44 (7): 984-993.
- Khansari, N., Y. Shakiba and M. Mahmoudi. 2009. Chronic inflammation and oxidative stress as a major cause of age-related diseases and cancer. *Recent Patents on Inflammation & Allergy Drug Discovery*, 3 (1): 73-80.
- Koolen, H.H.F., F.M.A. da Silva, F.C. Gozzo, A.Q.L. de Souza and A.D.L. de Souza. 2013. Antioxidant, antimicrobial activities and characterization of phenolic compounds from Buriiti (*Mauritia flexuosa* L. f.) by UPLC-ESI-MS/MS. *Food Research International*, 51 (2): 467-473.
- Kraovičová, J. and P. Šimko. 2000. Determination of synthetic phenolic antioxidants in food by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography*, 882 (1-2): 271-281.
- Kris-Etherton, P.M., K.D. Hecker, A. Bonanome, S.M. Coval, A.E. Binkoski, K.F. Hilpert, A.E. Griel and T.D. Etherton. 2002. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *American Journal of Medicine*, 113 (Suppl 9B): 71-88.

- Kulkarni, A.P. and S.M. Aradhya. 2005. Chemical changes and antioxidant activity pomegranate arils during fruit development. *Food Chemistry*, 93 (2): 319-324.
- Kumar, S., R. Singh, R. Asrey and D.D. Nangare. 2012. Techno-economic evaluation of integrated canal water harvesting and drip irrigation for pomegranate production in a dry eco-system. *Irrigation and Drainage*, 61: 366-374.
- Kurt, H. ve G. Şahin. 2013. Bir ziraat coğrafyası çalışması: Türkiye’de nar (*Punica granatum* L.) tarımı. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 27 (1): 551-574.
- Li, Y., C. Guo, J. Yang, J. Wei, J. Xu and S. Cheng. 2006. Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. *Food Chemistry*, 96 (2): 254-260.
- Liochev, S.I. 2013. Reactive oxygen species and the free radical theory of aging. *Free Radical Biology and Medicine*, 60: 1-4.
- Lushchak, V.I. 2014. Free radicals, reactive oxygen species, oxidative stress and its classification. *Chemico-Biological Interactions*, 224: 164–175.
- Madrigal-Carballo, S., G. Rodriguez, C. Krueger, M. Dreher and J. Reed. 2009. Pomegranate (*Punica granatum*) supplements: authenticity, antioxidant and polyphenols composition. *Journal of Functional Foods*, 1: 324–329.
- Mansour, E., A.B. Khaled, B. Lachiheb, M. Abid, Kh. Bachar and A. Ferchichi. 2013. Phenolic compounds, antioxidant, and antibacterial activities of peel extract from Tunisian pomegranate. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15 (Suppl): 1393-1403.
- Meral, R., İ.S. Doğan ve G.S. Kanberoğlu. 2012. Fonksiyonel gıda bileşeni olarak antioksidanlar. *İğdir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2 (2): 45-50.
- Mizrahi, M., Y. Friedman-Levi, L. Larush, K. Frid, O. Binyamin, D. Dori, N. Fainstein, H. Ovidia, T. Ben-Hur, S. Magdassi and R. Gabizon. 2014. Pomegranate seed oil nanoemulsions for the prevention and treatment of neurodegenerative diseases: the case of genetic CJD. *Nanomedicine*, 10 (6): 1353-1363.
- Mohammad, S.M. and H.H. Kashani. 2012. Chemical composition of the plant *Punica granatum* L. and its effect on heart and cancer. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6 (40): 5306-5310.
- Moveleanu, I., M.T. Núñez de González, B. Hafley, R.K. Miller and J.T. Keeton. 2013. Comparison of dried plum puree, rosemary extract, and BHA/BHT as antioxidants in irradiated ground beef patties. *International Journal of Food Science*, Article ID 360732.
- Negi, P. and J. Jayaprakasha. 2003. Antioxidant and antibacterial activities of *Punica granatum* peel extracts. *Journal of Food Science*, 68: 1473-1477.
- Nichenametla, S.N., T.G. Taruscio, D.L. Barney and J.H. Exon. 2006. A review of the effects and mechanisms of polyphenolics in cancer. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46 (2): 161-183.
- Orak, H.H., H. Yağar ve S.S. İşbilir. 2012. Comparison of antioxidant activities of juice, peel and seed of pomegranate (*Punica granatum* L.) and inter-relationships with total phenolic, tannin, anthocyanin, and flavonoid contents. *Food Science Biotechnology*, 21: 373-387.
- Orgil, O., E. Schwartz, L. Baruch, I. Matityahu, J. Mahajna and R. Amir. 2014. The antioxidative and anti-proliferative potential of non-edible organs of the pomegranate fruit and tree. *Food Science and Technology*, 58 (2): 571-577.
- Pellegrini, N., M. Serafini, S. Salvatore, D.D. Rio, M. Bianchi and F. Brighenti. 2006. Total antioxidant capacity of spices, dried fruits, nuts, pulses, cereals and sweets consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *Molecular Nutrition and Food Research*, 50 (11): 1030-1038.

- Prakash, C.V.S. and I. Prakash. 2011. Bioactive chemical constituents from pomegranate (*Punica granatum*) juice, seed and peel - a review. *International Journal of Research in Chemistry and Environment*, 1 (1): 1-18.
- Reuter S., S.C. Gupta, M.M. Chaturvedi and B.B. Aggarwal. 2010. Oxidative stress, inflammation, and cancer: how are they linked. *Free Radical Biology & Medicine*, 49 (11): 1603–1616.
- Singh, R.P., K.N. Chidambara-Murthy and G.K. Jayaprakasha. 2002. Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using *in vitro* models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (1): 81-86.
- Shiban, M.S., M.M. Al Otaibi, N.S. Al-Zoreky. 2012. Antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit peels. *Food Nutritional Science*, 3: 991-996.
- Syed, D.N., F. Afaq and H. Mukhtar. 2007. Pomegranate derived products for cancer chemoprevention. *Seminars in Cancer Biology*, 17 (5): 377-385.
- TehraniFar, A., Y. Selahvarzi, M. Kharrazi and V.J. Bakhsh. 2011. High potential of agro-industrial by-products of pomegranate (*Punica granatum* L.) as the powerful antifungal and antioxidant substances. *Industrial Crops and Products*, 34 (3): 1523–1527.
- Tekgöl, Y. ve F. Kök. 2011. Narın sağlık üzerine etkileri. *Hasad Gıda*, 318: 26-29.
- Tsao, R. and Z. Deng. 2004. Separation procedures for naturally occurring antioxidant phytochemicals. *Journal of Chromatography B*, 812 (1-2): 85-99.
- Vermerris W. and R. Nicholson. Families of Phenolic Compounds and Means of Classification. 2006. pp: 1-34. Editörler: W. Vermerris and R. Nicholson. *Phenolic Compound Biochemistry*. Springer, Netherlands.
- Viuda-Martos, M., J. Fernández-López and J.A. Pérez-Álvarez. 2010. Pomegranate and its many functional components as related to human health: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9 (6): 635-654.
- Yılmaz, B. ve C. Usta. 2010. Narın (*Punica granatum*) terapötik etkileri. *Türk Aile Hekimliği Dergisi*, 14 (3): 146-153.
- Wang, R., Y. Ding, R. Liu, L. Xiang and L. Du. 2010. Pomegranate: constituents, bioactivities and pharmacokinetics. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 2: 77-87.
- Zhang, L., X. Yang, Y. Zhang, L.Wang and R. Zhang. 2011. *In vitro* antioxidant properties of different parts of pomegranate flowers. *Food and Bioprocess Processing*, 89 (3): 234-240.
- Zhao, X., Z. Yuan, Y. Fang, Y. Yin, and L. Feng. 2013. Characterization and evaluation of major anthocyanins in pomegranate (*Punica granatum* L.) peel of different cultivars and their development phases. *Europe Food Research and Technology*, 236: 109-117.