

Araştırma Makalesi/Research Article (Original Paper)

Ardahan Bölgesinde Yetiştirilen Elma Çeşitlerinin Biyoaktif Bileşiklerinin ve Toplam Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi

Zehra Tuğba ABACI^{1*}

Emre SEVİNDİK²

¹: Ardahan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ardahan

²: Ardahan Üniversitesi, Göle Meslek Yüksek Okulu, Süt ve Ürünleri Teknolojisi, Ardahan

*e-posta: ztugbaabaci@hotmail.com; Tel: 0478 211 50 500, 30 10; Fax: 0478 211 32 75

Özet: Bu çalışmada Ardahan bölgesinde yetişen 26 elma çeşidinde toplam fenolik madde içeriği, toplam antosiyanin içeriği, suda çözünebilir kuru madde (SÇKM), pH, titre edilebilir asitlik, toplam askorbik asit içeriği ve antioksidan kapasitesi belirlenerek çeşitlerin besleyici değeri ortaya çıkarılmıştır. SÇKM içeriği yüksek, asitlikleri düşük olan çeşitler Şah Elması ve Dervişbey, SÇKM içeriği düşük ve asitliği yüksek olan çeşit ise Mahara olarak belirlenmiştir. Limon Elması ve Yabani Elma'nın biyoaktif bileşik içeriğinin ve meyve kalitesinin diğer çeşitlere oranla düşük olduğu tespit edilmiştir. İçi kırmızı Uruset çeşidinin toplam fenolik madde ve antosiyanin içeriği ile antioksidan kapasite yönünden, Mahara çeşidinin ise askorbik asit içeriği yönünden diğer çeşitlerden zengin oldukları belirlenmiştir. Sonuç olarak, bölgede yetişen çeşitlerin yüksek besleyici değere ve antioksidan kapasiteye sahip oldukları ortaya çıkarılmıştır. Bu bakımdan meyvelerin içerdikleri sağlığa faydalı bileşiklerden ötürü fonksiyonel gıda kaynağı olarak özellikle kabuklarıyla birlikte tüketilmeleri önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Antioksidan, Antosiyanin, Askorbik asit, Elma, Fenolik madde

Determination of Bioactive Compounds and Total Antioxidant Capacity in Apple Varieties Grown in Ardahan Region

Abstract: In this study, total phenol content, total anthocyanin content, °Brix, pH, titrable acidity, total ascorbic acid content and antioxidant capacity in the 26 apple cultivars cultivated in Ardahan City were determined and nutritional value of the apples were revealed. The varieties with high brix content and low acidity were determined as Şah Elması and Dervişbey, the cultivar with low brix content and high acidity was determined as Mahara. It was determined that the bio-active component content and fruit quality of Limon Elması and Yabani Elma were lower compared to the other cultivars. Uruset cultivar with red penetralia was determined to be richer in terms of total phenol content, anthocyanin content and antioxidant capacity compared to the other cultivars and the Mahara cultivar was determined to be richer in terms of ascorbic acid content compared to the other cultivars. Consequently, it was revealed that the cultivars cultivated in the region have high nutritional value and antioxidant capacity. In this respect it is suggested to consume those especially with their peels on as a functional food resource due to the healthy compounds they contain.

Key words: Antioxidant, Anthocyanin, Ascorbic acid, Apple, Phenolic compound

Giriş

Botanik olarak *Roseaceae* familyası *Malus* cinsine dâhil olan elmanın Dünyada; Avrupa, Anadolu, Himalaya, Çin, Japonya, Kore ve Kuzey Amerika olmak üzere farklı gen merkezlerine yayıldığı ve 48 türünün mevcut olduğu bildirilmiştir (Dziubiak 2004; Ercişli 2004). Dünya elma üretimi 70 milyon tonun üzerindedir (Anonim 2012). Türkiye bugün yaklaşık 2.7 milyon ton elma üretmektedir. Bu artışla Türkiye, dünya elma üretiminde üçüncü sıraya yerleşmiştir. Bu miktarda üretim, meyve veren yaklaşık 42 milyon elma ağacından sağlanmaktadır (Anonim 2013a). Elma; tadı, besinsel içeriği ve ekonomik değerinden dolayı yoğun olarak tüketicilerin tercih ettiği ve zengin antioksidan bileşenler, karbonhidratlar, esansiyel mineraller ile diyet lifi içeren en önemli meyve türlerinden birisidir (Wiseman

2001; Sadik ve ark. 2003). İnsanlar için iyi bir fenolik bileşik ve antioksidan kaynağıdır (Wolfe ve ark. 2003; Wolfe ve Liu 2003).

Fenolik bileşikler düşük moleküler ağırlıklı sekonder metabolitlerdir. Yoğun olarak meyve ve sebzelerde bulunurlar ve diğer biyoaktif bileşiklere göre daha yüksek antioksidatif etki göstermektedirler. İnsan sağlığı üzerine olumlu etkilere sahip oldukları birçok araştırmacı tarafından belirlenmiştir (Chen ve Chen 2013; Vauzour ve ark. 2010; Williams ve ark. 2004). Fenolik bileşenlerin kanser hücrelerini inhibe ettiği, antitumöjenik aktiviteye ve kan basıncını düşürücü etkiye sahip olduğu, kardiyovasküler riski azalttığı bildirilmiştir (Bermúdez-Soto ve ark. 2007; Hellström ve ark. 2010; Jia ve ark. 2012; Ju ve ark. 2012; Naruszewicz ve ark. 2007; Seeram ve ark. 2006).

Tüketiciler için elmada kırmızı kabuk rengi önemli bir olgunlaşma ve kalite göstergesidir. Daha önceki çalışmalar kırmızı meyvelerin, yeşil meyvelere oranla daha fazla antioksidan aktivitesine sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu durum kırmızı meyvelerin içerdiği antosiyaninlerin fazlalığından kaynaklanmaktadır. Kırmızı meyvelerde antosiyaninlerin yanı sıra fenolik bileşikler de daha yüksek düzeydedir (Hughes ve ark. 2005; Neill ve ark. 2002a; 2002b; Neill ve Gould 2003; Shao ve ark. 2007). Antosiyaninlerin zararlı ultraviyole ışınları ve güneş radyasyonuna karşı koruyucu etki gösterdiği bilinmektedir (Chalker-Scott 1999; Merzlyak ve ark. 2002; Merzlyak ve Chivkunova 2000; Smillie ve Hetherington 1999).

Askorbik asit bitkilerde en bol bulunan antioksidandır (Davey ve ark. 2000). Bitki büyüme ve gelişmesinde önemli rol oynamaktadır. Hücreleri ışık stresi sonucu meydana gelen oksidatif zarardan korumaktadır (Dowdle ve ark. 2007; Ma ve ark. 2003; Yabuta ve ark. 2007). Reaktif oksijen türlerine karşı süpürücü etkinin yanı sıra askorbat peroksidaz için elektron verici olarak da görev yapmaktadır (Noctor ve Foyer 1998). Meyve ve sebzeler insanlar için askorbik asitin ana kaynağıdır. Çünkü insanlar askorbik asit sentezleme yeteneğine sahip değildir ve günlük öğünleriyle dışarıdan almak zorundadırlar. Diğer meyvelerle karşılaştırıldığında, elmalarda askorbik asit düzeyi düşüktür. Güneşte ve gölgede yetişmiş kabuk ve meyve etinde askorbik asit içeriğinin ve antioksidan kapasitenin farklı olduğu, güneşte yetişen elmaların kabuklarında, gölgede yetişenlerinkine oranla daha yüksek düzeyde askorbik asit bulunduğu bildirilmiştir. Benzer şekilde elma kabuğunun kırmızı kısımlarında, yeşil kısımlarına oranla 2 kat daha yüksek miktarda askorbik asit bulunmaktadır (Tavernier ve Jacquin 1946). Elma, çeşide bağlı olarak 2-30 mg/100 g arasında askorbik asit içermektedir (Fisher 1999; Mapson 1970; Schuphan 1956).

Soğuk iklim tipinin hakim olduğu bir coğrafyada yer alan Ardahan merkezinde meyve yetiştiriciliği yapılamazken, daha alçak kesimlerde yer alan ve mikroklima iklim özelliğine sahip olan Posof ilçesi ve Çıldır ilçesine bağlı Kurtkale havzasında farklı türlere ait çeşitler başarılı olarak yetişmektedir. Bölgede meyve yetiştiriciliğinde tarım ilaçları ve suni gübreler kullanılmamakta, ancak sertifikasyon çalışması yapılmadığından ürünler konvansiyonel olarak değerlendirilmektedir. Aynı zamanda meyve yetiştiriciliği yapılan alanlara ulaşım problemlerinin bulunması ve araçların meyveleri düşük fiyatlara almasından ötürü, pazarlama sıkıntıları bulunmaktadır. İl merkezinde ve diğer ilçelerde yaşayan halk, bölgede meyve yetiştirmesi dahi bilmemektedir. İl genelinde yıllık 510 ton elma üretilmektedir (Anonim 2013b). Bölgede yetişen elma çeşitlerinin bazılarının (Mahara, Uruset grubu) sınırın diğer tarafındaki Rusya ve Gürcistan'dan getirildiği ve bölgeye adapte olduğu bilinmektedir.

Bu çalışmanın amacı bölgede yetiştiriciliği yapılan yerel elma çeşitlerinin SÇKM, asitlik, pH, toplam antosiyanin, toplam fenolik madde, askorbik asit içerikleri, toplam antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi ve besleyici değerlerinin ortaya çıkarılmasıdır. Çalışma aynı zamanda bölgede yetişen elma çeşit zenginliğinin ortaya çıkarılması ve tüketiminin artması açısından da büyük önem taşımaktadır.

Materyal ve Metot

Meyve Örnekleri

Posof ve Çıldır yörelerindeki meyve bahçelerinde tespit edilen 26 çeşide ait meyve örnekleri buz kaseti içerisinde laboratuvara getirilmiş ve meyve analizleri yapılmaya kadar (2 gün) 4 °C'de buzdolabında depolanmıştır. Her çeşitte 3 tekrarlı olarak suda çözünür kuru madde, pH, titre edilebilir asitlik, toplam fenolik madde, toplam antosiyanin, askorbik asit ve antioksidan kapasite belirlenmiştir.

Meyve Ağırlığı, Suda Çözünür Kuru Madde (SÇKM) pH ve Titre Edilebilir Asitlik Analizleri

Her çeşit için tartımlar 20 meyvede gerçekleştirilmiştir. Meyve örnekleri 0.2 g'a duyarlı dijital terazide (Desis T 28) tartılmıştır. Meyvelerin suda çözünür kuru madde (SÇKM) içerikleri 22 °C'de Mettler-Toledo 30 P dijital refraktometre ile % asitlik değerleri titrimetrik metod kullanılarak Cemeroglu (1992)'na göre belirlenmiştir.

Toplam Antosiyanin, Toplam Fenolik Madde ve Askorbik Asit Tayini

Toplam antosiyanin tayini Giusti ve Wrolstad (2001)'a göre belirlenmiştir. Örnek 5 g meyve 10 ml % 1 HCl içeren metanol çözeltisinde 2 dk homojenize edilmiş ve bir gece bekletildikten sonra filtre kâğıdından (Whatman No: 2) süzümüştür. Süzüntü pH 1.0 ve pH 4.5 tamponları içinde 15 dk inkübasyona bırakılmış ve absorbansları çözücüye karşı 530 ve 700 nm'lerde spektrofotometrik (Unico, S1205) olarak ölçülmüştür. Toplam Antosiyanin içeriği (TA) aşağıdaki formüller kullanılarak siyanidin-3-glikozitin molar absorbtivite katsayısı kullanılarak hesaplanmıştır.

$$A = (A_{530} - A_{700}) \times pH1 - (A_{530} - A_{700}) \times pH4.5$$

$$TA(\text{mg/kg}) = A \cdot MA \cdot SF \cdot 100 / e \cdot L$$

A: Absorbans

MA: Molekül ağırlığı

SF: Seyreltme faktörü

e: Molar absorptivite

L: Absorbans ölçüm küvetinin tabaka kalınlığı (cm)

Toplam fenolik madde tayini Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Spanos ve Wrolstad 1992). Fenolik madde tayini için 14 g meyve örneği (Kabuk ve meyve eti) 40 ml etanolle homojenize edildikten sonra, 6000 g'de santrifüj edilmiştir. 200 µl süpernatant üzerine 1000 µl (1/10 dilüte edilmiş) folin-ciocalteu ve 800 µl (% 7.5) Na₂CO₃ eklenmiştir. Oda sıcaklığında 2 saat inkübasyona bırakıldıktan sonra, spektrofotometrede 750 nm'de % 50 etanol-su karışımına karşı ölçülmüştür. Örneklerin toplam fenolik madde içerikleri gallik asit standardı kullanılarak hesaplanmıştır.

Askorbik asit tayini spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir (Şahin 2013). Örnek 5 gram meyve 50 ml saf su içerisinde homojen hale getirilmiş ve 4000 g'de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Alınan 100 µl süpernatant üzerine 400 µL % 0.4'lük oksalik asit ve 4.5 ml 2,6-diklorofenolindofenol çözeltisi eklenmiş ve 520 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak absorbans değerleri okunmuştur. Meyvelerdeki askorbik asit miktarı kalibrasyon grafiği kullanılarak hesaplanmıştır.

Antioksidan Kapasite

Antioksidan kapasite (serbest radikallerin indirgenme kapasitesi) DPPH metodu ile süpürücü etkiye göre belirlenmiştir. Örnek 2 g doku 2 cc ekstraksiyon solüsyonu (% 85 metanol, % 15 asetik asit) ile karıştırılarak homojenize edilmiş ve 24 saat 4 °C'de bekletilmiştir. Daha sonra 10 dk 10000 rpm'de santrifüj edilmiştir. DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) solüsyonu (950 µl 0.1 N) meyve eti ve meyve kabuğundan ayrı ayrı dilüte edilmiş 50 µl ekstrakt ile birleştirilmiştir. Solüsyon 30 dk karanlık bir ortamda, oda sıcaklığında çalkalayıcıda bekletilmiştir. Daha sonra örnekler ve standart 515 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuştur. Her örnekte meyve eti ve meyve kabukları için ayrı ayrı ölçüm yapılmıştır. Antioksidan kapasite %DPPH = $(A_{\text{kontrol}} - A_{\text{örnek}}) / A_{\text{kontrol}} \times 100$ formülüyle hesaplanmıştır (Bakhshi ve Arakawa 2006; Rezaeirad ve ark. 2013).

İstatistiksel Analizler

Çalışmada tüm analizler 3 kez tekrarlanmış elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 15.0 paket programı kullanılmıştır. Gruplar arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile P<0.05 önem düzeyinde belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Örneklerin meyve ağırlığı, SÇKM, Toplam kuru madde, pH ve asitlik değerleri ile bazı pomolojik özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir. Farklı çeşitler arasında bu parametrelerde istatistiksel anlamda önemli farklılıklar saptanmıştır.

Çıldır ve Posof ilçelerinde toplam 26 çeşit elma tespit edilmiştir. Çeşitlerin meyve ağırlıklarının 14.8 g (Yabani Elma) ile 261 g (Karpuz Elması) arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. SÇKM ve asitlik meyvelerde tat indikatörleridir (Rezaeirad ve ark., 2013). Çalışmamızda Dervişbey ve Şah Elması çeşitlerinin SÇKM içeriklerinin % 14, Mahara çeşidinin SÇKM içeriğinin ise % 10 olduğu belirlenmiştir. Jakopic ve ark. (2007), Fuji elma çeşidinde SÇKM’nin % 15.6 olduğunu belirlemiştir. Benzer şekilde Özgen ve Tokbaş (2007), Amasya ve Fuji elmalarında meyve ağırlığını 141 ve 176 g, SÇKM içeriklerini ise % 14.6 ile 16.1 arasında tespit etmiştir. Çalışmada kullanılan çeşitler arasında pH’sı en düşük olan çeşit Mahara (5.5) iken, en yüksek olan çeşit Şah Elması ve Karpuz Elması (12)’dir. Çeşitlerin asit içerikleri en düşük % 3.11 ve % 3.16 ile Şah Elması ve Kaburgalı Urusette, en yüksek % 4.19 ile Mahara çeşidinde belirlenmiştir. Iglesias ve ark. (2012), elma çeşitlerinde SÇKM içeriklerinin % 14.1-15.7 arasında, titre edilebilir asit içeriklerinin ise % 2.4-3.3 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Elma çeşitlerinin SÇKM ve asit içerikleri çeşide, yani genetik faktörlere bağlı olduğu gibi iklimsel faktörler, toprak yapısı, sulama ve gübreleme gibi çevresel faktörler tarafından da etkilenmektedir. Ardahan bölgesinde soğuk iklim şartlarının hüküm sürmesi, meyvelerin SÇKM içeriklerinin düşük, asit içeriklerinin yüksek olmasına neden olabilmektedir.

Çalışmada kullanılan örneklerin toplam fenolik madde, antosiyanin, askorbik asit ve antioksidan içerikleri Çizelge 2’de verilmiştir. Farklı çeşitler arasında bu parametrelerde istatistiksel anlamda önemli farklılıklar saptanmıştır ($p < 0.05$). Elma meyvesi özellikle de meyve kabuğu ögünlerle alınan en önemli fenolik bileşik kaynaklarından biridir (Rupasinghe ve ark. 2010). Ardahan bölgesinde yetişen elma çeşitlerinin toplam fenolik madde içerikleri karşılaştırıldığında, en yüksek içeriğin İçi Kırmızı Uruset çeşidinin kabuğunda (578.7 mg/100 g) ve meyve etinde (112.2 mg/100 g), en düşük içeriğin Kanevoz çeşidinin meyve kabuğunda (209.7 mg/100 g) ve meyve etinde (46.9 mg/100 g) olduğu saptanmıştır. Daha önceki çalışmalarda tespit edildiği gibi çalışmamızda da toplam fenolik madde içeriğinin elma kabuklarında, meyve etine göre çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Chen ve ark. 2012; Wolfe ve Liu 2003). Bouayed ve ark. (2011), 4 elma çeşidinde toplam fenolik madde içeriğinin 120-180 mg/100g arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Antosiyaninler doğada çok yaygın olarak bulunan, bitkilere kırmızı, mavi ve mor rengi veren fenolik bileşiklerdir. Meyve gelişimi boyunca antosiyanin içeriği sigmoid bir artış göstermektedir ve bu artışın neden olduğu renk değişimleri olgunlaşma kriteri olarak tanımlanmaktadır (Boss ve ark. 1996; Fadda ve Mulas 2010). Meyvelerdeki antosiyanin miktarı genetik ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Holton ve Cornish 1995). Çalışmada meyve kabuğunda antosiyanin içerikleri en yüksek olan çeşitler Çiğit (45.6 mg/100 g) ve İçi Kırmızı Uruset (49.1 mg/100 g), en düşük olan çeşitler ise Sarı Uruset (0.5 mg/100 g) ve Yabani Elma (0.6 mg/100 g) olarak belirlenmiştir. İçi Kırmızı Uruset çeşidinin meyve etinde antosiyanin miktarı 35.9 mg/100 g iken, diğer çeşitlerin meyve etinde antosiyanin saptanamamıştır. Jakobek ve ark. (2013), bazı Avrupa elma çeşitlerinde toplam antosiyanin içeriğinin meyve kabuğunda 7.9-76.1 mg/100 g arasında olduğunu, meyve etinde ise sadece Ljubeniçarka çeşidinde 31.8 mg/100 g iken, diğer çeşitlerde saptanamadığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, toplam fenolik madde içeriğinin ise meyve kabuğunda 11.6-61.1 mg/100 g, meyve etinde 37.6-84.2 mg/100 g arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Ju ve ark. (1996), Çin’deki elma çeşitlerinde toplam fenolik madde içeriğinin meyve kabuğunda 550-900 mg/100g, meyve etinde 170-180 mg/100g olduğunu bildirmişlerdir. Wolfe ve Liu (2002), Amerika’da yetiştirilen 4 elma çeşidinde toplam fenolik madde içeriğinin meyve kabuğunda 300-590 mg/100 g, meyve etinde 90-100 mg/100 g; antosiyanin içeriğinin meyve kabuğunda 0.5-27 mg/100 g olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Vieira ve ark. (2009), Brezilya’daki elma çeşitlerinde toplam fenolik madde içeriğinin meyve kabuğunda 569-640 mg/100 g, meyve etinde 140-215 mg/100 g; antosiyanin içeriğinin ise meyve kabuğunda 20-150 mg/100 g olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 1. Çeşitlerin meyve ağırlığı, SÇKM, pH ve asitlik değerleri ile bazı pomolojik özellikleri

Çeşit	Lokalite	Kabuk rengi	Et rengi	Aroma	Sululuk	Meyve Ağırlığı (g)	SÇKM (%)	pH	Asitlik (%)	Verimlilik
Tas Elması	Çıldır	Kırmızı-Açık Yeşil	Beyaz	Az	Orta	95.6±0.16 ^{bc*}	12.0±0.20 ^{ab}	8.5±0.02 ^c	3.39±0.09 ^d	Az
Paşa Elması	Çıldır	Yeşil-Az kırmızı	Beyaz	Orta	Orta	81.2±0.23 ^c	11.1±0.32 ^c	9.5±0.13 ^b	3.30±0.20 ^d	Orta
Mamola	Çıldır	Kırmızı	Beyaz	Az	Orta	146.7±0.27 ^b	12.3±0.45 ^{ab}	10.0±0.09 ^b	3.26±0.22 ^e	Az
Derviş Bey	Çıldır	Kırmızı	Sarı	Çok iyi	Orta	71.7±0.02 ^{cd}	14.0±0.68 ^a	7.5±0.06 ^d	3.83±0.34 ^b	Az
Yabani Elma	Çıldır	Sarı	Beyaz	Çok iyi	Az	14.8±0.45 ^e	13.0±0.02 ^a	6.0±0.03 ^e	3.42±0.09 ^{cd}	Çok
Şah Elması	Çıldır	Pembe-Beyaz	Beyaz	Orta	Orta	145.7±0.67 ^b	14.1±0.07 ^a	12.1±0.04 ^a	3.11±0.12 ^{ef}	Orta
Kaburgalı Uruset	Çıldır	Yeşil-Kırmızı	Beyaz	Az	Az	145.3±0.12 ^b	13.4±0.15 ^a	11.0±0.03 ^{ab}	3.16±0.09 ^{ef}	Orta
Uruset	Çıldır	Yeşil-Kırmızı	Beyaz	Az	Orta	175.4±0.05 ^{ab}	12.0±0.34 ^{ab}	8.5±0.02 ^c	3.21±0.34 ^{ef}	Az
Süt Elması	Çıldır	Yeşil-Kırmızı	Beyaz	Az	Az	69.2±0.19 ^d	11.4±0.78 ^c	8.5±0.09 ^c	3.34±0.03 ^d	Orta
Hayva Elması	Çıldır	Koyu yeşil	Beyaz	Az	Az	55.6±0.16 ^{de}	11.0±0.76 ^c	10.0±0.00 ^b	3.28±0.43 ^e	Orta
Kırmızı Şafran	Çıldır	Kırmızı	Beyaz	Orta	Orta	79.2±0.34 ^c	11.1±0.01 ^c	13.0±0.02 ^a	3.25±0.04 ^e	Az
Kanevoz	Çıldır	Kırmızı-yeşil	Beyaz	Orta	Orta	70.6±0.65 ^{cd}	13.2±0.07 ^a	10.2±0.03 ^b	3.28±0.03 ^e	Az
Sarı Şafran	Posof	Yeşil-A. kırmızı	Sarı	Az	Az	89.5±0.01 ^c	12.0±0.04 ^{ab}	10.5±0.10 ^b	3.44±0.03 ^{cd}	Az
Yeşil Elma	Posof	Yeşil-Açık kırmızı	Beyaz	Az	Az	156.70.56 ^b	11.1±0.45 ^c	8.3±0.11 ^{cd}	3.66±0.03 ^{bc}	Az
Misket	Posof	Kırmızı-yeşil	Beyaz	Orta	Orta	72.0±0.03 ^{cd}	11.3±0.96 ^c	10.5±0.09 ^b	3.73±0.12 ^b	Orta
Kaba Uruset	Posof	Kırmızı-yeşil	Beyaz	Orta	Orta	187.3±0.42 ^{ab}	10.5±0.45 ^d	12.1±0.01 ^a	3.32±0.22 ^d	Orta
Mahara	Posof	Yeşil-Açık kırmızı	Beyaz	Az	Orta	102.0±0.44 ^{bc}	10.0±1.20 ^d	5.5±0.12 ^f	4.19±0.04 ^a	Az
Söbe	Posof	Yeşil-Açık kırmızı	Beyaz	Orta	Orta	91.9±0.51 ^c	11.2±0.92 ^c	7.7±0.32 ^d	4.00±0.01 ^{ab}	Az
Karpuz	Posof	Kırmızı	Beyaz	İyi	İyi	261.0±0.09 ^a	12.3±0.30 ^{ab}	12.0±0.04 ^a	3.26±0.00 ^e	Çok
Sarı Uruset	Posof	Sarı-Yeşil	Sarı	Orta	Orta	63.0±0.05 ^d	12.0±0.43 ^{ab}	10.5±0.34 ^b	3.52±0.06 ^c	Orta
Beyaz Uruset	Posof	Sarı-Beyaz	Beyaz	Orta	Orta	146.0±0.17 ^b	10.5±0.96 ^c	9.2±0.45 ^b	3.48±0.01 ^{cd}	Orta
Çiğit	Posof	Koyu Kırmızı	Beyaz	İyi	İyi	83.3±0.23 ^c	11.1±0.56 ^c	7.5±0.45 ^d	3.88±0.23 ^b	Orta
Belifor	Posof	Yeşil-Açık kırmızı	Beyaz	Az	Az	181.1±0.21 ^{ab}	12.2±0.76 ^{ab}	12.0±0.09 ^a	3.46±0.23 ^{cd}	Az
İçi Kırmızı Uruset	Posof	Kırmızı	Kırmızı	Orta	Orta	74.0±0.04 ^{cd}	13.4±0.76 ^a	11.0±0.03 ^{ab}	3.54±0.01 ^c	Orta
Söğüt	Posof	Kırmızı-Yeşil	Beyaz	Az	Orta	155.0±0.02 ^b	11.0±0.34 ^c	10.0±0.04 ^b	3.64±0.02 ^{bc}	Az
Limon Elması	Posof	Sarı-Açık kırmızı	Sarı	Orta	Orta	110.6±0.09 ^{bc}	11.0±0.33 ^c	11.1±0.04 ^{ab}	3.80±0.22 ^b	Az

*Her sütunda farklı harfle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

n=3

Çizelge 2. Çeşitlerin toplam fenolik madde, antosiyanin, askorbik asit ve antioksidan içerikleri

Çeşit	Antosiyanin (mg/100 g)K**	Antosiyanin (mg/100 g)E***	Fenolik Madde (mg/100 g)K	Fenolik Madde (mg/100 g)E	Askorbik asit (mg/100 g)	Antioksidan Aktivite (%)K	Antioksidan Aktivite (%)E
Tas Elması	10.9±0.45 ^{e*}	-	300.7±0.67 ^c	82.2±0.90 ^c	15.0±0.09 ^a	65.2±0.02 ^{ab}	52.7±0.27 ^{ab}
Paşa Elması	5.2±1.02 ^f	-	322.5±0.54 ^b	56.9±0.12 ^{de}	12.3±0.43 ^b	59.1±1.32 ^b	46.3±0.25 ^a
Mamola	36.8±1.23 ^b	-	286.7±0.02 ^c	65.7±0.23 ^d	15.5±0.10 ^a	52.5±0.98 ^b	43.2±0.45 ^{bc}
Derviş Bey	35.2±0.34 ^b	-	314.9±0.12 ^b	92.1±0.20 ^{bc}	4.2±0.07 ^{ef}	32.4±0.87 ^c	30.1±0.54 ^{cd}
Yabani Elma	0.6±0.56 ^g	-	436.3±0.98 ^{ab}	98.5±0.09 ^b	5.9±1.22 ^e	36.7±0.06 ^c	32.6±0.61 ^{cd}
Şah Elması	4.8±0.12 ^f	-	409.4±0.23 ^{ab}	96.8±0.09 ^b	7.0±0.09 ^d	44.6±0.32 ^{bc}	44.2±0.06 ^{bc}
Kaburgalı Uruset	11.2±0.03 ^e	-	362.6±0.47 ^b	82.6±1.02 ^c	7.0±0.96 ^d	54.4±0.29 ^b	45.3±0.02 ^b
Uruset	10.2±0.16 ^e	-	343.2±0.67 ^b	100.5±0.93 ^{ab}	7.9±0.94 ^d	32.3±0.09 ^c	26.2±0.04 ^d
Süt Elması	13.2±0.77 ^{de}	-	458.5±0.01 ^{ab}	102.7±0.45 ^{ab}	12.1±1.32 ^b	34.4±0.99 ^c	22.5±1.32 ^{de}
Hayva Elması	0.7±0.98 ^g	-	256.9±0.32 ^{cd}	67.8±0.67 ^d	16.0±0.48 ^a	62.7±0.24 ^{ab}	42.3±1.26 ^{bc}
Kırmızı Şafran	34.3±0.86 ^b	-	290.3±0.66 ^c	65.2±0.54 ^d	13.9±0.56 ^b	57.3±0.56 ^b	47.7±0.96 ^b
Kanevoz	13.1±0.06 ^{de}	-	209.7±0.10 ^e	46.9±0.09 ^e	11.1±0.55 ^c	46.5±0.72 ^{bc}	30.2±0.82 ^{cd}
Sarı Şafran	3.4±1.32 ^g	-	302.5±1.54 ^c	99.2±1.03 ^b	12.1±0.98 ^b	44.4±0.65 ^{bc}	40.5±0.54 ^{bc}
Yeşil Elma	1.5±1.02 ^g	-	254.3±1.02 ^{cd}	76.6±0.99 ^{cd}	13.5±0.34 ^b	52.9±0.98 ^b	48.1±0.75 ^b
Misket	20.2±0.98 ^{cd}	-	345.8±0.97 ^b	87.6±0.34 ^{bc}	10.2±0.23 ^c	32.6±0.99 ^c	27.1±0.67 ^d
Kaba Uruset	29.5±0.34 ^c	-	234.9±0.46 ^{cd}	58.5±0.46 ^{de}	12.0±0.26 ^b	44.9±0.05 ^{bc}	29.0±0.92 ^d
Mahara	12.3±0.67 ^{de}	-	562.5±0.99 ^a	109.0±0.66 ^a	17.5±0.07 ^a	72.4±0.05 ^a	56.2±0.23 ^a
Söbe	11.9±0.65 ^e	-	234.8±0.32 ^{cd}	67.8±0.67 ^d	5.2±0.47 ^e	44.3±0.12 ^{bc}	26.6±0.01 ^d
Karpuz	34.3±0.34 ^b	-	345.6±0.02 ^b	88.3±0.42 ^c	12.9±0.89 ^b	72.1±1.20 ^a	55.4±0.05 ^a
Sarı Uruset	0.5±0.67 ^g	-	234.1±0.76 ^{cd}	72.3±0.46 ^{cd}	10.0±1.09 ^c	52.8±1.00 ^b	42.8±1.43 ^{bc}
Beyaz Uruset	0.8±1.22 ^g	-	287.7±0.67 ^c	70.9±0.67 ^{cd}	9.8±0.65 ^c	45.6±0.99 ^{bc}	36.7±0.09 ^c
Çiğit	45.6±0.01 ^a	-	376.2±0.01 ^b	90.1±0.77 ^{bc}	12.5±0.58 ^b	44.3±0.02 ^{bc}	32.1±0.93 ^{cd}
Belifor	14.1±0 ^{de}	-	345±1.00 ^b	96.3±0.06 ^b	10.0±0.32 ^c	42.6±0.36 ^{bc}	26.6±0.45 ^d
İçi Kırmızı Uruset	49.1±0.02 ^a	35.9±0.05	578.9±0.90 ^a	112.2±1.20 ^a	17.2±0.05 ^a	73.4±0.67 ^a	57.8±0.61 ^a
Söğüt	18.9±0.30 ^d	-	234.5±0.31 ^{cd}	52.5±0.09 ^{de}	9.7±0.59 ^c	43.3±0.73 ^{bc}	33.3±0.42 ^{cd}
Limon Elması	7.7±0.45 ^f	-	226.2±0.12 ^d	50.2±0.03 ^{de}	6.3±0.46 ^{de}	30.5±0.01 ^{cd}	21.7±0.94 ^{de}

*Her sütunda farklı harfle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0.05) n=3

**K: Meyve Kabuğu

***E: Meyve Eti

Bitkilerde bulunan askorbik asitin bitki hücrelerini yüksek ışık stresi ve mitokondriyal elektron transport zincirinin ürettiği reaktif oksijen türevlerinin zararından koruduğu bildirilmiştir (Møller 2001). Çalışmada askorbik asit içeriği en yüksek çeşit Mahara (17.5 mg/100 g), en düşük çeşit Derviş Bey (4 mg/100 g) olarak saptanmıştır. Çalışmamızdakine benzer sonuçlar daha önce farklı elma çeşitleriyle yapılan araştırmalarda bildirilmiştir. Varming ve ark. (2013), 71 Avrupa elma çeşidinde askorbik asit içeriğinin en yüksek 27 mg/100 g olduğunu ancak bazı çeşitlerde oranın 1 mg/100 g'ın altında olduğunu bildirmişlerdir. Farklı araştırmalarda Elstar çeşidinde yapılan analizlerde meyvelerin askorbik asit içerikleri 4.8 mg/100 g, 6.4 mg/100 g ve 7.4 mg/100g olarak bulunmuştur (Planchon ve ark. 2004; Podsedek ve ark. 2000; Varming ve ark. 2013). Portekiz'de yetiştirilen elma çeşitlerinin askorbik asit içerikleri 2.2-25 mg/100g arasında iken, İtalya'da 0.4-8.1 mg/100g arasında bulunmuştur (Feliciano ve ark. 2010; Vrhovsek ve ark. 2004). Planchon ve ark. (2004), elma çeşitlerinin askorbik asit içeriklerinin 2.9-25.6 mg/100 g arasında değiştiğini, Kevers ve ark. (2011), ise 11-35 mg/100 g arasında olduğunu bulmuşlardır.

Meyve ve sebzelerde bulunan flavanoidler, fenolik bileşikler, antosiyaninler, askorbik asit (vitamin C), vitamin E, β karoten gibi bileşikler antioksidan kapasiteye sahip bileşiklerdir (Wang ve ark. 1996; Kahkönen ve ark. 1999). Elma zengin antioksidan kaynağı olarak kronik hastalıklar, bağışıklık sistemi rahatsızlıkları, astım ve diyabet gibi oksidatif stresten kaynaklanan hastalıkların riskini azaltmada önemli rol oynamaktadır (Boyer ve Liu 2004). Çalışmada İçi Kırmızı Uruset çeşidinin meyve kabuğu ve meyve etinin en yüksek antioksidan kapasiteye sahip (73.4 mg/100 g, 57.8 mg/100 g) olduğu, Limon Elması'nın ise en düşük antioksidan kapasiteye sahip olduğu (30.5 mg/100 g, 21.7 mg/100 g) belirlenmiştir.

Sonuç

Bu çalışmada Ardahan bölgesinde yetiştirilen 26 farklı elma çeşidinde antosiyanin, toplam fenolik madde, askorbik asit içeriği gibi biyoaktif bileşiklerin yoğun olarak bulunduğu ve meyvelerin antioksidan kapasitelerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Bölge halkı İçi Kırmızı Uruset çeşidinin şeker hastalığına ve Mahara çeşidinin öksürük, bronşit gibi hastalıklara iyi geldiğini söylemekte ve bu çeşitleri hastalıklara karşı koruyucu olarak tüketmektedir. Çalışmamızda İçi Kırmızı Uruset çeşidinin antosiyanin ve toplam fenolik madde içeriği ile antioksidan kapasitesinin diğer çeşitlere oranla oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Çeşidin meyve kabuğunda olduğu gibi, meyve etinde de yüksek oranda antosiyanin bulunması antioksidan aktivitesini artırıcı etki yapmaktadır. Aynı zamanda antosiyaninlerin insülin miktarını artırarak kan şekerinin düşmesine yardımcı olduğu bilinmektedir. Çalışmada Mahara çeşidinin askorbik asit içeriği en yüksek çeşit olduğu tespit edilmiştir. Limon Elması ve Yabani Elma'nın diğer çeşitlere oranla biyoaktif bileşik içeriğinin ve meyve kalitesinin düşük olduğu belirlenmiştir. İçi Kırmızı Uruset ve Mahara çeşitleri başta olmak üzere, bölgede yetiştirilen elma çeşitlerinin, hastalık riskini azaltıcı ve sağlığı koruyucu etki yapan zengin biyoaktif bileşikler içermesinden dolayı, özellikle kabuklarıyla birlikte tüketilmesi önerilmektedir.

Teşekkür

2012/07 numaralı bu projeyi destekleyen Ardahan Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Anonim (2012). <http://faostat.fao.org/> (Erişim Tarihi: 15.01.2014).
Anonim (2013a). <http://www.tuik.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 15.07.2013).
Anonim (2013b). Ardahan Tarım İl Müdürlüğü. <http://www.ardahantarim.gov.tr/> (Erişim Tarihi:16. 06. 2013)
Bakhshi D, Arakawa O (2006). Effects of UV-b irradiation on phenolic compound accumulation and antioxidant activity in 'Jonathan' apple influenced by bagging, temperature and maturation. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 4 (1): 75-79.
Bermúdez-Soto MJ, Larrosa M, García-Cantalejo J, Espín JC, Tomás-Barberan FA, García-Conesa MT (2007). Transcriptional changes in human caco-2 colon cancer cells following exposure to a recurrent non-toxic dose of polyphenol-rich chokeberry juice. *Genes Nutr*. 2: 111–113.

- Boss PK, Davies C, Robinson SP (1996). Expression of anthocyanin biosynthesis pathway genes in red and white grapes. *Plant Mol. Biol.* 32: 565–569.
- Bouayed J, Hoffmann L, Bohn T (2011). Total phenolics, flavonoids, anthocyanins and antioxidant activity following simulated gastrointestinal digestion and dialysis of apple varieties: bioaccessibility and potential uptake. *Food Chem.* 128: 14–21
- Boyer J, Liu RH (2004). Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition Journal.* 1: 3-5.
- Cemeroğlu B (1992). Meyve ve sebze işleme endüstrisinde temel analiz metotları. Biltav Yay., Ankara.
- Chalker-Scott L (1999). Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses. *Photochemistry and Photobiology.* 70 (1): 1-9.
- Chen AY, Chen YC (2013). A review of the dietary flavonoid, kaempferol on human health and cancer chemoprevention. *Food Chemistry.* 138 (4): 2099-2107.
- Chen CS, Zhang D, Wang YQ, Li PM (2012). Effects of fruit bagging on the contents of phenolic compounds in the peel and flesh of ‘Golden Delicious’, ‘Red Delicious’, and ‘Royal Gala’ apples. *Scientia Horticulturae.* 142: 68-73.
- Davey MW, Van Montagu M, Inze D, Sanmartin M, Kanellis A, Smirnoff N, Benzie I, Strain J, Favell D, Fletcher J (2000). Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing, *J. Sci. Food Agric.* 80: 825–860.
- Dowdle J, Ishikawa T, Gatzek S, Rolinski S, Smirnoff N (2007). Two genes in *Arabidopsis thaliana* encoding GDP-L-galactose phosphorylase are required for ascorbate biosynthesis and seedling viability, *Plant J.* 52: 673–689.
- Dziubiak M (2004). Collection of the genus *Malus* Mill. In the botanical garden of the Polish Academy of Sciences in Warsaw. *Journal of fruit and ornamental plant research.* 12: 121-128.
- Ercişli S (2004). Ashort review of the fruit germplasm resources of Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution.* 51: 419-435.
- Fadda A, Mulas M (2010). Chemical changes during myrtle (*Myrtus communis* L.) fruit development and ripening. *Sci Hort.* 125: 477-485.
- Feliciano RP, Antunes C, Ramos A, Serra AT, Figueira ME, Duarte CMM, de Carvalho A, Bronze MR (2010). Characterization of traditional and exotic apple varieties from Portugal. Part 1- Nutritional, phytochemical and sensory analysis. *Journal of Functional Foods.* 2: 35-45.
- Fisher C (1999). Ergebnisse der Apfle Züchtung in Dresden-Pillnitz. Berlin. *Erwerbsobstbau.* 41: 65-74.
- Giusti MM, Wrolstad RE (2001). Anthocyanins characterization and measurement with UV visible spectroscopy. In R. E. Wrolstad (Ed.), *current protocols in food analytical chemistry.* Willey, New York.
- Hellström JK, Shikov AN, Makarova MN, Pihlanto AM, Pozharitskaya ON, Ryhänen EL, Kivijärvi P, Makarov VG, Mattila PH (2010). Blood pressure-lowering properties of chokeberry (*Aronia mitchurinii*, var. Viking). *J. Funct. Foods* 2: 163–169.
- Holton TA, Cornish EC (1995). Genetics and biochemistry of anthocyanin biosynthesis. *Plant Cell.* 7: 1071–1083.
- Hughes NM, Neufeld HS, Burkey KO (2005). Functional role of anthocyanins in high-light winter leaves of the evergreen herb *Galax urceolata*. *New Phytologist.* 168: 575-587.
- Iglesias I, Echeverría G, Lopez, ML (2012). Fruit color development, anthocyanin content, standard quality, volatile compound emissions and consumer acceptability of several ‘Fuji’ apple strains. *Scientia Horticulturae.* 137: 138–147.
- Jakobek L, Rocio GV, Francisco TBA (2013). Polyphenolic characterization of old local apple varieties from south East European region. *Journal of food composition and analysis.* 31: 199-211.
- Jakopic J, Veberic R, Stampar F (2007). The effect of reflective foil and hail nets on the lighting, color and anthocyanins of ‘Fuji’ apple. *Sci. Hort.* 115: 40–46.
- Jia N, Xiong YL, Kong B, Liu Q, Xia X (2012). Radical scavenging activity of black currant (*Ribes nigrum* L.) extract and its inhibitory effect on gastric cancer cell proliferation via induction of apoptosis. *J. Funct. Food.* 4: 382-390.
- Ju HY, Chen SC, Wu KJ, Kuo HC, Hseu YC, Ching H, Wu CR (2012). Antioxidant phenolic profile from ethyl acetate fraction of *Fructus Ligustri Lucidi* with protection against hydrogen peroxide-induced oxidative damage in SH-SY5Y cells. *Food and Chemical Toxicology.* 50(3): 492-502.
- Ju ZG, Yuan YB, Liou CL, Xin SH (1996). Relationships among phenylalanine ammonia lyase activity, simple phenol concentration and anthocyanin accumulation in apple. *Scientia Horticulturae.* 61: 215-226.
- Kahkönen MP, Hopia AI, Vuorela HJ, Rauha JP, Pihlaja K, Kujala TS, Heinonen (1999). Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J. Agric. Food Chem.* 47: 3954-3962.

- Kevers C, Pincemail J, Tabart J, Defraigne JO, Dommes J (2011). Influence of cultivar, harvest time, storage conditions, and peeling on the antioxidant capacity and phenolic and ascorbic acid contents of apples and pears. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 59: 6165-6171.
- Ma FW, Cheng LL (2003). The sun-exposed peel of apple fruit has higher xanthophyll cycle-dependent thermal dissipation and antioxidants of the ascorbate–glutathione pathway than the shade peel. *Plant Sci*. 165: 819–827.
- Mapson LW (1970). Vitamins in fruits. In: Hulme, A.C. (Ed.s), *The Biochemistry of Fruits and Their Products*, Vol. 1. pp. 369-383. Academic Press, London.
- Merzlyak MN, Chivkunova OB (2000). Light stress induced pigment changes and evidence for anthocyanin photoprotection in apple fruit. *J. Photochem. Photobiol.(B)*. 55: 154–162.
- Merzlyak MN, Solovchenko AE, Chivkunova OB (2002). Patterns of pigment changes in apple fruits during adaptation to high sunlight and sunscald development. *Plant Biochem Physiol*. 40 (6–8): 679–684.
- Møller IM (2001). Plant mitochondria and oxidative stress: Electron transport, NADPH turnover, and metabolism of reactive oxygen species. *Annual Reviews of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 52: 561–591.
- Naruszewicz M, Łaniewska I, Millo B, Dłużniewski M (2007). Combination therapy of statin with flavonoids rich extract from chokeberry fruits enhanced reduction in cardiovascular risk markers in patients after myocardial infarction (MI). *Atherosclerosis*. 194(2): 179-184.
- Neill S, Gould KS, Kilmartin PA, Mitchell KA, Markham KR (2002a). Antioxidant activities of red versus green leaves in *Elatostema rugosum*. *Plant, Cell and Environment*. 25: 539–547.
- Neill S, Gould KS, Kilmartin PA, Mitchell KA, Markham KR (2002b). Antioxidant capacities of green and cyanic leaves in the sun species *Quintinia serrata*. *Functional Plant Biology* 29: 1437–1443.
- Neill SO, Gould KS (2003). Anthocyanins in leaves: light attenuators or antioxidants? *Functional Plant Biology*. 30: 865–873.
- Noctor G, Foyer CH (1998). Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol*. 49: 249–279.
- Özgen M, Tokbaş H (2007). Işıklanma ve meyve dokusunun Amasya ve Fuji elmalarında antioksidan kapasitesine etkisi. *Gazi Osmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 24(2): 1-5.
- Planchon V, Lateur M, Dupont P, Lognay G (2004). Ascorbic acid level of Belgian apple genetic resources. *Scientia Horticulturae*. 100: 51-61.
- Podsdek A, Wilska-Jeszka J, Anders B, Markowski J (2000). Compositional characterisation of some apple varieties. *European Food Research and Technology*. 210: 268-272.
- Rezaeirad D, Bakhshi D, Ghasemnezhad M, Lahiji HS (2013). Evaluation of some quantitative and qualitative characteristics of local pears (*Pyrus sp.*) in the North of Iran. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 5 (8): 882-887.
- Rupasinghe HPV, Erkan N, Yasmin A (2010). Antioxidant protection of eicosapentaenoic acid and fish oil oxidation by polyphenolic-enriched apple skin extract. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58: 1233–1239.
- Sadik CD, Sies H, Schewe T (2003). Inhibition of 15-lipoxygenases by flavonoids: structure activity relations and mode of action. *Biochem. Pharmacol*. 65: 773–781.
- Schuphan W (1956). Valeur nutritive des fruits en rapport avec l'alimentation humaine. In: Soc. Pomol. France. C.R. Congr. Pomol. Int., 87e Sess. Namur, Belgium.
- Seeram NP, Adams LS, Zhang Y (2006). Blackberry, black raspberry, blueberry, cranberry, red raspberry, and strawberry extracts inhibit growth and stimulate apoptosis of human cancer cells in vitro. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54: 9329– 9339.
- Shao L, Shu Z, Sun SH, Peng CH, Wang X, Lin ZH (2007). Antioxidation of anthocyanins in photosynthesis under high temperature stress. *J. Integr. Plant Biol*. 49: 1341–1351.
- Smillie RM, Hetherington SE (1999). Photoabatement by anthocyanin shields photosynthetic systems from light stress. *Photosynthetica*. 36: 451–463.
- Spanos GA, Wrolstad RE (1992). Phenolic of apple, pear and white grape juices and their changes with processing and storage. *J.Agric.Food Chem*. 40(9): 1478-1487.
- Şahin G (2013). Dondurarak ve açık havada kurularak muhafazanın kuşburnu meyvesinin bazı kalite özelliklerine etkileri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Tokat*.
- Tavernier J, Jacquin P (1946). La vitamine C dans la pomme et les produits dérivés de la pomme. *Bull. Assoc. Chim*. 3: 111 – 128.
- Varming C, Petersen AM, Toldam- Andersen BT (2013). Ascorbic acid content in Danish apple cultivars and commercial apple juices. *Food Science Tecnology*. 54: 597-599.

- Vauzour D, Rodriguez-Mateos A, Corona G, Oruna-Concha MJ, Spencer JPE (2010). Polyphenols and human health: Prevention of Disease and Mechanisms of Action. *Nutrients*. 2: 1106-1131.
- Vieira FGK, Borges GSC, Copetti C, Gonzaga LV, Nunes EC, Fett R (2009). Activity and contents of polyphenolic antioxidants in the whole fruit, flesh and peel of three apple cultivars. *Arch. Latinoam. Nutr.* 59: 101–106.
- Vrhovsek U, Rigo A, Tonon D, Mattivi F (2004). Quantification of polyphenols in different apple varieties. *The Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52: 6532– 6538.
- Wang H, Cao G, Prior RL (1996). Total antioxidant capacity of fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 44: 701–705.
- Williams RJ, Spencer JP, Rice-Evans C (2004). Flavonoids: antioxidants or signalling molecules? *Free Radic Biol Med*. 36: 838-849.
- Wiseman A (2001). Biologically-active phytochemicals in food, Analysis, Metabolism, Bioavailability and Function, Edited by Pfannhauser W, Fenwick GR, Khokhar S. The Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- Wolfe KL, Liu RH (2002). Apple peels are rich in phytochemicals and have high antioxidant activity. *New York Fruit Quarterly*. 10: 9-11.
- Wolfe KL, Liu RH (2003). Apple peels as a value-added food ingredient. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51: 1676–1683.
- Wolfe KL, Wu X, Liu RH (2003). Antioxidant activity of apple peels. *Journal of Agriculture & Food Chemistry*. 51: 609-614.
- Yabuta Y, Mieda T, Rapolu M, Nakamura A, Motoki T, Maruta T, Yoshimura K, Ishikawa T, Shigeoka S (2007). Light regulation of ascorbate biosynthesis is dependent on the photosynthetic electron transport chain but independent of sugars in *Arabidopsis*, *J. Exp. Bot.* 58: 2661–2671.