

Nar Suyu ve Nar Ekşisi Örneklerinin HMF İçerikleri, Antioksidan Aktivite ve Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

*Makale Bilgisi / Article Info

Alındı/Received: 02.11.2024

Kabul/Accepted: 20.02.2025

Yayımlandı/Published: 04.08.2025

Determination of HMF Content, Antioxidant Activity and Physicochemical Properties of Pomegranate Juice and Molasses

Tuğça BİLENLER KOÇ¹ , Ülkühan BAĞIŞ^{2*} , İhsan KARABULUT¹ ¹ İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye² Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ziraat Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Sivas, Türkiye

© 2025 The Authors | Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (CC BY-NC) International License

Öz

Bu çalışmada ulusal düzeyde satışı olan beş farklı marka nar ekşisi örnekleri Malatya'da (Türkiye) bulunan yerel marketlerden temin edilmiştir. Ayrıca manavdan temin edilen nardan elde edilen taze nar suyu çalışmada kontrol örneği olarak kullanılmıştır. Örnekler antioksidan kapasite, bazı fizikokimyasal özellikleri ve hidroksimetil furfural (HMF) içerikleri bakımından incelenmiştir. Tüm örneklerin güçlü antioksidan aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Taze nar suyunun toplam fenolik içeriği (86.98 mg galik asit eşdeğeri (GAE)/g kuru ağırlık (KA), antosiyanin (95.98 mg/L) ve askorbik asit (0.55 mg/mL) miktarlarının tüm nar ekşisi örneklerine kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (sırası ile 15.56-22.32 mg GAE/g KA, 3.77-24.37 mg/L ve 0.03-0.04 mg/mL). Daha konsantre olmaları nedeni ile nar ekşisi örneklerinde daha yüksek miktarlarda olmak üzere tüm örneklerde glikoz, fruktoz ve sukroz belirlenmiştir. Sitrik asidin tüm örneklerde baskın organik asit olduğu görülmüştür. Hem taze nar suyu hem de nar ekşisi örneklerinde 13 fenolik bileşik belirlenmiştir. Bunlar arasında galik asit, prosiyanidin B1 ve epikateşin miktar olarak öne çıkan fenolik bileşikler olarak belirlenmiştir. Taze nar suyunda tespit edilen tüm fenolik bileşiklerin nar ekşisi örneklerine kıyasla daha yüksek miktarlarda oldukları gözlemlenmiştir. En düşük HMF miktarı taze nar suyunda (0.15 mg/kg KA) belirlenirken, 5 ticari nar ekşisi örneklerinin HMF içeriğinin (104.86-426.02 mg/kg KA) TS 12720 standardına (50 mg/kg KA) uyum göstermediği tespit edilmiştir.

Abstract

In this study, five different brands of pomegranate molasses samples with national sales were purchased from local markets in Malatya, Turkey. Additionally, fresh pomegranate juice obtained from pomegranates purchased from the grocery store was used as a control sample in the study. The samples were investigated for their antioxidant capacity, some physicochemical properties, and hydroxymethylfurfural (HMF) content. It was found that all samples exhibited strong antioxidant activity. The total phenolic content of fresh pomegranate juice (86.98 mg gallic acid equivalent (GAE)/g dry weight (DW), anthocyanin (95.98 mg/L), and ascorbic acid (0.55 mg/mL) levels were higher than those of all pomegranate molasses samples (ranging from 15.56-22.32 mg GAE/g DW, 3.77-24.37 mg/L, and 0.03-0.04 mg/mL, respectively). In all samples, glucose, fructose, and sucrose were detected, with higher amounts in pomegranate molasses samples due to their higher concentration. Citric acid was identified as the dominant organic acid in all samples. Thirteen phenolic compounds were identified in both fresh pomegranate juice and pomegranate molasses samples, with gallic acid, procyanidin B1 and epicatechin standing out as the most abundant phenolic compounds. It was observed that the amounts of all phenolic compounds detected in fresh pomegranate juice were higher than those found in pomegranate molasses samples. While the lowest HMF amount was determined in fresh pomegranate juice (0.15 mg/kg DW), it was found that the HMF content in five commercial pomegranate molasses samples (104.86-426.02 mg/kg DW) did not comply with the TS 12720 standard (50 mg/kg DW).

Anahtar Kelimeler: Antioksidan; Fenolik bileşik; HMF; Nar ekşisi**Keywords:** Antioxidant; Phenolic compound; HMF; Pomegranate molasses

1. Giriş

Vücut fonksiyonlarının düzenli çalışması ve aynı zamanda bir takım dejeneratif hastalıklara (kanser, kardiyovasküler hastalıklar gibi) yakalanma riskinin azaltılması için günlük diyetlerde meyve ve sebze tüketimi oldukça önemlidir. Punicaceae ailesine ait olan nar (*Punica granatum* Linn.)

bilinen en eski meyvelerden biridir (Hmid vd. 2017). Nar bileşiminde yer alan biyoaktif bileşikler sebebi ile (organik asit, şeker, vitamin, polisakkarit, polifenol, mineral maddeler, fenolik bileşikler ve antosiyanin) besin değerinin yanı sıra antioksidan kapasitesi bakımından da dikkat çekmektedir (Karapınar ve Özcan 2017; İncedayı

vd. 2010). Nar yeşil çay ya da kırmızı şaraptan üç kat, üzüm ve portakal suyundan altı-sekiz kat daha yüksek antioksidan aktiviteye sahiptir. Meyve bileşimi tip, büyüme koşulları, iklim, olgunluk seviyesi ve depolama koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Karakaplan ve Özcan 2017; Elfalleh vd. 2009). Sağlık için önemli kimyasallara ve eşsiz besinsel kaliteye sahip olan nar süper meyveler olarak adlandırılan bir grubun içinde yer almaktadır. Bu sebeple de dünya genelinde ve ülkemizde nar meyvesinin ve ürünlerinin tüketimi yıldan yıla artmaktadır (Oguz vd. 2023). Türkiye’de 2022 yılında nar üretim miktarı 681 bin ton olarak belirtilmiştir (Binici vd. 2023). Sofralık olarak tüketim nar üretiminin büyük bir kısmını karşılamaktadır. Bunun yanı sıra nar meyvesinden reçel, şarap, likör, gıda renklendiricisi, aroma zenginleştirici ve nar ekşisi de üretilmektedir (El Hosry vd. 2023; İncedayı vd. 2010). Nar ekşisi, günümüzde hala geleneksel yöntemle bağlı kalınarak, herhangi bir katkı maddesi ya da şeker eklemekten sadece kaynatarak basitçe konsantre etme işlemi ile üretilmektedir. Üretim aşamasında meyve içerisindeki şeker karamelize olmakta, su buharlaşarak uzaklaşmaktadır (İncedayı vd. 2010; Oguz vd. 2023). Nar suyuna kıyasla nar ekşisi daha konsantre bir yapıya sahiptir ve spesifik mineral içeriği daha yüksektir. Bu özellikleri temelinde nar ekşisi nar suyuna kıyasla daha besleyici ürün olarak değerlendirilmektedir (İncedayı vd. 2010). Ancak nar ekşisi üretiminde bir takım olumsuz durumlar da oluşabilmektedir. Örneğin nar suyunun doğal yapısında bulunmayan, hidroksimetil furfural (HMF) bileşiği üretim esnasında uygulanan ısı işlem sonucu açığa çıkabilmektedir. HMF şekerin dehidrasyonu ve amino asitlerle reaksiyonu sonucu oluşmaktadır. Ayrıca bu ürünlerin oluşumuna uygunsuz üretim ve depolama koşulları da katkı yapabilmektedir. Bu sebeplerle özellikle ticari olarak üretimi yapılan nar ekşisi ürünlerin içeriğinin belirlenmesine yönelik çalışmaların yapılması önem arz etmektedir (Oguz vd. 2023).

Literatürde Türkiye’nin de içinde olduğu farklı ülkelerden toplanan nar meyvesinin (Çam vd. 2009), ticari nar suyunun (Gil vd. 2000) ve nar ekşisinin (İncedayı vd. 2010) bazı fizikokimyasal özellikleri ve antioksidan kapasitesinin incelendiği çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmada, çalışmaya konu olan ticari nar ekşisi örneklerinin üretim koşullarının etkisi ile hem bileşim özelliklerindeki değişimin hem de istenmeyen son ürün olan HMF miktarındaki gelişimin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda bölgede ticari olarak satılan 5 farklı marka nar ekşisi örneklerinde ve taze sıkılan nar suyunda antioksidan aktivite, toplam fenolik içerik, antosiyanin miktarı, şeker, organik asit, bireysel fenolik içerik miktarlarının yanı sıra HMF miktarı da belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu çalışmada, 5 farklı marka nar ekşisi yerel marketten satın alınmıştır. Ayrıca, analizlerden hemen önce taze meyveden nar suyu sıkılarak kontrol örneği olarak kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan tüm kimyasal ve standartlar aksi belirtilmedikçe Sigma-Aldrich’den (Steinheim, Germany) temin edilmiştir.

2.2. Metot

2.2.1. Antioksidan aktivite, toplam fenolik içerik (TFİ) ve antosiyanin miktarı

Örneklerin antioksidan aktivitesi spektrofotometrik olarak 2,2-diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) reaktifi ile belirlenmiştir. Kısaca, bilinen konsantrasyonda metanolde seyreltilen örnek (100 µL) DPPH metanol reaktifi (1.9 mL) ile karıştırıldıktan sonra karanlıkta 30 dk inkübasyona bırakılmış ve 520 nm dalga boyunda absorban okuması yapılmıştır. Nar suyu seyreltilmeden doğrudan kullanılmıştır. DPPH serbest radikalın yüzde inhibisyon hesaplanmasında aşağıda verilen denklem (1) kullanılmıştır (İncedayı vd. 2010).

$$\text{Yüzde İnhibisyon (\%)} = [(AK - AN)/AK] \times 100 \quad (1)$$

AK = Kontrol absorban değeri

AN = Numune absorban değeri

Toplam fenolik içerik (TFİ) Folin-Ciocalteu metodu ile belirlenmiştir (Karabulut vd. 2018). Nar ekşisi örnekleri bilinen konsantrasyonlarda metanolde seyreltilmiş ve 100 µL örnek 1 mL Folin-Ciocalteu reaktifi, 400 µL deiyonize su ve 1 mL sodyum karbonat (%7) ile karıştırılarak karanlıkta 90 dk inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda tüm örneklerin spektrofotometrede (Shimadzu UV-1700) 725 nm dalga boyunda absorbanları ölçülmüştür. Nar suyu seyreltilmeden doğrudan kullanılmıştır. TFİ hesaplamasında bilinen konsantrasyonda gallik asit standardı kullanılarak hazırlanan kalibrasyon eğrisi kullanılmıştır. Sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g kuru ağırlık (KA) olarak ifade edilmiştir. Antosiyanin miktarı pH diferansiyel spektrofotometrik bir teknik ile ölçülmüştür. Örnekler 0.25 M potasyum klorür (pH 1) ve 0.4 M sodyum asetat tamponu (pH 4.5) ile seyreltildikten sonra 520 ve 700 nm dalga boylarında absorbanları belirlenmiştir. Aşağıda verilen denklem (2) ile absorban değerleri hesaplanmıştır (Lee vd. 2005).

$$A = [(A_{520} - A_{700})_{pH1.0} - (A_{520} - A_{700})_{pH4.5}] \quad (2)$$

Antosiyanin miktarı ise siyanidin-3-glukozit eşdeğeri olarak aşağıdaki denklem (3) yardımı ile hesaplanmıştır.

$$\text{Antosiyanin içeriği (mg/L)} = (A \times MA \times DF \times V \times 100) / (\epsilon \times l \times m) \quad (3)$$

A absorbans, MA moleküler ağırlık (MW= 449,2 g/mol), DF dilüsyon faktörü, ϵ molar absorptivite (ϵ = 26900 L/cm mol), V solventin mL cinsinden hacmi, l ise yol uzunluğu (cm), m örnek miktarıdır (g).

2.2.2. HPLC analizleri

Shimadzu HPLC sistemi gradient pompa (LC-20AR), autosampler (SIL-20A-HT), degasser sistemi (DGU2A5R), kolon fırını (CTO-10AS) ve dedektörler (Diode Array Dedector (DAD, SPD-M20A), Refractive Index Detector (RID-10 A) ve paket yazılım programından oluşmaktadır. Tüm HPLC analizleri 3 tekrarlı olarak yapılmış ve ortalama $\pm$ standart sapma olarak ifade edilmiştir.

Şeker ve organik asit miktarı

Bilinen konsantrasyonda ultra saf su ile seyreltilen örnekler, 4°C'de 25.155 x g hızında 20 dk santrifüj (SL 16R Centrifuge; Thermo-Fisher Scientific, Germany) edilmiş ve 0.45 μ m naylon filtreden (Lubitech, Songjiang, China) geçirilerek şeker ve organik asit analizlerinde kullanılmak üzere HPLC viallerine alınmıştır.

Şeker (glikoz, fruktoz ve sukroz ve sorbitol) analizi Sturm vd. (2003) uyguladığı yöntemde bazı değişiklikler yapılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrım Rezex RCM (300 x 7.8 mm; Phenomenex, Torrance, CA) kolonda, ultra saf suyun mobil faz olduğu, izokratik akışta, 0.6 mL/ dk akış hızında, 80°C kolon sıcaklığında gerçekleşmiştir. Refraktif indeks dedektörü kullanılmıştır. Şekerler ve sorbitol standartları ile hazırlanan 5 noktalı kalibrasyon eğrisi kullanılarak hesaplama yapılmıştır, sonuçlar mg şeker/mL birimi ile ifade edilmiştir.

Organik asitler (malik asit, sitrik asit ve askorbik asit) Rezex ROA column (300 x 7.8 mm; Phenomenex, Torrance, CA) kolon ile Sturm vd. (2003) metoduna bağlı olarak izokratik olarak belirlenmiştir. Elüsyon 55°C'de, mobil faz olarak 0.005 N H₂SO₄ ile ve 0.5 mL/dk akış hızı ile yapıldı. Kromatogram malik ve sitrik asit için 210 nm, askorbik asit için 245 nm'de görüntülenmiştir. Hesaplama organik asit standartları ile hazırlanan 5 noktalı kalibrasyon eğrisi kullanılarak yapılmış ve sonuçlar mg organik asit/mL olarak ifade edilmiştir.

Fenolik bileşikler

Örnek ekstraksiyonu Kim ve Lee (2002) tarafından tanımlanan yöntemde bazı değişiklikler yapılarak gerçekleştirilmiştir. Kısaca, örnek (20 g) üzerine 100 mL metanol/askorbik asit (0,1 g/mL) çözgeni (90:10 h/h) eklenmiş, 2 dk süresince T18 Ultra-Turrax yardımı ile homojenize edilmiştir. Santrifüj (5.580 x g, 5 dk, 4°C)

edilen örnek ve 0.45 μ m naylon filtreden (Lubitech, Songjiang, China) geçirilerek HPLC vialine alınmıştır.

Fenolik bileşikler Campbell vd. (2013)'nin metoduna bağlı kalınarak analiz edilmiştir. Ayrım İnertsil ODS 3 (250 mm x 4.6 mm, 5 μ m; GL Sciences Inc., Tokyo, Japan) kolonunda gerçekleştirilmiştir. Analiz koşulları; kolon sıcaklığı 25°C, mobil faz akış hızı 1 mL/dk'dır. Gradyent elüsyon ile ayrım gerçekleştirilmiştir. A solventi ultra saf suda %0.1 fosforik asit, B solventi ise asetonyitrilde (HPLC grade) %0.1 fosforik asit kullanılmıştır. Toplam 55 dk süren ayırmada uygulanan gradient elüsyon programı; 0. dk'da %92 A %8 B, 4.dk'da %89 A %11 B, 25. dk %65 A %35 B, 30. dk %60 A %40 B, 40. dk %40 A %60 B, 45. dk %65 A %35 B, 50. dk %89 A %11B, 55. dk %92 A %8 B şeklindedir. Kateşin, epikateşin, epigallokateşin, prosiyanidin B1 ve B2 ve gallik asit 280 nm de; p-kumarik asit, neo-klorojenik asit, klorojenik asit ve ferulik asit 320 nm'de, kuersetin 3- β -D-glikozit, kaempferol 3-glukozit ve rutin hidrat 360 nm dalga boyunda DAD dedektörde görüntülenmiştir. Fenolik bileşik standartları ile çizilen kalibrasyon eğrisi kullanılarak sonuçlar mg fenolik bileşik/L olarak ifade edilmiştir.

Hidroksimetil furfural (HMF)

Nar ekşisi ve nar suyunun HMF miktarları HPLC tekniği ile belirlenmiştir (Güncüoğlu ve Gökmen 2013). Örnek üzerine (0.5 g) 1 mL metanol (%70) eklenmiş, vorteks yardımı ile karıştırıldıktan sonra 0.45 μ m naylon filtreden (Lubitech, Songjiang, China) geçirilerek HPLC vialine alınmıştır. HPLC sisteminde ayrım İnertsil ODS 3 kolonunda (250 mm x 4.6 mm, 5 μ m; GL Sciences Inc., Tokyo, Japan) gerçekleştirilmiştir. Mobil faz olarak 10 mM formik asitli su: asetonyitril (90:10) kullanılmıştır. Akış hızı 1 mL/dk olacak şekilde izokratik akış uygulanmıştır. Kolon sıcaklığı 25°C olup, absorbans okuması DAD dedektörde 285 nm'de yapılmıştır. HMF standardının bilinen konsantrasyonları ile çizilen kalibrasyon eğrisi kullanılarak sonuçlar mg HMF/kg kuru ağırlık (KA) olarak ifade edilmiştir.

2.2.3. İstatistik

İstatistiksel değerlendirme SPSS paket program (versiyon 16.0) aracılığı ile yapılmıştır. Örnekler arasındaki farklılıklar $P < 0.05$ önem düzeyinde Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Antioksidan aktivite, toplam fenolik içerik ve antosiyanin miktarı

Örneklerin antioksidan aktivitesi DPPH radikal süpürme tekniği ile belirlenmiştir (Çizelge 1). Örneklerin antioksidan kapasitesi arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli ($P < 0.05$) olup, taze nar suyunun DPPH

radikal süpürme aktivitesi %84.19, ticari nar ekşisi örneklerinin ise %85.24 ile %89.85 aralığında değiştiği saptanmıştır.

Orak (2008) ticari nar suyu ve konsantre edilmiş nar suyunun DPPH tekniği ile antioksidan aktivitesinin sırası ile %79.06 ve %85.91 olduğunu bildirmiştir. Literatürde taze meyve suyunun konsantresine kıyasla daha düşük antioksidan aktivite sergilediği başka çalışmalar bulunmaktadır (Horuz 2011; Tezcan vd. 2009). Bu durum ticari nar ekşilerinin üretim süreci boyunca ısıtma işlemine maruz kalması ve bu esnada birçok kimyasal reaksiyon gerçekleşmesi ile açıklanmıştır. Söz konusu reaksiyonların en önemlisi Maillard reaksiyonudur. Maillard reaksiyon ürünleri karışımının yüksek anti-radikal aktivite sergilediği bilinmektedir. Son ürün karışımında bireysel olarak hangi bileşiğin antioksidan aktiviteden sorumlu olduğu bilinmemekle birlikte, melanoidinlerin radikal süpürücü aktivite (oksijen, O_2^- ve OH^* radikalleri ile girdiği reaksiyon) ve aynı zamanda metal şelatlama kapasitesine sahip olduğu bilinmektedir (Morales ve Jimenez-Perez 2001; Yıldız vd. 2010; Karagöl ve Rakıcıoğlu 2023).

Çizelge 1. Nar ekşileri ve nar suyunun antioksidan kapasitesi (DPPH), toplam fenolik içerik (TFİ), antosiyanin miktarları

Örnekler	DPPH (%) İnhibisyon	TFİ (mg GAE/g KA)	Antosiyanin (mg/L)
1	88.45±0.00 ^b	19.69±0.74 ^c	21.35±0.63 ^{bc}
2	89.85±0.10 ^a	15.93±0.16 ^d	3.77±0.36 ^d
3	87.86±0.42 ^c	22.32±0.08 ^b	24.37±0.46 ^b
4	85.24±0.00 ^d	19.85±0.09 ^c	20.48±0.28 ^c
5	88.45±0.00 ^b	15.56±0.12 ^d	3.93±0.18 ^d
6	84.19±0.00 ^d	86.98±0.41 ^a	95.98±7.94 ^a

1-5: farklı marka ticari nar ekşisi, 6: taze nar suyu. Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farkı göstermektedir ($P < 0.05$).

Nar ekşileri ve nar suyunun toplam fenolik içeriği Folin Ciocalteu tekniği ile belirlenmiş olup, sonuçlar Çizelge 1’de görülmektedir. Literatürde (Ali vd. 2014; Elfalleh vd. 2009) yer alan değerlerle uyumlu olarak nar suyunun TFİ 86.98 mg GAE/g KA olarak saptanırken daha düşük sonuçların elde edildiği çalışmalar da (Hmid vd. 2017; Tezcan vd. 2009) bulunmaktadır. Ticari nar ekşisi örneklerin TFİ değerleri 15.56-22.32 mg GAE/g KA aralığında değişmekte olup önceki çalışmalar ile (2.74-52.6 mg GAE/g) uyum içinde olduğu gözlemlenmiştir (Öztan 2006; Yılmaz vd. 2007). Çalışma sonuçlarında nar ekşisi örneklerinin toplam fenolik içeriğinin taze nar suyuna kıyasla daha düşük olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde farklı meyve reçellerinin TFİ’nin meyveye kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiş ve azalmanın nar suyunu konsantre etme amacıyla uygulanan ve uzun süren ısıtma işleminden kaynaklandığı ileri sürülmüştür (Vatansever

2018). Ticari nar ekşisi örneklerinin TFİ arasındaki farklılığın ise hammadde ve üretim koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Antosiyaninler, içerisinde narın da bulunduğu pek çok meyveye kırmızı-mor renk veren suda çözünür pigmentlerdir. Çizelge 1’de görüldüğü gibi, taze nar suyunun ve nar ekşisi örneklerinin antosiyanin içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli ($P < 0.05$) farklılıklar tespit edilmiştir. Taze nar suyunda antosiyanin miktarı 95.98 mg/L olarak belirlenirken, nar ekşisi örneklerinde 3.77 mg/L-24.37 mg/L aralığında değiştiği belirlenmiştir. Taze nar suyu analiz sonucu ile uyumlu olarak, Çam vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada Türkiye’de yetiştirilen 8 farklı nar türünden elde edilen nar sularının antosiyanin miktarlarının 81-369 mg/L aralığında olduğu, yine benzer şekilde Hmid vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada 18 farklı nar meyvesinin antosiyanin miktarının 56.58-188.7 mg/L aralığında olduğu bildirilmiştir. Antosiyaninler ve ısıtma işlemi arasında negatif korelasyon olduğu bilinmektedir (İncedayı vd. 2010). Çalışma sonuçlarına göre de, taze nar suyuna kıyasla ticari nar ekşisi örneklerinin antosiyanin miktarlarında üretim esnasında uygulanan ısıtma işlemi sebebi ile istatistiksel olarak önemli ($P < 0.05$) miktarlarda azalma olduğu gözlemlenmiştir. Fischer vd. (2012) nar suyunda bulunan antosiyaninlerin termal stabilitesini (90°C’de ve 5 saatlik periyotta) inceledikleri çalışmalarında, ısıtma işlemi sebebi ile gerçekleşen antosiyanin kaybının %76-87 aralığında olduğunu bildirmiştir.

3.2. HPLC analizleri

Şeker ve organik asit miktarı

Çalışma kapsamında glikoz, fruktoz, sukroz tüm örneklerde, sorbitol ise nar suyu ve iki tane ticari nar ekşisi örneğinde tespit edilmiştir (Çizelge 2). Literatürde nar suyunun temel şeker bileşenleri glikoz (39.25-69.14 mg/mL) ve fruktozdur (45.49-98.63 mg/mL) (Tezcan vd. 2009). Glikoz ve fruktoz miktarları taze nar suyu için sırasıyla 52.45 mg/mL, 39.52 mg/mL olarak belirlenirken, nar ekşisi örneklerinde 59.90-69.80 mg/mL ve 41.12-46.26 mg/mL aralığında olduğu saptanmıştır. Nar ekşisi örneklerinin toplam şeker miktarının (134.04-143.74 mg/mL) taze nar suyuna (120.41 mg/mL) kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Nar ekşisi üretim süresi boyunca su buharlaşması sonucunda son üründe karbonhidrat miktarı artmaktadır (İncedayı vd. 2010). Poyrazoğlu vd. (2002) taze nar suyunun toplam şeker miktarını 148.78 mg/mL olarak bildirmiş, Melgarejo ve Francisco Artès (2000) tarafından ticari nar sularında söz konusu değer 110.7-158.9 mg/g aralığında olduğu rapor edilmiştir.

Çizelge 2. Nar ekşileri ve nar suyunda belirlenen şeker ve organik asitler (mg/mL)

Örnekler	Glikoz	Fruktoz	Sukroz	Sorbitol	Toplam Şeker	Malik Asit	Sitrik Asit	Askorbik asit
1	63.74±1.63 ^c	46.26±1.06 ^a	29.44±0.81 ^b	1.15±0.21 ^c	140.59±0.02 ^b	2.32±0.06 ^b	4.87±0.01 ^b	0.04±0.00 ^b
2	69.80±0.82 ^a	41.12±0.41 ^d	28.27±0.21 ^{bc}	0.00±0.00	139.18±0.20 ^b	1.83±0.12 ^d	4.54±0.23 ^d	0.03±0.00 ^c
3	65.44±0.32 ^b	45.44±0.11 ^{ab}	31.21±0.07 ^a	1.65±0.33 ^b	143.74±0.69 ^a	2.47±0.01 ^a	4.82±0.05 ^b	0.04±0.00 ^b
4	59.90±0.76 ^c	44.11±0.13 ^b	31.80±0.23 ^a	0.00±0.00	135.81±0.87 ^c	2.10±0.05 ^b	4.48±0.21 ^c	0.04±0.00 ^b
5	61.90±3.48 ^{bc}	45.07±0.84 ^b	27.07±2.33 ^c	0.00±0.00	134.04±1.99 ^c	2.00±0.04 ^c	4.43±0.06 ^c	0.03±0.00 ^c
6	52.45±5.65 ^d	39.52±1.60 ^{de}	25.12±0.18 ^d	3.31±0.44 ^a	120.41±4.67 ^d	2.88±0.00 ^a	4.94±0.01 ^a	0.55±0.01 ^a

1-5: farklı marka ticari nar ekşisi örnekleri, 6: taze nar suyu. Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farkı göstermektedir ($P < 0.05$).

Taze nar suyu ve ticari olarak satılan nar ekşisi örneklerinin organik asit profilinde malik, sitrik ve askorbik asit belirlenmiştir (Çizelge 2). Önceki çalışmalar ile uyumlu olarak, tüm örneklerde sitrik asidin başlıca organik asit olduğu görülmektedir (Tezcan vd. 2009; Melgarejo ve Francisco Artès 2000; Poyrazoğlu vd. 2002). Taze nar suyunda malik, sitrik ve askorbik asit miktarı sırasıyla 2.88 mg/mL, 4.94 mg/mL ve 0.55 mg/mL olarak belirlenirken, ticari nar ekşisi örneklerinde 1.83-2.47 mg/mL, 4.43-4.87 mg/mL ve 0.03-0.04 mg/mL olarak belirlenmiştir. Tezcan vd. (2009) ticari nar suyu örneklerinde sitrik asit miktarının 3.93-13.06 mg/mL ve, malik asit miktarının 0.39-4.11 mg/mL aralığında değiştiğini bildirmiştir. Bir başka çalışmada farklı nar çeşitlerinin askorbik asit miktarı 0.09- 0.11 mg/mL, aralığında tespit edilmiştir (Vatansever 2018). Çalışmada nar ekşisi örneklerinin organik asit içeriğinin taze nar suyundan daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bulantekin (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, açık kazanda kaynatma yöntemi ile elmadan pekmez üretimi esnasında elmanın yapısında bulunan organik asitlerin (malik, sitrik, askorbik asit) miktarlarında önemli derecede azalma

olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçta, sıcaklık ile organik asitlerde gerçekleşen yapısal bozulmalar ve çözünürlük düşüşünün etkisi olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca meyvenin sahip olduğu mineral maddelerin, özellikle 2A grubu elementlerin (Mg, Ca), organik asitleri bağlayarak tuz forma dönüştürmesi sonucunda da organik asit miktarında azalma gerçekleştiği bildirilmiştir. Nar ekşisi üretim sürecinde uygulanan ısı işlem ve ayrıca nar meyvesinin sahip olduğu mineral madde içeriğinin (Mg 62 mg/L, Ca 52 mg/L Ekşi ve Özhamamcı 2009) organik asit miktarlarında azalma üzerinde etkisi olduğu ifade edilebilir.

Fenolik Bileşikler

Taze nar suyu ve ticari nar ekşisi örneklerinin bireysel fenolik bileşimleri Çizelge 3 ve 4'de verilmiştir. Analiz edilen tüm örneklerde hibroksibenzoik asitlerden gallik asit, hidroksisanimik asitlerden klorojenik, ferulik ve kumarik asit, flavan-3-ollerden kateşin, epikateşin ve epigallokateşin, flavonollerden kuersetin ve kaempferol ve son olarak rutin gibi flavonların da aralarında bulunduğu 13 fenolik bileşik tanımlanmıştır.

Çizelge 3. Nar ekşileri ve nar suyunda 280 nm'de belirlenen fenolik bileşikler (mg/L)

Örnekler	280nm					
	Gallik asit	Prosyandin B1	Epigallokateşin	Kateşin	Prosiyanidin B2	Epikateşin
1	26.64±0.13 ^c	13.28±0.02 ^c	3.29±0.53 ^d	3.28±0.26 ^c	1.79±0.03 ^b	8.49±0.44 ^d
2	15.63±0.29 ^f	5.79±0.02 ^e	2.30±0.25 ^e	2.77±0.75 ^d	0.70±0.23 ^d	7.35±0.24 ^e
3	25.47±0.38 ^d	12.51±0.08 ^d	3.44±0.23 ^c	3.97±0.78 ^b	1.72±0.13 ^b	10.11±0.23 ^c
4	35.05±0.22 ^b	13.91±0.14 ^b	4.22±0.48 ^b	3.90±0.32 ^b	1.21±0.25 ^c	10.61±0.10 ^b
5	16.40±0.14 ^e	5.59±0.04 ^e	2.18±0.18 ^e	2.84±0.26 ^d	0.61±0.03 ^d	7.10±0.11 ^e
6	37.24±0.29 ^a	14.31±0.48 ^a	9.76±0.19 ^a	4.68±0.60 ^a	2.53±0.07 ^a	13.69±0.24 ^a

1-5: farklı marka ticari nar ekşisi örnekleri, 6: taze nar suyu. Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farkı göstermektedir ($P < 0.05$).

Çizelge 4. Nar ekşileri ve nar suyunda 320 ve 360 nm de belirlenen fenolik bileşikler (mg/L)

Örnekler	320					360	
	Neo-klorojenik asit	Klorojenik asit	p-Kumarik asit	Ferulik asit	Rutin hidrat	Kuersetin 3-β-D-glikozit	Kaempferol-3 glikozit
1	0.86±0.01 ^c	1.37±0.16 ^c	0.59±0.84 ^c	1.16±0.03 ^b	1.14±0.24 ^b	1.15±0.03 ^c	0.28±0.01 ^c
2	0.39±0.01 ^e	0.90±1.78 ^d	0.47±0.09 ^c	0.11±0.32 ^c	0.22±0.08 ^d	0.79±0.01 ^e	0.21±0.00 ^e
3	0.56±0.01 ^d	1.93±0.12 ^b	1.56±0.25 ^b	1.93±0.11 ^b	1.12±0.18 ^b	1.02±0.01 ^d	0.26±0.00 ^d
4	1.22±0.03 ^b	1.30±0.35 ^c	1.33±0.44 ^b	1.83±0.82 ^b	0.95±0.19 ^c	1.85±0.05 ^b	0.43±0.00 ^b
5	0.38±0.00 ^e	0.11±1.10 ^e	0.12±0.08 ^c	0.25±0.18 ^c	0.25±0.05 ^d	0.72±0.01 ^f	0.20±0.00 ^e
6	4.91±0.10 ^a	2.46±2.38 ^a	4.27±0.97 ^a	2.04±0.49 ^a	2.10±0.21 ^a	2.43±0.01 ^a	1.90±0.00 ^a

1-5: farklı marka ticari nar ekşisi örnekleri, 6: taze nar suyu. Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farkı göstermektedir ($P < 0.05$).

Taze nar suyunda miktar olarak öne çıkan fenolik bileşiklerin gallik asit (37.24 ± 0.29 mg/L), prosiyanidin B1 (14.31 ± 0.48 mg/L) ve epikateşin (13.69 ± 0.24 mg/L) olduğu saptanmıştır. Ticari nar ekşisi örneklerinde ise uygulanan ısıl işlemin etkisi ile tüm fenolik bileşiklerde istatistiksel olarak önemli ($P < 0.05$) seviyede miktar azalması belirlenmiştir. Nar ekşisi örneklerinde gallik asit miktarının 15.63 - 35.05 mg/mL, prosiyanidin B1 miktarının 5.59 - 13.91 mg/mL ve epikateşin miktarının 7.10 - 10.61 mg/mL aralığında değiştiği saptanmıştır. Çalışma kapsamında incelenen nar suyu ve nar ekşisi örneklerinde belirlenen fenolik bileşik çeşitleri önceki çalışmalarla uyumludur (Poyrazoğlu vd. 2002; Hmid vd. 2017; Gündoğdu ve Yılmaz 2012). Çalışma sonuçlarında tespit edilen fenolik bileşik miktarları ise Poyrazoğlu vd. (2002) verilerinden daha yüksek, Gündoğdu ve Yılmaz (2012) bulgularından daha düşük ve Hmid vd. (2017) rapor ettiği değerler ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Literatür bulguları arasındaki farklılığın nar türü, nar agro-klimatik yetiştirme koşulları, nar ekşisi üretim tekniğindeki değişiklikler, ekstraksiyon ve analiz tekniğindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışma kapsamında belirlenen tüm fenolik bileşik miktarlarının taze nar suyunda ticari nar ekşisi örneklerine kıyasla daha yüksek miktarlarda bulunduğu belirlenmiştir. Çalışma bulguları ile uyumlu olarak, literatürde taze sıkılmış nar suyu, ticari nar suyu ve konsantre nar suyunda tespit edilen tüm fenolik bileşiklerin (kafeik asit, *p*-kumarik asit, ferulik asit, gallik asit ve klorojenik asit) en düşük miktarları konsantre nar suyunda belirlenmiş olup en yüksek miktarlar taze sıkılmış nar suyunda belirlenmiştir (Karakaplan ve Özcan 2017).

HMF

Maillard reaksiyonu ısıl işlem süresinde gıdalarda gerçekleşmekte ve gıdaların görünüş, tat ve aromasının gelişmesinde önemli rol oynamaktadır. HMF maillard reaksiyon ürünlerinden biridir ve yüksek sıcaklıklarda şeker dekompozisyonu ile oluşmaktadır. HMF, karsinogenik, neoplastik dönüşüm, nefrotoksik, hepatotoksik ve antioksidan aktivite gibi insan sağlığı üzerinde çeşitli etkilerde bulunabilmektedir. Bu sebeple gıdalarda HMF miktarının bilinmesi ve yasal sınırın altında olması hayati önem taşımaktadır (Oguz vd. 2023). Beklendiği gibi en düşük HMF miktarı taze nar suyunda (0.15 mg/kg KA) belirlenmiştir. Nar ekşisi örneklerinde ise 104.86 - 426.02 mg/kg KA aralığında değiştiği saptanmıştır (Çizelge 5). Örneklerin HMF miktarındaki farklılık istatistiksel olarak önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur. Tüfekçi, (2008) ticari nar suyunun HMF içeriğinin 5.49 - 27.39 mg/L aralığında değiştiğini bildirmiş, Vatansever (2018) ise nar suyu HMF içeriğini 0.12 mg/L olarak belirlemiştir. Nar

ekşisi örneklerinin HMF değerlerini inceleyen bir çalışmada aralık değer 9.20 - 118.68 mg/kg olarak belirlenirken (Vatansever 2018), İncedayı vd. (2010) piyasada satılan nar ekşisi örneklerinin HMF miktar aralığını 18.56 - 1542.98 mg/kg olarak bildirmiştir. Türk Standartları Enstitüsü (TS12720) tarafından nar ekşisinin üretim aşamasında ısıl işlem etkisi ile oluşan HMF miktarı üst limiti 50 mg/kg olarak belirtilmiştir (Oguz vd. 2023). Bu çalışmaya konu olan tüm nar ekşisi örneklerinin HMF miktarları söz konusu değerin üstündedir. Yüksek miktar HMF oluşumu nar ekşisi üretim esnasında aşırı ısı uygulanmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca nar suyunun kuru madde miktarının, pH değerinin, indirgen şeker içeriğinin ve konsantre edilme işleminin açık ya da kapalı kaplarda yapılmasının son ürün HMF miktarında etkisi olmaktadır (Vatansever 2018).

Çizelge 5. Nar ekşileri ve nar suyunda belirlenen HMF miktarları (mg/kg KA)

Örnekler	HMF
1	149.94 ± 14.65^c
2	366.54 ± 13.51^b
3	155.54 ± 5.72^c
4	104.86 ± 23.26^d
5	426.02 ± 12.29^a
6	0.15 ± 0.00^e

1-5: farklı marka ticari nar ekşisi örnekleri, 6: taze nar suyu. Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farkı göstermektedir ($P < 0.05$).

4. Sonuç

Bu çalışmada taze nar suyu ve ticari olarak satışa sunulan 5 farklı marka nar ekşisi örneği antioksidan kapasiteleri, fizikokimyasal özellikleri ve hidroksimetil furfural içerikleri bakımından incelenmiştir. Antioksidan aktivite bakımından en düşük sonuç taze nar suyunda belirlenirken toplam fenolik içerik, bireysel fenolik bileşik miktarları, antosiyanin ve askorbik asit miktarı bakımından taze nar suyunun nar ekşisi örneklerine kıyasla daha yüksek değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Nar ekşisi üretim koşullarında suyun buharlaşmasına bağlı olarak son üründe şeker miktarının (glikoz, fruktoz ve sukroz) taze nar suyuna kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Türk Standartları Enstitüsü nar ekşisinde bulunabilecek HMF miktarını 50 mg/kg ile sınırlandırmıştır. Yapılan çalışmada 5 farklı marka nar ekşisi örneğinin hepsinde HMF miktarının bu sınırın üstünde olduğu (104.86 - 426.02 mg/kg) belirlenmiştir. Uygun koşullarda üretildiği takdirde, nar ekşisi hem besin değeri hem de sağlık üzerine olumlu etkisi olan bileşikler bakımından oldukça zengin bir üründür. Gıdalarda HMF'nin ilk keşfedilmesinden günümüze kadar olan

süreçte, bilim çevreleri tarafından HMF'nin oluşum mekanizması ve koşulları aydınlatılmıştır. Ancak geçen uzun süreye rağmen, endüstriyel ve geleneksel gıda üretim hatlarında alt yapı yetersizliği, ekonomik nedenler ya da hatalı ısıtma işlem uygulamaları gibi farklı nedenler ile son üründe oluşan HMF miktarı toplum sağlığını tehdit etme noktasındadır. Bu bağlamda ticari ürünlere yönelik piyasa denetimlerinin sıklaştırılması gerekmektedir. Ayrıca endüstriyel boyutta üretim yöntemlerinin iyileştirilmesi ve yenilenmesi temelinde açık kazanda kaynatma tekniğinden ziyade vakum altında evaporasyon yönteminin uygulanması önerilmektedir.

Etik Standartlar Bildirgesi

Yazarlar tüm etik standartlara uyduklarını beyan ederler.

Yazarlık Katkı Beyanı

Yazar-1: analiz, orijinal taslak yazım.

Yazar-2: analiz, yazım inceleme ve düzenleme.

Yazar-3: kavramsallaştırma, görselleştirme, denetleme, yazım inceleme ve düzenleme.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarların bu makalenin içeriğiyle ilgili olarak beyan edecekleri hiçbir çıkar çatışması yoktur.

Verilerin Kullanılabilirliği

Bu çalışma sırasında oluşturulan veya analiz edilen tüm veriler, yayınlanan bu makaleye dahil edilmiştir.

5. Kaynaklar

- Ali, S. I., El-Baz, F. K., El-Emary, G. A. E., Khan, E. A. and Mohamed, A. A., 2014. HPLC-Analysis of polyphenolic compounds and free radical scavenging activity of pomegranate fruit (*Punica granatum* L.). *International Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, **6**(4), 348-355.
- Bulantekin, Ö., 2014. Farklı yöntemler ile üretilen elma pekmezlerinin kimyasal özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 58.
- Binici, T., Sevinç, G. and Palabıçak, M. A., 2023. Türkiye’de nar üretimi, dış ticareti ve işletme düzeyinde ekonomik analizi. Nar Yetiştiriciliği. S. Hepaksoy, M. Pakyürek (Ed.), İksad Yayınevi, Ankara, Türkiye, 353-376.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.10475381>
- Campbell, O. E., Merwin, I. A. and Padilla-Zakour, O. I., 2013. Characterization and the effect of maturity at harvest on the phenolic and carotenoid content of northeast USA apricot (*Prunus armeniaca*) varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **61**, 12700–12710.
<https://doi.org/10.1021/jf403644r>
- Çam, M., Hıslı, Y. and Durmaz, G., 2009. Classification of eight pomegranate juices based on antioxidant

capacity measured by four methods. *Food Chemistry*, **112**, 721–726.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.009>

- Ekşi, A. and Özhamamcı, İ., 2009. Nar suyunun kimyasal bileşimi. *Gıda*, **24**, 265-270.
- Elfalleh, W., Nasri N., Marzougui, N., Thabti, I., M’rabet, A., Yahya Y., Lachiheb, B., Guasmi, F. and Ferchichi, A., 2009. Physico-chemical properties and DPPH-ABTS scavenging activity of some local pomegranate (*Punica granatum*) ecotypes. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, **60**(S2), 197-210.
<https://doi.org/10.1080/09637480903067037>
- El Hosry, L., Bou-Mitri, C., Dargham, M. B., Jaoudeh, M. A., Farhat, A., El Hayek, J., Bou Masleh, J. M. and Bou-Maroun E., 2023. Phytochemical composition, biological activities and antioxidant potential of pomegranate fruit, juice and molasses: A review. *Food Bioscience*, **55**, 103034.
<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103034>
- Fischer, U. A., Carle, R. and Kammerer, R., 2012. Thermal stability of anthocyanins and colourless phenolics in pomegranate (*Punica granatum* L.) juices and model solutions. *Food Chemistry*, **138**, 1800-1809.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.10.072>
- Gil, M. I., Tomas-Berberan, A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D. M. and Kader, A. A., 2000. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **48**, 4581–4589.
<https://doi.org/10.1021/jf000404a>
- Güncüoğlu, N. and Gökmen, V., 2013. Accumulation of 5-Hydroxymethylfurfural in oil during frying of model dough. *Journal of American Oil Chemical Society*, **90**, 413-417.
<https://doi.org/10.1007/s11746-012-2169-9>
- Gündoğdu, M. and Yılmaz, H., 2012. Organic acid, phenolic profile and antioxidant capacities of pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars and selected genotypes. *Scientia Horticulturae*, **143**, 38–42.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.05.029>
- Horuz E., 2011. Pomegranate aril drying and juice powder production. Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep, 121.
- Hmid I., Elothmani, D., Hanie, H., Oukabil, A. and Mehinagic E., 2017. Comparative study of phenolic compounds and their antioxidant attributes of eighteen pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Morocco. *Arabian Journal of Chemistry*, **10**, 2675–2684.
<https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.10.011>
- İncedayı, B., Tamer, C. E. and Çopur, Ö. U., 2010. A research on the composition of pomegranate

- molasses. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **24** (2), 37-47.
- Karabulut, I., Bilenler, T., Sislioglu, K., Gokbulut, I., Ozdemir, I. S. and Ozturk, B., 2018. Effect of fruit canopy positions on the properties of apricot (*Prunus armeniaca* L.) varieties. *Journal of Food Biochemistry*, **42**, 12458. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12458>
- Karagöl, G. and Rakıcıoğlu, N., 2023. Besinlerde melanoidin oluşumu ve sağlık üzerine etkileri. *Food and Health*, **9**(4), 350-358. <https://doi.org/10.3153/FH23032>
- Karakaplan, M. and Özcan, M., 2017. Determination of phenolic acids in pomegranate juices by HPLC- DAD. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, **6**(10), 32-37.
- Kim, D. O. and Lee, C. Y., 2002. Extraction and isolation of polyphenolics. Current protocols in food analytical chemistry. In R. E. Wrolstad (Ed.), New York: Wiley, (pp. 11.2.1–11.2.12). <https://doi.org/10.1002/0471142913.fai0102s06>
- Lee, J., Durst, R.W. and Wrolstad, R. E., 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study. *Journal of AOAC International*, **88**(5), 1269–1278. <https://doi.org/10.1093/jaoac/88.5.1269>
- Melgarejo, P. and Francisco Artès, D. M. S., 2000. Organic acids and sugars composition of harvested pomegranate fruits. *European Food Research Technology*, **211**, 185-190. <https://doi.org/10.1007/s002170050021>
- Morales, F. J. and Jimenez-Perez, S., 2001. Free radical scavenging capacity of maillard reaction products as related to colour and fluorescence. *Food Chemistry*, **72**, 119–125. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00239-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00239-9)
- Oguz, M., Akar, B. and Baltacı, C., 2023. Physicochemical analysis of pomegranate sours produced by traditional method in Türkiye and the investigation of antioxidant properties. *Hittite Journal of Science and Engineering*, **10**(2), 125–134. <https://doi.org/10.17350/HJSE19030000299>
- Orak, H., 2008. Evaluation of antioxidant activity, colour and some nutritional characteristics of pomegranate (*Punica granatum* L.) juice and its sour concentrate processed by conventional evaporation. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, **60**(1), 1-11. <https://doi.org/10.1080/09637480701523306>
- Öztan, T., 2006. Mor havuç, konsantresi, şalgam suyu, nar suyu ve nar ekşisi ürünlerinde antioksidan aktivite tayini ve fenolik madde profilinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 93.
- Poyrazoğlu, E., Gökmen, V. and Artık, N., 2002. Organic acids and phenolic compounds in pomegranates (*Punica granatum* L.) grown in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*, **15**, 567–575. <https://doi.org/10.1006/jfca.2002.1071>
- Sturm, K., Koron, D. and Stampar, F., 2003. The composition of fruit of different strawberry varieties depending on maturity stage. *Food Chemistry*, **83**, 417–422. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00124-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00124-9)
- Tezcan, F., Gültekin-Özgüven, M., Diken, T., Özçelik, B. and Erim, F.B., 2009. Antioxidant activity and total phenolic, organic acid and sugar content in commercial pomegranate juices. *Food Chemistry*, **115**, 873-877. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.12.103>
- Tüfekçi, B., 2008. Piyasada satılan bazı meyve sularının özelliklerinin gıda mevzuatına uygunluğunun araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 59.
- Vatansever, A., 2018. Nar ve ürünlerinin fizikokimyasal ve biyokimyasal özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 81.
- Yıldız, O., Şahin, H., Kara, M., Aliyazıcıoğlu, R., Tarhan, Ö. and Kolaylı, S., 2010. Maillard reaksiyonları ve reaksiyon ürünlerinin gıdalardaki önemi. *Akademik Gıda*, **8**(6), 44-51.
- Yılmaz, Y., Çelik, I. and Isık, F., 2007. Mineral composition and total phenolic content of pomegranate molasses. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, **5**(3&4), 102-104.