









## Dondurarak depolamaya karşılık geleneksel depolama yönteminde nar ve portakal sularının toplam antioksidan kapasitelerindeki değişimler

The changes in total antioxidant capacities of pomegranate and orange juice in frozen storage versus traditional storage methods

Ceylan FİDAN BABAT<sup>1</sup>, Rümeyza GÖK<sup>1</sup>, Kübra KADIOĞLU<sup>1</sup>, Hatice TATLI<sup>1</sup>, Esra YILMAZ<sup>1</sup>,  
Doğan ÇETİN<sup>1</sup>, Metin KONUŞ<sup>2</sup>, Can YILMAZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Van, Türkiye.

<sup>2</sup>Hitit Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Çorum, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
<p><b>Article history:</b> Recieved / Geliş: 17.06.2022 Accepted / Kabul: 28.12.2022</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Antioksidan aktivite Meyve suları Geleneksel depolama Dondurucuda depolama DPPH metodu</p> <p><b>Keywords:</b> Antioxidant activity Fruit juices Traditional storage Frozen storage DPPH assay</p> <p>✉ Corresponding author/Sorumlu yazar: Ceylan FİDAN BABAT ceylanfidan@yyu.edu.tr</p> <p>Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at <a href="https://dergipark.org.tr/pub/mkutbd">https://dergipark.org.tr/pub/mkutbd</a> This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.</p>  	<p>Bu çalışmanın amacı, hasat sonrası ürün kaybının önlenmesi için Akdeniz bölgesindeki evlerde halen kullanılan çam iğneleri ve pamuk tohumları kombinasyonundan oluşan geleneksel depolama ve dondurucuda (-20°C) depolama yöntemlerini nar ve portakal meyvelerinin antioksidan kapasitesini korunma yetenekleri açısından karşılaştırmaktır. Meyveler geleneksel depolama ve dondurucuda depolama grupları olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Geleneksel depolama grubunda; meyveler bir bütün olarak, tasarlanan kasalarda depolanmıştır. Dondurucuda depolama grubunda ise meyveler sıkılmış ve meyve suları -20°C'de depolanmıştır. İlk antioksidan kapasite ölçümleri meyve örnekleri laboratuvara gelir gelmez 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil yöntemi kullanılarak yapılmış, ikinci ve üçüncü ölçümler ise sırasıyla 3. ve 6. aylarda gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar her iki depolama yönteminin 3 aylık depolama süresince toplam antioksidan kapasiteyi koruma yetenekleri açısından benzer olduklarını, geleneksel depolama yönteminin en az üç aylık depolama için güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Altı ay sonunda ise geleneksel depolama ile depolanan nar ve portakalların antioksidan aktivitelerinde %20 ve %33 oranında kayıp gerçekleşirken dondurucuda depolanan meyve sularının antioksidan aktivitelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlenmemiştir.</p> <p><b>ABSTRACT</b></p> <p>The aim of this study was to compare the efficiency of traditional storage, in which a combination of pine needles and cotton seeds are used, and frozen storage (at -20°C) for pomegranates and oranges in terms of the changes in total antioxidant capacities. Both methods are used, especially in the Mediterranean region, in order to prevent post-harvest loss of agricultural products. The fruits were divided into two groups: traditional storage group which contained the fruits stored as a whole and the frozen storage group, which included fruit juices stored at -20°C. All the antioxidant capacities were detected by using the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil method. The first tests were conducted as soon as the fruit samples arrived at the laboratory and the following measurements were performed at the end of the 3rd and 6th months. The results revealed that both storage methods were comparable in their ability to preserve the total antioxidant capacity for 3 months of storage and the traditional storage method can be used reliably for at least three months of storage of fruits. However, the antioxidant activities of pomegranate and orange juices stored for 6 months of conventional method were decreased by 20% and 33%, respectively. During the 6-month period, no statistically significant differences in antioxidant activities were observed between frozen fruit juice samples.</p>
<b>Cite/Atıf</b>	Fidan Babat, C., Gök, R., Kadioğlu, K., Tatlı, H., Yılmaz, E., Çetin, D., Konuş, M., & Yılmaz, C. (2023). Dondurarak depolamaya karşılık geleneksel depolama yönteminde nar ve portakal sularının toplam antioksidan kapasitelerindeki değişimler. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 28 (1), 174-184. <a href="https://doi.org/10.37908/mkutbd.1131086">https://doi.org/10.37908/mkutbd.1131086</a>

## GİRİŞ

Nar (*Punica granatum* L.) ve portakal (*Citrus sinensis*) meyveleri, flavanoller, antosiyaninler ve fenolik bileşikler gibi antioksidanlar açısından çok zengin kaynaklardır; ayrıca nar meyvesi ellagik asit türevleri, punikalagin izomerleri ve diğer hidrolize olabilen tanenleri içermektedir (Gil ve ark., 2000; García-Alonso ve ark., 2004; Klimczak ve ark., 2007). Yapılan çalışmalar meyvelerin antioksidan özelliklerinin özellikle bazı kanser türlerinin, kardiyovasküler bozuklukların, diyabetin, erkek kısırlığının ve Alzheimer Hastalığı'nın önlenmesinde terapötik etkilere sahip olduğunu göstermiştir (Mena ve ark., 2011; Favela-Hernández, 2016; Ramezani & Erkan, 2017). Epidemiyolojik çalışmalar ile nar ve portakalın tüketiminin sağlık üzerine olumlu etkilerinin ortaya çıkarılması, bu meyveleri değeri yüksek ürünler haline getirmiş ve dünya çapında üretimi, tüketimi ve pazarlamasında oldukça büyük bir artış meydana gelmiştir (Sun-Waterhouse, 2011; Lagha-Benamrouche & Madani, 2013; Selçuk & Erkan 2015).

TÜİK'in 2020 verilerine göre Türkiye, dünyada en çok nar üretimi ve ihracatı yapan ülkeler arasında Hindistan, İran ve Çin'den sonra 4. sırada yer almaktadır ve 2019 yılında 559.171 ton üretimi ve 155.189 ton ihracatı yapılmıştır (Anonim, 2020). Portakal için ise, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre dünyada en önemli üretici ülkeler Brezilya, Çin, ABD ve Hindistan'dır ve Türkiye toplam üretim bakımından dünyada 7. sıradadır (Sanofe, 2014; FAO, 2019). FAO'nun 2020 verilerine göre Türkiye'de kış meyvelerinden portakalın 2019'da 1.7 milyon ton üretimi ve 238.7 bin ton ihracatı yapılmıştır.

Tüketici tarafından meyvelerin kalitesi büyüklük, şekil, renk ve sertlik gibi fiziksel özellikleri değerlendirilerek belirleniyor olsa da son yıllarda, tüketicilerin sağlığını doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen mineraller, vitaminler, diyet lifleri gibi fitokimyasallar ile sağlanan bitkisel besin içeriği ile ilgili fizikokimyasal özelliklerin önemine dair farkındalık artmıştır. Bu fizikokimyasal özellikler, genotipik ve tarımsal-çevresel faktörler tarafından belirlenir, ancak ürün tarladan alındıktan sonra dinamik olarak değişir ve hasat sonrası işleme büyük ölçüde bağlıdır (Kyriacou ve Rouphael, 2018). Meyvelerin hem iç hem de dış pazarlara sevkiyatı sırasında depolama koşullarından kaynaklanan kayıpların en aza indirilmesi ve mevcut kalitenin korunması yüksek kaliteli meyve tedarikini sürdürmek için çok önemlidir (Sidhu ve ark., 2019; Elik ve ark., 2019). Nar ve portakal meyveleri için sırasıyla en uygun depolama sıcaklığı aralığı 0-5°C ve 0-9°C'dir, ayrıca %85-90 bağıl nem oranı sağlanmalıdır (Tan & Considine, 2016; Özdemir & Atabey, 2022). Son yıllarda, meyvelerin depolanması için yapılan araştırma ve geliştirme faaliyetleri, taze hasat edilen meyvelerin orijinal kalitesini koruyarak, depolama ömürlerini uzatmak amacıyla yeni hasat sonrası depolama teknolojilerinin uygulanmasını hedeflemiştir (Çeler ve ark., 2019). Bu amaçla geliştirilen teknolojiler arasında nar meyvesi için kontrollü atmosferlerin uygulanması, polimerik filmlerde modifiye atmosfer paketlemenin kullanımı, soğuk depolama sırasında ısı işlemlerin uygulanması işlemleri uzun zamandır kullanılmaktadır ve nanoteknolojik uygulamalar da son yıllarda yaygınlaşmıştır (Artes & Tomas-Barberan, 2000; Liu ve ark., 2020). Ayrıca klorlu su + askorbik asit/sitrik asit içeriğinden oluşan dezenfektan çözeltileri ile nar meyvelerinin yıkandığı kimyasal uygulamalar da mevcuttur (Çil ve ark., 2020). Portakal için ise meyvenin difenil emdirilmiş kâğıda sarılması yaygın bir uygulamadır (Erkan & Pekmezci, 2000). Bu uygulama ile portakalın depolanması sırasında kabukta küf gelişimi önlenmektedir. Ayrıca soğuk hava depolarında depolanmaları diğer bir yöntemdir. Bu yöntemler, meyveleri istenen kalitede ve minimum kayıpla koruma yeteneklerinde farklılık gösterse de, ürünleri 4-6 aya kadar koruyabilir (Tan & Considine, 2016). Öte yandan, özellikle soğuk şok, modifiye torba kullanımı, difenil emdirilmiş kâğıtların kullanılması ve soğuk hava depoları maliyeti arttırmakta ve çevresel bir tehdit oluşturmaktadır. Ayrıca kimyasal uygulamalarda uygulanan kimyasalların ürün üzerinde ne kadar kalıntı bıraktığının ve bunun insan sağlığı üzerine etkisinin tespiti gerekmektedir.

Hasat sonrası kayıplar, hasat anından tüketime kadar ürünün miktarında ve kalitesinde meydana gelen hasarı içerir ve modern tarım için büyük bir sorun olmaya devam etmektedir. Taze ürünlerde hasat sonrası kayıp miktarının gelişmiş ülkelerde %5 ila %25 ve gelişmekte olan ülkelerde %25 ila %50 oranında olduğu tahmin edilmektedir. Bu muazzam gıda israfı, insanlık üzerinde mevcut uygulamaları iyileştirme ve israfı azaltmak için yeni depolama

teknolojileri geliştirme konusunda önemli bir ekonomik, sosyal ve ekolojik yük oluşturmaktadır (Gustavsson ve ark., 2011; Buzby ve ark., 2014).

Bu çalışmanın amacı, yalnızca nar ve portakal meyveleri için değil, özellikle narenciye ürünleri olmak üzere diğer bazı meyveler için de uygun olacak, günümüz depolama teknolojilerine alternatif ucuz, çevresel ve evsel bir depolama yöntemi olan geleneksel depolamanın etkinliğini test etmektir. Günümüzde Akdeniz kıyılarında yüksek nem nedeniyle ürün kayıplarının çok muhtemel olduğu bölgelerdeki evlerde, çam iğneleri ve pamuk tohumları kombinasyonundan oluşan geleneksel depolama yöntemi halen kullanımdadır. Bu kombinasyon uygulanarak tasarlanan çevre dostu ve ekonomik meyve kasalarının kullanıldığı mevcut çalışmanın amacı nar meyvelerinin depolama ömrünü 3-4 aya kadar uzatmak ve meyve suyunun besleyici değeri açısından önemli parametrelerden biri olan antioksidan kapasitesinin korunmasına etkisini incelemektir. Çalışmada, dondurucuda (-20°C) tutulan meyve suları ve tasarlanan meyve kasalarında depolanan nar ve portakaldan elde edilen meyve suları, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) metodu kullanılarak toplam antioksidan kapasiteleri açısından karşılaştırılmıştır.

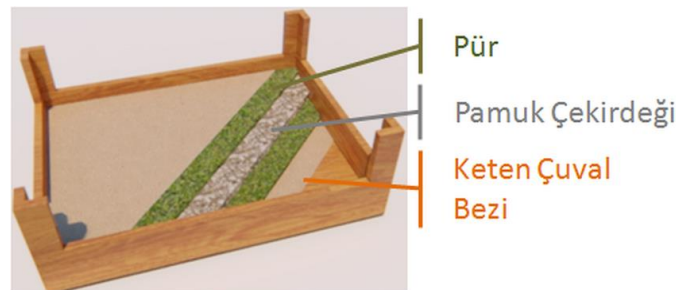
## MATERYAL ve YÖNTEM

### *Kimyasallar ve standartlar*

Askorbik asit standardı VWR firmasından (Radnor, Pennsylvania, United States), DPPH ve saf etanol Sigma-Aldrich firmasından (St. Louis, Missouri, USA) temin edilmiştir. Tüm kimyasallar moleküler biyoloji kalitesinde ve mevcut en yüksek saflık derecesinde kullanılmıştır.

### *Meyve örnekleri ve meyve sularının hazırlanması*

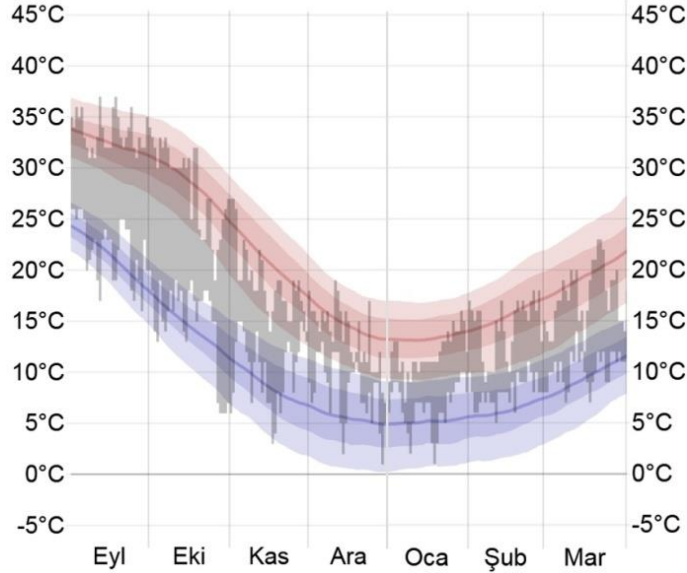
Hicaz narı ve Washington Navel portakal meyveleri Hatay'daki yerel üreticilerden temin edilmiştir. Portakal ve nar meyveleri dallarından makaslarla kesilerek toplandıktan sonra iki gruba ayrılmıştır. Çalışmanın deneysel aşamaları Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Meyveler ve ağaçlar arasındaki farklılıkları ortadan kaldırmak için istatistiksel olarak yeterli sayıda örnek kullanılmıştır (n=10); her ölçüm grubunda 10 meyve bulunmaktadır. Meyvelerin ortalama ağırlıkları nar için 320±25 g ve portakal için 110±9 g olarak belirlenmiştir. İlk gruptaki meyvelerin suyu taze olarak sıkıldıktan sonra ortak bir havuzda toplanmış, 15 mL steril falkon tüpler içerisine bölünen meyve suları, hava ile teması en az olacak şekilde hızla -20°C derin dondurucuya kaldırılmıştır. Geri kalan portakal ve nar sularının toplam antioksidan kapasitesi DPPH yöntemiyle tayin edilerek ilk ölçümler tamamlanmıştır. Sonraki aylarda kullanılan meyveler ise birbirlerine temas etmeyecek şekilde, soğutma ve havalandırma sistemi bulunmayan, pencerelerden gün ışığı almasına izin verilmekte olan boş bir odada geri dönüşümlü malzemelerden üretilmiş ahşap kasalarda depolanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışmada kullanılan kasaların tasarımı  
Figure 1. The design of the crates used in the study

Tasarlanan kasaların tabanları kaba keten çuval bezi üzerine bir kat pür tabakası (Halep çamı (*Pinus halepensis*) yaprakları), pür tabakası arasına ise pamuk çekirdekleri (*Goosypium spp.*) döşenerek sabitlenmiştir. Pamuk

çekirdekleri yerel çırçır fabrikalarından, pür bölgesel Halep çamı ağaçlarından temin edilmiştir. Geleneksel depolama için ortam sıcaklığı, ölçümlerin gerçekleştirildiği dönem boyunca 5-25°C arasında değişmiştir (Şekil 2). Şekilde depolama periyodu boyunca ortam sıcaklığının ortalaması üzerindeki değerler kırmızı çizgi ve altındaki değerler mavi çizgi ile belirtilmiştir.



Şekil 2. Depolama periyodu boyunca ortam sıcaklığındaki değişim (kaynak: <https://tr.weatherspark.com>)

Meyveler için hasat zamanı Eylül sonu, depolama periyodunun tamamlanması ise Mart sonudur

Figure 2. The changes in ambient temperature during storage period (source: <https://www.weatherspark.com>)  
Harvest time for fruits is the end of September and the completion of the storage period is the end of March

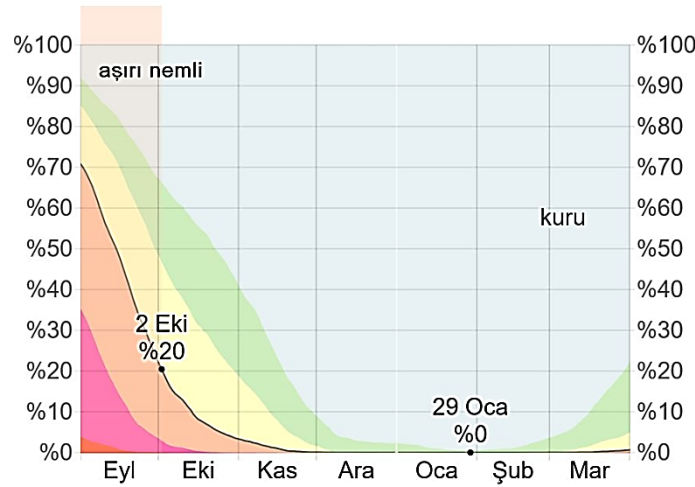
Şekil 3'te bu sıcaklık aralığında muhafaza edilen nar örneklerinin 6. ay sonundaki görüntüleri ve kasalara ilk yerleştirilen portakal örneklerine ait görüntüler mevcuttur. İkinci ve üçüncü ölçümler, sırasıyla 3 ve 6 ay sonra 10'ar adet meyve örneklerinden aynı prosedür ile elde edilen yeni sıkılan ve -20°C dondurucuya alınan meyve sularının kullanılmasıyla yapılmıştır.



Şekil 3. Kasalarda depolanan meyveler. 6 ay sonunda nar meyveleri (a), kasalara ilk yerleştirilen portakallar (b)  
Figure 3. The fruits which were stored in crates., Pomegranate fruits at the end of 6 months (a), fresh oranges placed in crates (b)

Depolama ortamında ölçülen ortalama nem miktarlarındaki değişimler Şekil 4'te görülmektedir. Ortamın nem miktarı yüzde değer ile ifade edilmiş ve siyah çizgi ile gösterilmiştir. Grafikte farklı renklerle gösterilen alanlar gün içerisinde rahat (yeşil) – nemli (sarı) - aşırı nemli (turuncu) – basık (pembe) – dayanılmaz (kırmızı) ölçeğinde

değişimlerin, etkili oldukları toplam süreleri ifade etmektedir. Depolama süreci boyunca ortalama nem miktarı %3'ten daha azdır.



Şekil 4. Depolama periyodu boyunca ortamın nem miktarındaki değişim (kaynak: <https://tr.weatherspark.com>)

Meyveler için hasat zamanı Eylül sonu, depolama periyodunun tamamlanması ise Mart sonudur

Figure 4. The changes in ambient humidity during storage period (source: <https://www.weatherspark.com>)

Harvest time for fruits is the end of September and the completion of the storage period is the end of March

#### Meyve sularının toplam antioksidan kapasitesinin belirlenmesi

Bu çalışmada, geleneksel depolama yöntemi ile depolanan nar ve portakal meyvelerinin taze olarak sıkılmasıyla elde edilen örneklerin ve dondurucuda depolama yöntemi ile muhafaza edilen nar ve portakal suları örneklerinin besin değerinin karşılaştırılması antioksidan kapasitelerinin ölçülmesi ile sağlanmıştır. Antioksidan kapasitelerinin karşılaştırılması için kullanılan parametre; ilk DPPH konsantrasyonunun %50'sinin sönmüldüğü seyreltme faktörü (SF<sub>50</sub>)'dür. Yüksek SF<sub>50</sub> değeri daha düşük meyve suyu konsantrasyonunu ve dolayısıyla daha yüksek antioksidan kapasiteyi ifade etmektedir. Test edilen her örnek için elde edilen en iyi %RSA grafiğinin eğimi SF<sub>50</sub> değerini hesaplamak için kullanılmıştır.

Meyve sularının toplam antioksidan aktiviteleri, Blois'in kullandığı DPPH (2,2-Difenil-1-Pikrilhidrazil) metodunun uyarlanmış haliyle belirlenmiştir (Blois, 1958; Konuş ve ark., 2019). DPPH yönteminin laboratuvar koşullarında çalıştığını garantilemek amacıyla bu prosedür genel standart antioksidanlardan biri olan askorbik asitin farklı konsantrasyonları için her deney öncesinde uygulanmış ve örnek ölçümleri daha sonra gerçekleştirilmiştir. Yeni sıkılmış veya dondurulmuş meyve sularının ölçümlerinde uzun süre hava ile temasları engellenmiştir. Donmuş örnekler buz üzerinde inkübe edilerek çözdürülmüş, bu sayede çözdürme sırasında meydana gelen toplam antioksidan kapasite kayıpları minimuma indirilmiştir. Ölçümden önce her numune için 3 tekrarlı 5 seri seyreltme (1X-16X) yapılmış ve absorbans değerleri spektrofotometre (PG Instruments, T80+ UV/VIS) kullanılarak 517 nm dalgaboyunda ölçülmüştür. Meyve sularının hazırlanan her bir seri dilüsyonuna karşılık gelen %RSA (Radikal Sönümleyici Aktivite) değerleri Eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır.

$$\%RSA = \frac{(ABS_{Kör} - ABS_{Örnek})}{ABS_{Kör}} \times 100 \quad \text{Eq.(1)}$$

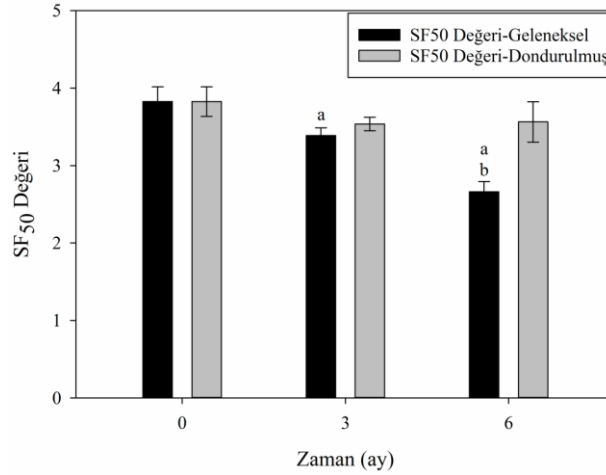
ABS<sub>Kör</sub> ve ABS<sub>Örnek</sub> sırasıyla körün ve test edilen örneğin absorbanslarını ifade etmektedir.

### **İstatistik analizler**

Ölçümler her iki test grubu için üçer tekrarlı olarak yapılmıştır. İstatistiksel analizler SigmaPlot 13.0 lisanslı istatistik programında Student-t testi kullanılarak ortalamanın standart hatasının hesaplanmasıyla gerçekleştirilmiştir.

### **BULGULAR ve TARTIŞMA**

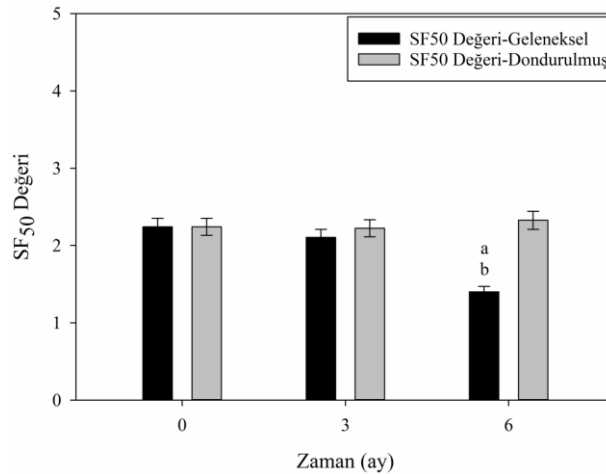
Dondurucuda (-20°C) 6 aylık süreçte depolama ile nar ve portakal sularındaki toplam antioksidan kapasite değişimleri sırasıyla Şekil 5'te ve Şekil 6'da görülmektedir. Buna göre -20°C'de depolanan nar suyunun antioksidan kapasitesinde yeni sıkılan örnekler göre ilk 3 ay içerisinde %8 oranında bir düşüş gözlenmiş ve 6 aylık depolama sonunda bu oran değişmemiştir. Portakal suyu için ise -20°C'de 3 ay depolanan meyve suyunun antioksidan kapasitesinde yeni sıkılan örnekler göre bir değişim olmadığı ancak 3. ve 6. aylar sonunda ölçülen antioksidan kapasiteleri arasında %5'lik bir fark olduğu gözlenmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonuçları -20°C'de depolanan nar ve portakal sularının yeni sıkılan örnekler göre toplam antioksidan kapasitelerinde 6 aylık periyotta istatistiksel olarak anlamlı bir değişim olmadığını göstermiştir. Bu anlamda elde edilen sonuçlar, 10 gün süresince -18 ve -70°C'de depolamanın portakal ve elma sularının fenolik bileşenleri ve antioksidan aktivitesi üzerindeki etkisini değerlendiren Polinati ve ark. (2010)'nın sonuçları ile tutarlıdır. Araştırmacılar her iki meyve suyunun polifenolik içeriğinin ve antioksidan aktivitesinin -18°C'de değişmediği sonucuna varmıştır. Bir diğer çalışmada yaban mersinini 3 ay süresince -20°C'de depolamanın total antioksidan kapasite üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Lohachoompol ve ark., 2004). Meyvelerdeki biyoaktif bileşikler başlıca A ve C vitaminleri, karotenoidler ve fenoliklerdir. De Ancos ve ark. (2000) ve Gonz'alez ve ark. (2003) dondurma ve uzun süreli depolama (sırasıyla -20°C'de 1 yıl; -24°C'de 3 ay) sırasında dondurma işleminin ahududu meyvesinin toplam fenoliklerini ve antiradikal etkinliğini değiştirmedikleri sonucuna varmıştır. Mevcut çalışma sonuçları da depolama süresinin, meyve sularının antioksidan aktivitesini önemli ölçüde etkilemediğini, -20°C'lik sıcaklığın antioksidan aktivite üzerinde koruyucu bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Ancak sonuçlar, -25°C'de depolamanın narın toplam fenolik bileşenleri ve antioksidan aktivitesi üzerine etkisini araştıran Mirsaedghazi ve ark. (2015)'nin elde ettiği sonuç ile çelişmektedir. Bu araştırmacılar 20 günlük süreç içerisinde 5 gün aralıklarla DPPH metodu ile ölçtükleri antioksidan aktivite kapasitelerinde, toplam antosiyanin ve fenolik içerik konsantrasyonunda düşüş olduğu sonucuna varmıştır. Meyvelerin antioksidan aktivitesi üzerine dondurucuda depolamanın etkisine ilişkin farklı literatür çalışmalarında bildirilen sonuçlar karşılaştırıldığında, bu sonuçlar arasında, kullanılan antioksidan aktivite tayin metodundan bağımsız olarak tutarsızlıklar olduğu görülmektedir. Bu tutarsızlıklar meyve yaralanması veya dondurulan meyve suyunu çözme yöntemi gibi süreçlerden ve/veya ham materyalin kendisinden kaynaklanabilir (Cisneros-Zevallos, 2003; Reyes ve ark., 2007; Neri ve ark., 2020). Daha açık bir ifadeyle, yetiştirme yöntemi, olgunlaşma derecesi, hasat mevsimi ve hasat öncesi veya hasat sonrası soğuk stresleri, bitki dokularının bileşimini ve dolayısıyla mekanik dayanıklılığını, donma ve çözöldükten sonra polifenollerin salınımı ve oksidasyonu üzerinde etkileri olan süreçler ile indüklenen fiziksel streslere tepkilerini önemli ölçüde etkileyebilir. Bu değişkenler özellikle, fenolik bileşiklerin biyosentez yollarını değiştirerek toplam fenolik içeriği ve bileşimini, dolayısıyla antioksidan kapasiteyi ve ayrıca doğal kriyoprotektanlar olarak işlev gören proteinlerin ve şekerlerin içeriğini etkilemektedir (Neri ve ark., 2020).



Şekil 5. Nar suyunda ölçülen toplam antioksidan kapasite değerlerinde altı aylık depolama periyotunda meydana gelen değişimler. "a" kontrol grubu ölçümlerine (0 ay), "b" ise 3 ay depolama sonrası ölçümlerine göre istatistiksel olarak anlamlı değişimi işaret etmektedir ( $p < 0.05$ )

*Figure 5. The changes in the total antioxidant capacity values measured for pomegranate juice in the six-month storage period. "a" and "b" indicate a statistically significant change compared to control group measurements (0 months) and measurements after 3 months, respectively ( $p < 0.05$ )*

Literatürde, mevcut çalışmada kullanılan kasalarda veya benzer materyaller ile tasarlanan depolama araçlarında depolanan meyvelerin antioksidan kapasitesindeki değişimi inceleyen herhangi bir çalışma yoktur. Geleneksel depolama yöntemi ile depolanan nar (Şekil 5) ve portakal (Şekil 6) meyvelerinin sıkılmasıyla elde edilen meyve sularında toplam antioksidan kapasite değişimi incelendiğinde 3 aylık depolama sonunda örneklerin toplam antioksidan kapasitelerinde yeni sıkılan örneklerle karşılaştırıldığında nar ve portakal suyu için yalnızca %11 ve %5 oranında düşüş meydana gelmiştir. Dondurucuda depolanan örnekler için ise bu oran sırasıyla %8 ve %0'dır.



Şekil 6. Portakal suyunda ölçülen toplam antioksidan kapasite değerlerinde altı aylık depolama periyotunda meydana gelen değişimler. "a" kontrol grubu ölçümlerine (0 ay), "b" ise 3 ay depolama sonrası ölçümlerine göre istatistiksel olarak anlamlı değişimi işaret etmektedir ( $p < 0.05$ )

*Figure 6. The changes in the total antioxidant capacity values measured for orange juice in the six-month storage period. "a" and "b" indicate a statistically significant change compared to control group measurements (0 months) and measurements after 3 months, respectively ( $p < 0.05$ )*

Bu sonuçlar, meyve sularını 3 aylık süreç için dondurucuda depolama ile geleneksel olarak depolama arasında antioksidan kapasitelerindeki değişim açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir. Yani elde edilen veriler, hasat sonrası geleneksel depolama yönteminin meyveleri depolamada en az üç aylık süreç için güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Bu anlamda 3 aylık depolama için geleneksel depolama yöntemi dondurucuda depolama yöntemine göre çok daha çevre dostu bir yaklaşımdır. Geleneksel depolama yönteminde kullanılan ahşap kasalar, çam iğneleri ve pamuk tohumları kombinasyonu tamamen geri dönüştürülebilir malzemelerdir. Ayrıca enerji maliyetindeki artış göz önüne alındığında, 3 aylık depolama için geleneksel depolama yönteminin tercih edilmesi dondurucuda depolamaya göre çok daha ekonomiktir. Öte yandan, geleneksel depolama yöntemi ile depolanan örneklerde sonraki üç ay içerisinde sırasıyla nar ve portakal suyu için antioksidan aktivitelerinde %20 ve %33 oranında düşüş meydana gelmiştir. Bu sonuçlar 3 aydan daha uzun süreli depolama için dondurucuda depolamanın daha iyi bir alternatif olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, meyve ve sebzeler söz konusu olduğunda, ekilen ürünlerin %50'si kadarı hasat sonrası tüketiciye ulaşmaya kadar bozulmaktadır. Diğer bir deyişle, yetiştirilen tüm ürünlerin neredeyse yarısı tüketim aşamasına gelmeden kaybolmaktadır (Gustafsson ve ark., 2011). Bu nedenle ürünlerin depolama ömürlerini uzatmak amacıyla pek çok hasat sonrası depolama yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada Akdeniz bölgesindeki evlerde halen kullanılan, çam iğneleri ve pamuk tohumları kombinasyonundan oluşan geleneksel depolama yöntemi ile dondurucuda (-20°C'de) depolamanın nar ve portakal meyvelerinin toplam antioksidan kapasitelerini koruma yetenekleri karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonuçları her iki depolama yönteminin de 3 aylık süreç için toplam antioksidan kapasiteyi koruma yetenekleri açısından benzer olduklarını göstermiştir. Ayrıca sonuçlar 3 aydan daha fazla depolamanın yapıldığı durumda, dondurucuda depolanan meyve sularındaki toplam antioksidan kapasite değişiminin geleneksel yöntem ile depolamaya göre daha az olduğunu göstermiştir. Bu durumda 3 aylık depolama için geleneksel depolama yöntemini tercih etmek daha ekonomik olacaktır, ancak 3 aydan daha fazla depolamanın hedeflendiği durumlarda dondurucuda depolama tercih edilebilir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK 2242 Üniversite Öğrencileri Araştırma Proje Yarışmaları'nda bölge ikinciliği ödülüne layık görülmüştür. Yazarlar TÜBİTAK'a ve sağladığı laboratuvar olanakları için Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi'ne teşekkür eder.

## ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

## ETİK ONAY BEYANI

Bu makalede insan veya hayvan deneklerle herhangi bir çalışma bulunmaması nedeniyle etik onaya gerek duyulmamaktadır.

## KAYNAKLAR

- Anonim (2020). TÜİK Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul> (Erişim tarihi: 20 Şubat 2022).
- Artes, F., & Tomas-Barberan, F.A. (2000). Post-harvest technological treatments of pomegranate and preparation of derived products. *CIHEAM-Options Mediterraneennes*, 42, 199-204.



- Atlı, H.F., & Sahin, A. (2021). Hatay ili Dörttyol ilçesinde portakal üretimi ve pazarlaması. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8 (3), 834-846. <https://doi.org/10.30910/turkjans.817187>
- Blois, M.S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181 (4617), 1199-1200. <https://doi.org/10.1038/1811199a0>
- Buzby, J.C., Farah-Wells, H., & Hyman, J. (2014). The estimated amount, value, and calories of postharvest food losses at the retail and consumer levels in the United States. *USDA-ERS Economic Information Bulletin*, 121. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2501659>
- Çeler, A.G., Gündüz, K., & Serçe, S. (2019). Çilekte Lysophosphatidylethanolamine (LPE) uygulamalarının derim sonrası muhafazasında pomolojik ve fitokimyasal özellikler üzerindeki etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24 (3), 188-197.
- Cisneros-Zevallos, L. (2003). The use of controlled postharvest abiotic stresses as a tool for enhancing the nutraceutical content and adding-value of fresh fruits and vegetables. *Journal of Food Science*, 68 (5), 1560-1565. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb12291.x>
- Çil, O., Erdem, F., & Aday, M.S. (2020). Nar (*Punica granatum*): Sağlığa yararı, ekonomik değeri ve hasat sonrası muhafaza metotları. *Gıda/The Journal of Food*, 45 (5). <https://doi.org/10.15237/gida.GD20078>
- De Ancos, B., Ibanez, E., Reglero, G., & Cano, M.P. (2000). Frozen storage effects on anthocyanins and volatile compounds of raspberry fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (3), 873-879. <https://doi.org/10.1021/jf990747c>
- Elik, A., Yanik, D.K., Istanbulu, Y., Guzelsoy, N.A., Yavuz, A., & Gogus, F. (2019). Strategies to reduce post-harvest losses for fruits and vegetables. *Strategies*, 5 (3), 29-39. <https://doi.org/10.7176/JSTR/5-3-04>
- Ergun, M. (2012). *Pomegranate*. In: Siddiq M (ed) *Tropical and subtropical fruits: postharvest physiology, processing and packaging*. Wiley, New York. pp. 529-548.
- Erkan, M., & Pekmezci, M. (2000). The effects of different storage temperatures and postharvest treatments on storage and chilling injury of 'Washington Navel' oranges. In: M. Herregods (Ed.); *Acta Horticulture*, 518, 93-100. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.518.11>
- FAO (2019). FAOSTAT online database. <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (Erişim Tarihi: 01 Nisan 2022).
- FAO (2020). Citrus fruit fresh and processed-statistical bulletin 2020. <https://www.fao.org/3/cb6492en/cb6492en.pdf>
- Favela-Hernández, J.M.J., González-Santiago, O., Ramírez-Cabrera, M.A., Esquivel-Ferriño, P.C., & Camacho-Corona, M.D.R. (2016). Chemistry and pharmacology of *Citrus sinensis*. *Molecules*, 21 (2), 247. <https://doi.org/10.3390/molecules21020247>
- García-Alonso, M., de Pascual-Teresa, S., Santos-Buelga, C., & Rivas-Gonzalo, J.C. (2004). Evaluation of the antioxidant properties of fruits. *Food Chemistry*, 84 (1), 13-18. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00160-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00160-2)
- Gil, M.I., Tomás-Barberán, F.A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D.M., & Kader, A.A. (2000). Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (10), 4581-4589. <https://doi.org/10.1021/jf000404a>
- Gonzalez, E.M., de Ancos, B., & Cano, M.P. (2003). Relation between bioactive compounds and free radical-scavenging capacity in berry fruits during frozen storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83 (7), 722-726. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1359>
- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., Van Otterdijk, R., & Mey-beck, A. (2011). *Global food losses and food waste*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/i2697e/i2697e.pdf>

- Konuş, M., Yılmaz, C., Özdoğan, N., Çetin, D., Kızılkın, N.D., & Kayhan, A. (2019). Testing of reproducibility and consistency of commonly used five different antioxidant capacity methods on turnip juice. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7 (12), 2233-2238. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i12.2233-2238.3006>
- Kyriacou, M.C., & Roupael, Y. (2018). Towards a new definition of quality for fresh fruits and vegetables. *Scientia Horticulturae*, 234, 463-469. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.046>
- Lagha-Benamrouche, S., & Madani, K. (2013). Phenolic contents and antioxidant activity of orange varieties (*Citrus sinensis* L. and *Citrus aurantium* L.) cultivated in Algeria: Peels and leaves. *Industrial Crops and Products*, 50, 723-730. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.07.048>
- Liu, W., Zhang, M., & Bhandari, B. (2020). Nanotechnology-A shelf life extension strategy for fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60 (10), 1706-1721. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1589415>
- Lohachoopol, V., Srzednicki, G., & Craske, J. (2004). The change of total anthocyanins in blueberries and their antioxidant effect after drying and freezing. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 5, 248. <https://doi.org/10.1155/S1110724304406123>
- Mena, P., García-Viguera, C., Navarro-Rico, J., Moreno, D.A., Bartual, J., Saura, D., & Martí, N. (2011). Phytochemical characterisation for industrial use of pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Spain. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91 (10), 1893-1906. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4411>
- Mirsaeedghazi, H., Emam-Djomeh, Z., & Ahmadvani, R. (2014). Effect of frozen storage on the anthocyanins and phenolic components of pomegranate juice. *Journal of Food Science and Technology*, 51 (2), 382-386. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0504-z>
- Neri, L., Faieta, M., Di Mattia, C., Sacchetti, G., Mastrocola, D., & Pittia, P. (2020). Antioxidant activity in frozen plant foods: Effect of cryoprotectants, freezing process and frozen storage. *Foods*, 9 (12), 1886. <https://doi.org/10.3390/foods9121886>
- Özdemir, A.E., & Atabey, T. (2021). Hatay yöresinde yetiştirilen 'Hicaznar' ve 'Katırbaşı' nar çeşitlerinin soğukta ve modifiye atmosferde muhafazası. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26 (3), 617-634. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.943311>
- Pienaar, L., & Barends-Jones, V. (2021). The economic contribution of South Africa's pomegranate industry. *Agriprobe*, 18 (4), 57-64. <https://doi.org/10.10520/ejc-agriprob-v18-n4-a2>
- Polinati, R.M., Faller, A.L.K., & Fialho, E. (2010). The effect of freezing at -18 C and -70 C with and without ascorbic acid on the stability of antioxidant in extracts of apple and orange fruits. *International Journal of Food Science & Technology*, 45 (9), 1814-1820. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02333.x>
- Ramezani, A., & Erkan, M. (2017). *Pomegranates (Punica granatum L.)*. *Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health, 2nd Edition*, 1179-1194. <https://doi.org/10.1002/9781119158042.ch61>
- Reyes, L.F., Villarreal, J.E., & Cisneros-Zevallos, L. (2007). The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. *Food Chemistry*, 101 (3), 1254-1262. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.03.032>
- Sanofer, A.A. (2014). Role of citrus fruits in health. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 6 (2), 121.
- Selcuk, N., & Erkan, M. (2015). Changes in phenolic compounds and antioxidant activity of sour-sweet pomegranates cv. 'Hicaznar' during long-term storage under modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 109, 30-39. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.05.018>
- Sidhu, H.S., Díaz-Pérez, J.C., & MacLean, D. (2019). Controlled atmosphere storage for pomegranates (*Punica granatum* L.): Benefits over regular air storage. *HortScience*, 54 (6), 1061-1066. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13796-19>

- Sun-Waterhouse, D. (2011). The development of fruit-based functional foods targeting the health and wellness market: a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 46 (5), 899-920. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02499.x>
- Tan, S.C., & Considine, M. (2006). *Storage conditions for fresh fruit and vegetables*. Farmnote Department of Agriculture and Food, WA28/88, 145.