

Farklı Ön İşlemlerin Kurutulmuş Mandalına Dilimlerinin Kurutma Kinetiği ve Kalite Parametrelerine Etkisinin Belirlenmesi

Seda GÜNAYDIN^{1*}, Işıl KILIÇ²

¹ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ereğli Ziraat Fakültesi, Konya, Türkiye

² Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ereğli Ziraat Fakültesi, Konya, Türkiye

Makale Bilgisi

Geliş Tarihi: 09.04.2026
Kabul Tarihi: 08.06.2026
Yayın Tarihi: 30.06.2026

Anahtar Kelimeler:

Kurutma,
Ön İşlem,
Mandalina,
Görüntü İşleme,
Askorbik Asit.

ÖZET

Kurutma, tarımsal ürünlerin kalite özellikleri korunarak uzun süre muhafaza edilmesinde etkili bir yöntemdir. Bu çalışmada, mandalina dilimleri ön işlemsiz (kontrol) ve ön işlem uygulanmış (askorbik asit, gam arabik, sitrik asit) olarak gölgede kurutma yöntemi ile kurutulmuştur. En kısa kuruma süresi gam arabik ön işleminde 120 dakika olarak belirlenmiş, tüm örneklerde kurutmanın başlangıç aşamasında yüksek olan kuruma hızının nem içeriğinin azalmasıyla birlikte düştüğü gözlemlenmiştir. Renk analizlerinde, mandalina için oldukça önemli bir renk olan sarılık (*b*) değerinin taze ürüne en yakın değerinin gam arabik uygulamasında elde edildiği saptanmıştır. En yüksek pH değeri kontrol grubunda (3.60), en düşük pH ise askorbik asit (2.92) ve gam arabik (2.97) uygulamalarında belirlenmiştir. °Brix değeri en yüksek askorbik asit uygulamasında (0.9), en düşük ise sitrik asit uygulamasında (0.4) ölçülmüş olup, ön işlemlerin kalite parametreleri üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Rehidrasyon oranının en yüksek değeri gam arabik uygulamasında (3.96) elde edilmiştir. Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre en yüksek genel beğeni kontrol ve askorbik asit uygulamalarında elde edilirken, gam arabik uygulamasının kabul edilebilirlik açısından daha düşük bir performans gösterdiği belirlenmiştir. Bu bulgular, kurutulmuş mandalina üretiminde ön işlem seçiminin optimize edilmesi ve farklı kurutma teknikleri ile kombinasyonlarının değerlendirilmesine yönelik gelecekteki çalışmalara yol gösterici niteliktedir.

Determining the Effect of Different Pretreatments on the Drying Kinetics and Quality Parameters of Dried Mandarin Slices

Article Info

Received: 09.04.2026
Accepted: 08.06.2026
Published: 30.06.2026

Keywords:

Drying,
Pre-Treatment,
Mandarin,
Image Processing,
Ascorbic Acid.

ABSTRACT

Drying is an effective method for preserving the quality attributes of agricultural products over extended periods. In this study, mandarin slices were dried using the shade-drying method, either without pretreatment (control) or with pretreatments, including ascorbic acid, gum arabic, and citric acid. The shortest drying time was observed in the gum arabic-treated samples, lasting 120 minutes. In all samples, the drying rate was initially high but decreased as moisture content declined. Color analysis revealed that the yellowness (*b*) value, an important quality attribute for mandarins, was closest to that of fresh fruit in the gum arabic-treated samples. The highest pH value was recorded in the control group (3.60), while the lowest values were observed in the ascorbic acid (2.92) and gum arabic (2.97) treatments. The °Brix value was highest in the ascorbic acid-treated samples (0.9) and lowest in the citric acid-treated samples (0.4), indicating that the pretreatments significantly influenced the quality parameters. The highest rehydration ratio was obtained in the gum arabic-treated samples (3.96). According to the results of the sensory evaluation, the highest overall liking was observed in the control and ascorbic acid treatments, while the gum arabic treatment was found to perform less favorably in terms of acceptability. These findings give insight into optimizing pretreatment selection in dried mandarin production and can guide future studies evaluating different drying techniques and their combinations.

Bu makaleye atıfta bulunmak için:

Günaydın, S., A., & Kılıç, I. (2026). Farklı ön işlemlerin kurutulmuş mandalina dilimlerinin kurutma kinetiği ve kalite parametrelerine etkisinin belirlenmesi. *Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(1), 18-28.

*Sorumlu Yazar: Seda Günaydın, seda.gunaydin@erbakan.edu.tr



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

GİRİŞ

Mandalina (*Citrus reticulata*), ılıman iklim koşullarında yetiştirilen ve turuncgiller familyasına ait bir meyve türüdür. Dünya genelinde yaygın olarak tüketilen mandalina, C ve B9 vitaminler, mineralleri, pektin başta olmak üzere diyet lifleri ile flavonoidler ve karotenoidler gibi biyoaktif fitokimyasal içerik açısından zengindir (Rampersaud ve ark. 2017). Mandalina, zengin biyoaktivite çeşitliliği ile kardiyovasküler hastalıklar, bazı kanser türleri ve metabolik bozukluklar gibi çeşitli kronik hastalıkların önlenmesine katkı sağlamaktadır. Taze meyveler yüksek nem içeriğine sahip olup, yoğun nem ürünlerin uzun süre taze olarak muhafaza edilmesini zorlaştırmaktadır. Kurutma işlemi, ürünlerin raf ömrünü artırmak amacıyla kullanılan temel yöntemlerden biri olup, bu işlem sırasında ürün içindeki nem içeriği kontrollü bir şekilde azaltılmaktadır (Kaplan ve ark., 2020). Günümüzde ürünlerin kurutulması için çeşitli yöntemler kullanılmakta olup, bunlar arasında en yaygın uygulama açıkta güneşte ve gölge kurutma yöntemleridir. Gölgede kurutma yöntemi, doğrudan güneş ışığına maruz kalmadan, iyi havalandırılan, serin ve kuru ortamlarda gerçekleştirilen doğal bir kurutma yöntemidir. Bu yöntem genellikle kapalı fakat hava sirkülasyonunun sağlandığı alanlarda ya da üzeri örtülü açık mekânlarda uygulanmakta olup, özellikle baharatlar ile aromatik ve tıbbi bitkilerin kurutulmasında tercih edilmektedir (Nurhaslina ve ark., 2022; Xylia ve ark., 2024; Çetin, 2019). Gölgede kurutmanın en önemli avantajı, doğrudan güneş ışığının neden olabileceği renk ve aroma kayıplarını önlenmesi ve ısıya duyarlı biyoaktif bileşiklerin parçalanmasını büyük ölçüde azaltmasıdır. Ayrıca bu yöntemde ek bir enerji kaynağına ihtiyaç duyulmaması, hem ekonomik hem de çevre dostu bir seçenek haline getirmektedir. Bununla birlikte, gölgede kurutmanın en önemli dezavantajı kuruma süresinin uzun olmasıdır. Kurutma süresinin uzaması, özellikle nem oranı yüksek ortamlarda mikroorganizma gelişimi ve buna bağlı olarak aflatoksin oluşumu riskini artırabilmektedir. Bu durum, ürünlerin besin değerinde ve genel kalitesinde kayıplara yol açabilmektedir. Bu nedenle gölgede kurutma yöntemi, uygun çevre koşullarının sağlanması ve dikkatli bir kontrol süreci gerektiren bir uygulama olarak değerlendirilmektedir (Günaydın ve ark., 2022).

Kurutma öncesinde uygulanan ön işlemler, kurutulmuş ürünün kalitesini daha iyi korumaya ve enerji gereksinimini azaltmaya katkı sağlayan bir alternatif sunmaktadır. Gam arabik, yüzeyde ince bir film tabakası oluşturarak hücre yapısının fiziksel bütünlüğünü korumakta, oksidatif reaksiyonları azaltmakta ve kurutma sırasında meydana gelebilecek doku bütünlüğünü bozmaktadır (Ali ve ark., 2010). Sitrik asit ve askorbik asit gibi organik asitler ise antioksidan özellikleri sayesinde enzimatik esmerleşmeyi, renk ve vitamin kayıplarını azaltmakta ve özellikle C vitamini gibi ısıya duyarlı bileşenlerin korunmasına katkı sağlamaktadır (Morad ve ark., 2017). Sükroz ön işlemi, ozmotik etki oluşturarak hücre içindeki suyun kısmen uzaklaştırılmasını sağlamakta, bu sayede kuruma süresini kısaltarak ürünün yapısal bütünlüğünü korumaktadır. Aynı zamanda tat ve doku özellikleri üzerinde olumlu etkiler gösterdiği bilinmektedir. (Günaydın ve ark., 2022). Bu ön işlemlerin kombine edilerek veya ayrı ayrı uygulanması, kurutma işleminin etkinliğini artırarak enerji tasarrufu sağlamak ve ürünün kalitesinin korunmasına yardımcı olmaktadır.

Görüntü işleme, görsellerin sayısal veri formatına dönüştürülerek incelenmesini ifade etmektedir. Bu yöntem, tıp, savunma sanayi, biyomedikal araştırmalar, otomotiv sistemleri, güvenlik uygulamaları, jeoloji, tarım ve verim haritalama gibi çok çeşitli alanlarda uygulanmaktadır (Sabancı ve ark., 2012; Solak ve Altınışık, 2018). Tarımsal ürünlerin kalitesini belirleyen başlıca faktörler renk, koku, tat, şekil ve boyut gibi özelliklerdir ve bu parametreler tüketici tercihleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kalite kriterlerinin doğru şekilde analiz edilmesi, ürünlerin depolanması, taşınması ve sınıflandırılması açısından kritik öneme sahiptir. Kurutulmuş ürünlerde ise boyut, şekil, renk, rehidrasyon kapasitesi ve kalınlık gibi özellikler, kalite değerlendirmesinde kullanılan temel göstergeler arasında yer almaktadır. Günümüzde, kurutma işlemlerinin incelenmesinde ve kurutulmuş ürünlerde mikrobiyal gelişim, fiziksel-mekanik özellikler ile renk değişimlerinin belirlenmesinde görüntü işleme teknikleri giderek

daha yaygın bir şekilde tercih edilmektedir (Taşova ve Güzel, 2020; Gunes ve ark., 2022; Saraçoğlu ve ark., 2023). Bu çalışmanın amacı, mandalina dilimlerinin sükröz, askorbik asit, gam arabik ve sitrik asit ön işlemleri uygulanmış ve ön işlemsiz (kontrol) gruplar halinde gölgede kurutulması, kurutulmuş örneklerde renk, rehidrasyon, pH, °Brix ve analizlerinin yapılması, kurutulmuş mandalina dilimlerinin renk özelliklerinin görüntü işleme tekniği ile belirlenmesi ve elde edilen verilerin istatistiksel olarak analiz edilmesidir. Gölgede kurutma yöntemi, diğer kurutma sistemlerine kıyasla ek enerji gerektirmemesi ve düşük ilk yatırım maliyeti nedeniyle tercih edilmiştir. Özellikle küçük ölçekli üreticiler açısından ekonomik uygulanabilirliği önemli bir avantaj sağlamaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Konya ili Ereğli ilçesinde yerel bir marketten temin edilen mandalinalar (*Citrus reticulata*) tazeliğini koruması amacıyla $+4 \pm 0.5^\circ\text{C}$ sıcaklıkta buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Yöntem

Kurutma Yöntemi

Mandalinalar önce yıkanıp temizlendikten sonra kabukları soyularak dilimlenmiş ve iç segment zarları çıkarılmamıştır. Örnekler $25 \pm 1^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%55 \pm 5$ bağıl nem koşullarında güneş görmeyen (gölgede) bir ortamda, ön işlemsiz (kontrol grubu) ve dört farklı ön işlem uygulanarak kurutulmuştur. Her bir uygulama için yaklaşık 100 ± 0.05 g örnek tartılmıştır.

Ön İşlem Yöntemi

Ön işlemler, örneklerin $\%5$ 'lik sitrik asit, $\%5$ 'lik askorbik asit ve $\%5$ 'lik gam arabik çözeltilerinde 10 dakika bekletilmesiyle gerçekleştirilmiştir.

Rehidrasyon Kapasitesinin Belirlenmesi

Rehidrasyon kapasitesinin belirlenmesinde yaklaşık 1-2 gr kurutulmuş mandalina örneği saf su içerisinde 24 saat süre ile bekletilmiştir. Rehidrasyon oranı aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır;

$$RR = \frac{M_2}{M_1}$$

Burada; m_1 kurutma öncesi örnek kütlesi, m_2 kurutma sonrası örnek kütlesidir.

pH ve Brix (%) İçeriğinin Belirlenmesi

Taze ve kurutulmuş mandalina örneklerinin pH değerleri, önce pH metre 7.01'lik kalibrasyon çözeltileri ile kalibre edilerek belirlenmiştir. Taze mandalinalar saf suda bekletildikten sonra pH metre probu sıvıya daldırılmış ve sabitlenen değer kaydedilmiştir. Kurutulmuş örnekler ise saf suda 12 saat bekletildikten sonra aynı şekilde ölçülmüştür. °Brix değerleri (suda çözünebilir kuru madde miktarı), saf suda bekletilen mandalina örneklerinden alınan bir damla numunenin dijital refraktometre ile ölçülmesiyle elde edilmiştir.

Ayrılabilir Nem Oranı (ANO)

Ayrılabilir nem oranı herhangi bir t zamanında üründen uzaklaşabilen nem miktarının ilk nem içeriğine oranıdır. Ayrılabilir nem oranı aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Soysal, 2004);

$$ANO = \frac{M}{M_o}$$

Burada; ANO : Ayrılabilir nem oranı (birimsiz), M : herhangi bir zamandaki nem içeriği ($\text{kg}_{\text{su}}\text{kg}_{\text{KM}}^{-1}$), M_o : ürünün ilk nem içeriği ($\text{kg}_{\text{su}}\text{kg}_{\text{KM}}^{-1}$)

Kurutma Hızının Hesaplanması

Nem içeriğine bağlı kuruma hızı aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Doymaz ve ark., 2006);

$$DR = \frac{M_{t+dt} - M_t}{d_t}$$

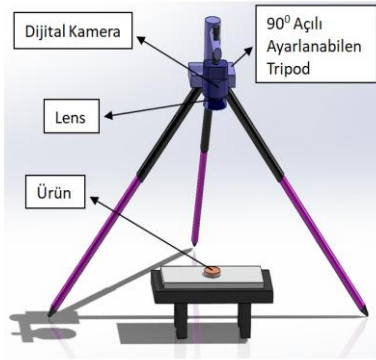
Burada; DR : kuruma hızı ($\text{kg}_{\text{su}} \text{kg}_{\text{KM}}^{-1} \text{ dk}^{-1}$), M_{t+dt} : $t+dt$ zamandaki nem içeriği ($\text{kg}_{\text{su}} \text{kg}_{\text{KM}}^{-1}$), M_t : t anındaki nem içeriği ($\text{kg}_{\text{su}} \text{kg}_{\text{KM}}^{-1}$), d_t : kurutma periyodunda nem içeriğinin hesaplandığı zamandır (dk).

Görüntü İşleme Tekniği

Kurutulmuş mandalina örneklerinin renk özellikleri ($*L$, $*a$, $*b$) görüntü işleme tekniği ile belirlenmiştir. Görüntülerin elde edildiği sistem dijital CCD (Charge-Coupled Device) kamera (Nikon D5600, Japonya), odak aralığı 18-140 mm olan lens (Nikon AF-S Nikkor, Japonya), 90° açığa ayarlanabilen bir adet tripod (Slik Able 300HC Pro, Japonya), LED aydınlatmalı fotoğraf çekme çadırından oluşmaktadır. Mandalina örnekleri fotoğraf çekme çadırının içerisindeki beyaz fiberglas plaka üzerine dilimler halinde yerleştirilmiştir. Plaka üzerine yerleştirilen ürünlerin görüntüleri 50 cm yükseklikte dikey konumdan alınmıştır (Çetin, 2021). Fotoğrafi çekme düzeneğinin şematik gösterimi Şekil 1'de verilmiştir.

Şekil 1

Fotoğraf çekme düzeneği



Duyusal Analiz

Duyusal analizler, 18-25 yaş grubuna sahip ziraat mühendisliği eğitimi alan 20 panelist tarafından değerlendirilmiştir. Mandalina örnekleri; renk, görünüş, koku, tat, doku, sertlik, ekşilik, yapışkanlık, pürüzlülük ve genel beğeni kriterleri açısından değerlendirilmiştir. Analiz öncesinde panelistlere duyu analizi yöntemi hakkında bilgilendirme yapılmış ve her bir kriter için 1 ve 9 arasında (1: çok kötü, 9: mükemmel) oylamaları istenmiştir. Değerlendirme sürecinde kullanılmak üzere, tanımlayıcı ifadeleri içeren standart bir duyu analizi formu hazırlanmıştır. Elde edilen duyu analizi değerlendirmelerinin karşılaştırılmasında ise Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır (Orhan ve ark., 2004).

Veri Analizi

Çalışma tesadüfi deneme deseni tekniğine göre kurulmuş ve renk ölçümleri dışındaki tüm denemeler 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Renk ölçümleri ise 20 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Verilerin ortalamaları ve standart hata değerleri SPSS 14.0 istatistik programı kullanılarak belirlenmiştir.

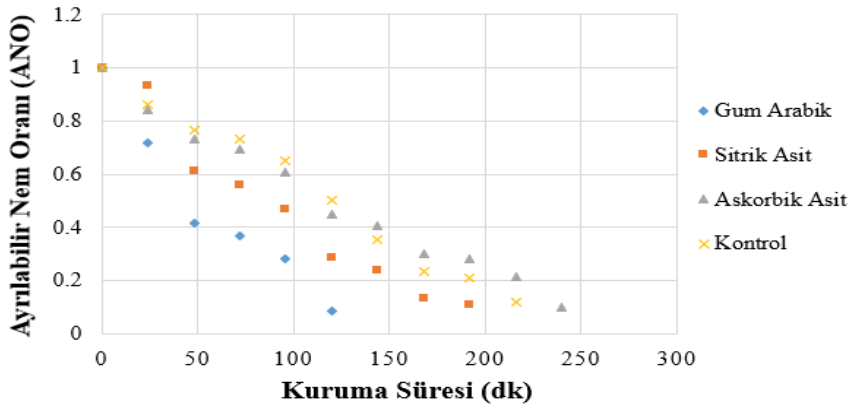
BULGULAR

Kurutma Kinetiği

Başlangıç nem içeriği 73.09 ± 0.05 (y.b.) olarak belirlenen mandalina dilimleri son nem içeriği 14.25 ± 0.05 (y.b.) olana kadar askorbik asit, sitrik asit, gam arabik ön işlemlili ve ön işlemsiz (kontrol) olmak üzere gölgede kurutma yöntemi ile kurutulmuştur. Mandalina meyvesinin kuruma karakteristiklerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen deneysel çalışmada, farklı ön işlemlere (gam arabik, sitrik asit, askorbik asit ve kontrol) tabi tutulan örneklerin zamana bağlı Ayrılabilir Nem Oranı (ANO) değişimleri incelenmiştir. En kısa kuruma süresine sahip olan gam arabik ön işlemlili gölgede kurutma yönteminde kurutma işleminin yarısına karşılık gelen ilk 60 dakikadaki ayrılabilir nem oranının yaklaşık %36 olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, ilk 60 dakikadaki ayrılabilir nemin sitrik asit ön işlemlili, kontrol ve askorbik asit ön işlemlili kurutma teknikleri için yaklaşık olarak sırasıyla; %24, %20 ve %21 olarak belirlenmiştir. Bu durum kurutmanın ilk aşamasında en hızlı nem kaybının gam arabik grubunda gerçekleştiğini göstermektedir. Mandalina dilimlerinin gölgede kurutulmasında kuruma hızının örneklerin yüksek neme sahip olduğu başlangıç aşamasında pik yaptığı, zamanla ürünler nem kaybettikçe kuruma hızının da azaldığı kaydedilmiştir. Zaman ilerledikçe gam arabik uygulamasının diğer gruplara kıyasla daha hızlı kuruma sağladığı açıkça görülmektedir. Mandalina meyvesinin zamana bağlı ayrılabilir nem oranı Şekil 2’ de verilmiştir.

Şekil 2

Zamana bağlı ayrılabilir nem oranı

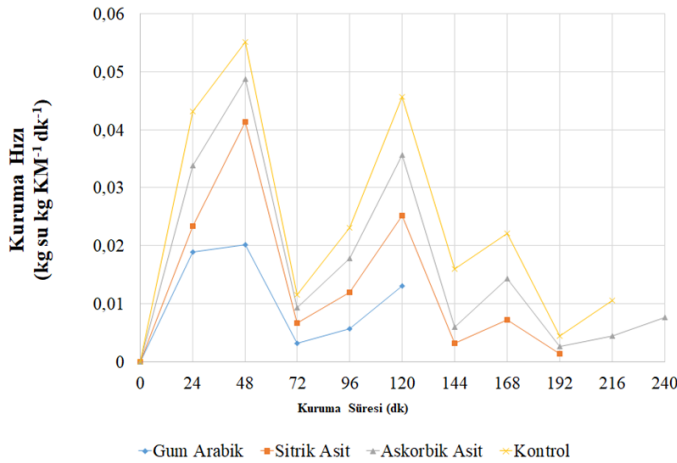


Gölgede kurutma yöntemi ile kurutulmuş mandalina dilimlerinin kuruma hızı grafiği Şekil 3’te verilmiştir. Bulgularımıza göre, ortalama kuruma hızları gam arabik ön işlemlili gölgede kurutma için 0.0122 ($\text{kg}_{\text{su}} \text{kg}_{\text{KM}}^{-1} \text{dk}^{-1}$), sitrik asit ön işlem uygulamasında 0.0074 ($\text{kg}_{\text{su}} \text{kg}_{\text{KM}}^{-1} \text{dk}^{-1}$), askorbik asit ön işlemlili kurutma tekniğinde 0.0060 , ve ön işlemsiz (kontrol) grubunda 0.0065 ($\text{kg}_{\text{su}} \text{kg}_{\text{KM}}^{-1} \text{dk}^{-1}$) olarak belirlenmiştir. Askorbik asit haricinde uygulanan ön işlem uygulamalarının kuruma hızını önemli ölçüde artırdığı tespit edilmiştir. Çarpıcı şekilde mandalina dilimlerinin kurutulmasında askorbik asit ön işlemi kuruma süresini artırdığı saptanmıştır (Orak ve ark., 2012) Tüm kurutma koşullarında kuruma sürecinin

büyük bir kısmında sabit hızda kuruma evresi görülmüştür. Azalan hızda kuruma evresi kurutma işleminin son dakikalarında kaydedilmiştir. Tüm koşullarda kurutma işleminin ilk aşamalarında kurutulan örneklerin nem içeriği yüksek olduğundan dolayı bu evrede örneklerin nem kaybetmesi daha hızlı gerçekleşmiş olup, kuruma hızları artmıştır. Nem kaybı başladığında, ürün dokusundaki kalan suyun uzaklaştırılması giderek güçleşmiş ve kuruma hızı belirgin biçimde düşmüştür. Sonuç olarak, mandalananın kurutulmasında en hızlı nem kaybı gam arabik ön işlemi ile sağlanmış, bunu sitrik asit ve kontrol grupları izlemiştir. Askorbik asit uygulaması ise kuruma süresini uzatan işlem olarak belirlenmiştir. Bu bulgular, kurutma süresi ve enerji verimliliği açısından gam arabik uygulamasının daha avantajlı bir alternatif olabileceğini ortaya koymaktadır. Ayrıca bulgularımız, kurutma performansı ve proses verimliliği açısından ön işlem seçiminin oldukça önemli bir parametre olduğunu göstermektedir. Bulgularımız literatürde bazı çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Polatoğlu ve ark. (2017), kızılcık meyvesinin kurutulmasında kurutma işleminin ilk aşamasında yüksek nem içeriğinden ötürü kuruma hızının yüksek olduğunu, örnekler nemini kaybetmeye başladığında kuruma hızının azaldığını raporlamışlardır. Krokida Maroulis (2000), gıdaların kurutulmasında başlangıç evresinde yüzeyde bulunan serbest su sebebiyle kuruma hızının yüksek olduğunu, ancak kurutmanın ilerleyen aşamalarında iç difüzyon direncinin artmasıyla kuruma hızının azaldığını bildirmiştir.

Şekil 3

Mandalina meyvesinin zamana bağlı kuruma hızı



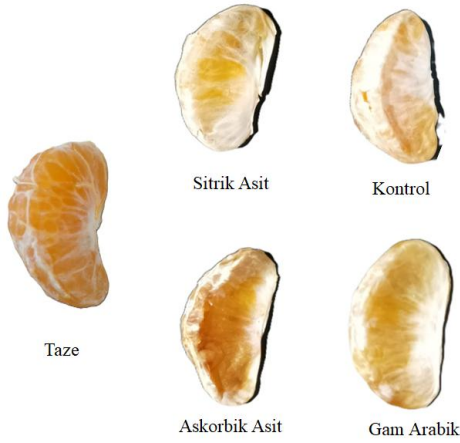
Renk Parametreleri

Ön işlemsiz ve ön işlemler uygulandıktan sonra kurutulmuş mandalina dilimlerinin renk parametreleri (L^* , a^* , b^* , $*C$ ve ΔE) Tablo 1'de verilmiştir. Taze örneğe ait L^* değeri 15.48 iken, gölgede kurutma sonrası tüm örneklerde parlaklık değerinin arttığı belirlenmiştir. En yüksek L^* değeri ile gam arabik uygulamasında (79.16) ölçülmüş, bunu sırasıyla sitrik asit (76.56), askorbik asit (76.29) ve kontrol grubu (74.32) izlemiştir. Bu sonuçlar, gölgede kurutma işleminin mandalina dilimlerinde genel olarak parlaklık artışına neden olduğunu göstermektedir. Gam arabik ön işlemler grubu haricinde tüm kurutma koşullarında kırmızılık/yeşillik (a^*) değerinin taze ürüne kıyasla arttığı tespit edilmiştir. En düşük a^* değeri gam arabik uygulamasında (0.35) belirlenmiştir. Gam arabik ön işlem grubunda belirlenen Sarılık/mavilik (b^*) değerinin taze ürünle örtüştüğü tespit edilmiştir. Buna karşın, en düşük sarılık değeri kontrol grubunda (17.88) tespit edilmiştir. Bu durum, bazı uygulamaların sarı renk tonunu koruduğunu, bazılarının ise azalttığını göstermektedir. Rengin açık ya da pastel tonlarını ifade eden kroma (C) değeri sırasıyla taze (24.71) ve gam arabik (24.08) ön işlemlerli kurutma koşulunda belirlenmiştir. Bunu sırasıyla; askorbik asit (21.00) ve sitrik asit (20.96) uygulamaları takip etmiştir. Buna karşın en düşük kroma değeri kontrol grubunda (18.20) elde edilmiştir. Elde edilen bulgular,

kurutma koşullarının renk özellikleri üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Toplam renk değişimi (ΔE) açısından taze örnek dikkate alındığından toplam renk değişimi 0.00 olarak kabul edilmiştir. Kurutulmuş örnekler arasında en yüksek ΔE değeri askorbik asit uygulamasında (57.77) tespit edilmiş olup, bu uygulamanın en fazla renk değişimine neden olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla gam arabik (36.09), sitrik asit (33.08) ve kontrol (30.30) grubu izlemiştir. Elde edilen bulgulara göre gölgede kurutma işlemi mandalina dilimlerinde belirgin renk değişimlerine yol açmış, özellikle askorbik asit uygulaması toplam renk değişimini artırmıştır. Kahverengileşme indeksi (BI) değerleri değerlendirildiğinde, uygulamalar arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). En yüksek BI değeri taze örnekte (45.08) saptanırken, kurutulmuş örnekler arasında en yüksek değer gam arabik uygulamasında (35.65) belirlenmiştir. Buna karşılık en düşük BI değeri kontrol grubunda (30.46) elde edilmiştir. Sitrik asit (32.59) ve askorbik asit (33.23) uygulamalarının ise orta düzeyde BI değerleri gösterdiği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, gam arabik uygulamasının diğer uygulamalara kıyasla daha belirgin bir kahverengileşme eğilimine yol açtığını göstermektedir. Literatürde yüksek sıcaklık ve oksijen varlığının, ürünlerde BI değerinin artmasına neden olduğu belirtilmiştir (Feng ve ark., 2023). Bununla birlikte gam arabik, ürün tipine ve proses koşullarına bağlı olarak renk indeksleri üzerinde farklı etkilere yol açmaktadır (Tihamiyu ve ark., 2023). Abd El-Wahhab ve ark. (2023) muz dilimlerinin kurutulmasında sitrik asit ve askorbik asit uygulamalarının kahverengileşmeyi sınırlandırarak daha düşük BI değerleri sağladığı bildirilmiştir. Morodi ve ark. (2022) gam arabik ön işlemi uygulandıktan sonra kurutulan ahududu örneklerinde renk parametrelerinin önemli düzeyde değiştiğini ve kaplama konsantrasyonuna bağlı olarak meyve renginin koyulaştığını raporlamışlardır.

Şekil 4

Gölgede kurutulmuş mandalina dilimleri



Tablo 1

Gölgede Kurutulmuş Mandalina Dilimlerinin Renk Parametreleri

Kurutma Yöntemi	L	a	b	C	ΔE	BI
Gam arabik	79.16±0.5 ^a	0.35±0.2 ^c	24.06±0.6 ^a	24.08±0.6 ^a	36.09±0.3 ^b	35.65±0.2 ^b
Kontrol	74.32±0.5 ^c	3.24±0.2 ^a	17.88±0.3 ^c	18.20±0.6 ^d	30.30±0.5 ^d	30.46±0.5 ^e
Sitrik asit	76.56±0.5 ^b	1.54±0.2 ^c	20.87±0.6 ^b	20.96±0.6 ^c	33.08±0.4 ^c	32.59±0.3 ^d
Askorbik asit	76.29±0.5 ^b	2.32±0.2 ^b	20.73±0.5 ^b	21.00±0.5 ^b	57.77±0.5 ^a	33.23±0.4 ^c
Taze	65.48±0.6 ^d	0.40±0.3 ^d	24.15±0.7 ^a	24.71±0.7 ^a	0.00±0.6 ^e	45.08±0.6 ^a

*Gruplar arası farklılıklar $p < 0.01$ düzeyinde önemlidir.

Rehidrasyon Oranı

Farklı ön işlemlerle kurutulan mandalina örneklerinin rehidrasyon değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada en yüksek rehidrasyon oranının gam arabik ön işlemlili grupta (3.96) elde edildiği, bunu sırasıyla sitrik asit ön işlemlili grup (2.25), kontrol grubu (2.17) ve askorbik asit ön işlemlili grubun (2.12) izlediği belirlenmiştir. Gam arabik ön işlemlinin kurutma sırasında hücre yapısının korunmasına katkı sağladığı düşünülmektedir. Bununla birlikte, gruplar arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı bulunmaması, uygulanan ön işlemlerin gölgede kurutma koşullarında rehidrasyon özelliği üzerinde belirleyici bir etkisinin olmadığını göstermektedir.

Tablo 2

Gölgede Kurutulmuş Mandalina Dilimlerinin Rehidrasyon Oranı

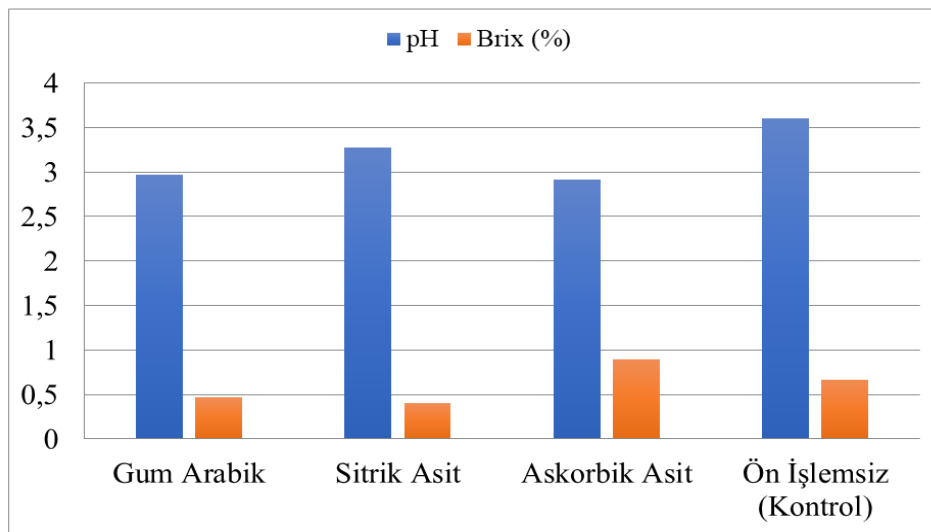
Kurutma Yöntemi	Rehidrasyon Kapasitesi
Gam arabik	3.96±0.74
Ön işlemsiz (kontrol)	2.17±0.74
Sitrik asit	2.25±0.74
Askorbik asit	2.12±0.82

pH ve Brix

Çalışmada gölgede kurutulan mandalina örneklerine ait pH ve suda çözünen kuru madde (°Brix, %) değerleri Şekil 5'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, gölgede kurutma uygulamalarında en yüksek pH değeri 3.60 ile kontrol örneğinde belirlenmiştir. Bunu 3.28 ile sitrik asit uygulaması izlemiştir. En düşük pH değerleri ise 2.97 ile gam arabik ve 2.92 ile askorbik asit uygulanan örneklerde tespit edilmiştir. Suda çözünen kuru madde miktarı (°Brix) açısından değerlendirildiğinde, en yüksek değer 0.9 ile askorbik asit uygulamasında ölçülmüştür. Kontrol örneğinde °Brix değeri 0.66 olarak belirlenirken, gam arabik uygulamasında 0.46 ve sitrik asit uygulamasında 0.40 olarak saptanmıştır. Bulgular, gölgede kurutma koşullarında uygulanan ön işlemlerin hem pH hem de °Brix değerleri üzerinde farklı düzeylerde etkili olduğunu göstermektedir.

Şekil 5

Gölgede kurutulmuş mandalina dilimlerinin pH ve Brix (%) değerleri

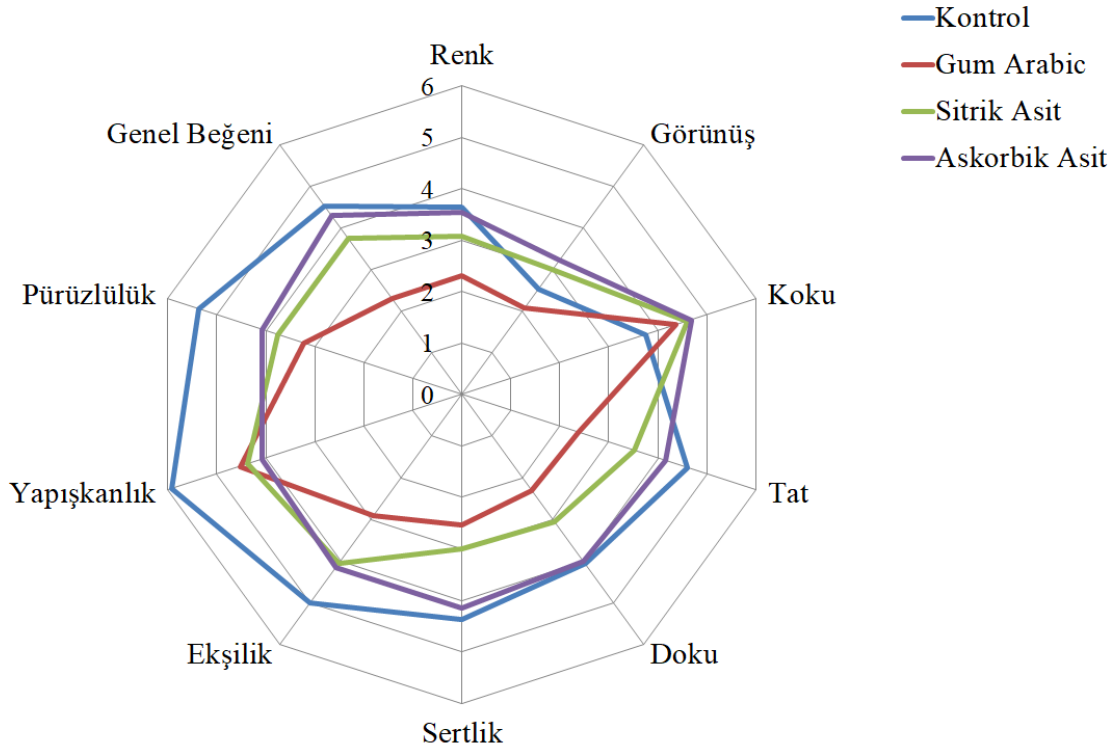


Duyusal Analiz

Gölgede kurutulmuş mandalina dilimlerinin duyusal analiz sonuçları Şekil 6’da verilmiştir. Değerlendirmeler renk, görünüş, koku, tat, doku, sertlik, ekşilik, yapışkanlık, pürüzlülük ve genel beğeni kriterleri dikkate alınarak yapılmıştır.

Şekil 6

Duyusal analiz sonuçları



Renk ve görünüş açısından incelendiğinde, ön işlemsiz olarak kurutulmuş mandalina dilimlerinin panelistler tarafından daha olumlu değerlendirildiği görülmektedir. Gam arabik uygulanan örneklerde ise bu özellikler bakımından daha düşük beğeni düzeyleri tespit edilmiştir. Bu durum, kaplama materyalinin ürünün doğal rengini ve parlaklığını kısmen maskeleyerek ilişkilendirilebilir. Koku özellikleri bakımından askorbik asit ve sitrik asit uygulanan örneklerin öne çıktığı belirlenmiştir. Ön işlem uygulamalarının, kurutma sürecinde aroma bileşenlerinin korunmasına katkı sağladığı ve oksidatif kayıpları azalttığı düşünülmektedir. Ön işlemsiz örneklerin yoğun koku özellikleri ise asit uygulanan örneklerle kıyasla daha düşük bulunmuştur. Tat değerlendirmelerinde, ön işlemsiz kurutulmuş mandalina dilimlerinin panelistler tarafından daha çok beğenildiği görülmektedir. Gam arabik uygulaması tat algısını olumsuz yönde etkilemiş, askorbik asit uygulanan örnekler ise sitrik asit uygulamasına göre daha dengeli ve kabul edilebilir bir tat profili sergilemiştir. Doku ve sertlik özellikleri incelendiğinde, ön işlemsiz örneklerin daha belirgin ve karakteristik bir yapı sunduğu, gam arabik uygulanan örneklerin ise daha yumuşak bir yüzey dokusuna sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, gam arabik kaplamasının ürün yüzeyinde bariyer etkisi oluşturarak yapısal özellikleri değiştirmesinden kaynaklanabilir. Ekşilik algısının, özellikle ön işlemsiz ve organik asit uygulanan örneklerde daha belirgin olduğu görülmektedir. Asit içeren ön işlemlerin, mandalınanın doğal asiditesini artırarak ekşiliği artırdığı gözlemlenmiştir. Yapışkanlık ve pürüzlülük özellikleri açısından değerlendirildiğinde, ön işlemsiz örneklerin daha yüksek değerlere sahip olduğu, gam arabik uygulamasının ise yüzey düzgünlüğünü artırarak bu özellikleri azalttığı belirlenmiştir.

Genel beğeni sonuçları incelendiğinde, panelistler tarafından en fazla tercih edilen örneklerin sırasıyla; ön işlemsiz kontrol grubu ve askorbik asit uygulanmış mandalina dilimleri olduğu görülmektedir. Genel kabul edilebilirlik açısından ise en düşük değerlerin gam arabik ön işlemlerinde elde edildiği kaydedilmiştir. Ayrıca, gölgede kurutulan mandalina dilimlerinde uygulanan ön işlemlerin duyu kalite üzerinde önemli farklılıklara yol açtığı belirlenmiştir. Özellikle askorbik asit uygulamasının, renk, koku ve genel beğeni açısından olumlu etkiler sağladığı, gam arabik uygulamasının ise duyu kabul edilebilirliği olumsuz yönde etkilediği sonucuna varılmıştır. Bu bulgular, kurutulmuş mandalina üretiminde uygun ön işlem seçiminin ürün kalitesi açısından büyük önem taşıdığını ortaya koymaktadır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, mandalina dilimlerinin kurutulmasında ön işlem uygulamalarının kurutma kinetiği ve ürün kalitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, ön işlemlerin kurutma kinetiği ve nihai kalite parametreleri üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir. Özellikle gam arabik uygulaması, en yüksek kuruma hızını sağlayarak kurutma süresini kısaltmış ve renk açısından taze ürüne en yakın sonuçları vermiştir. Askorbik asit ön işlemi ise kuruma süresini uzatmıştır. Kuruma hızı tüm koşullarda başlangıçta yüksek olup, nem kaybıyla azalmıştır. Ön işlemler renk, rehidrasyon, pH ve °Brix gibi kalite özelliklerini farklı düzeylerde etkilemiştir. Duyusal değerlendirmelerde en yüksek genel beğeni ön işlemsiz ve askorbik asitli örneklerde gözlenmiş, gam arabik uygulanan örneklerin duyu kabul edilebilirliği sınırlı kalmıştır. Sonuç olarak, kurutma öncesi uygulanacak ön işlem yönteminin belirlenmesi, hedeflenen kalite parametrelerine ulaşılmasında temel bir etkidir. Herhangi bir ön işlem görmemiş kontrol örnekleri ile kıyaslandığında, gölgede kurutma düşük maliyetli bir teknik olmasının yanı sıra kabul edilebilir bir kalite profili sunmuştur. Elde edilen bulgular, farklı kurutma teknikleri ile ön işlem kombinasyonlarının etkinliğinin sistematik olarak analiz edilmesi ve kurutulmuş ürün standartlarının optimize edilmesine yönelik gelecekteki araştırmalara temel oluşturmaktadır.

REFERANSLAR

- Abd El-Wahhab, G. G., Sayed, H. A., Abdelhamid, M. A., Zaghlool, A., Nasr, A., Nagib, A., ... & Taha, I. M. (2023). Effect of pre-treatments on the qualities of banana dried by two different drying methods. *Sustainability*, 15(20), 15112.
- Ali, A., Maqbool, M., Ramachandran, S., & Alderson, P. G. (2010). Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest biology and technology*, 58(1), 42-47.
- Çetin, N. (2019). Kurutma koşullarının elma ve portakalda renk özelliklerine etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 17, 463-470.
- Çetin, N. (2021). *Elma çeşitlerinin kurutulmasında farklı kurutma yöntemlerinin etkisinin belirlenmesi ve yapay zekâ algoritmalarıyla karşılaştırılması* (Doktora tezi). Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- Doymaz, İ., Tuğrul, N., & Pala, M. (2006). Drying characteristics of dill and parsley leaves. *Journal of Food Engineering*, 77, 559-565.
- Feng L, Yang Y, Xie Y, Liu S, Peng X, Hu S and Yu A (2023) Kinetics of L-ascorbic acid degradation and non-enzymatic browning development in hot-compressed water. *Front. Nutr.* 9:1022254.
- Gunes, R., Palabiyik, I., Konar, N., & Toker, O. S. (2022). Soft confectionery products: Quality parameters, interactions with processing and ingredients. *Food Chemistry*, 132735.
- Günaydın, S. (2020). *Mikrodalga, konvektif ve gölgede kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulmuş*

kuşburnu meyvesinin kurutma kinetiği, renk ve besin elementi içeriği açısından incelenmesi (Yüksek lisans tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa.

- Günaydın, S., Sağlam, C., & Çetin, N. (2022). Tarımsal ürünlerin kurutulmasında kullanılan kurutma yöntemleri. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 5(1), 30–45.
- Kaplan, E., Taşova, M., & Bal, H. S. G. (2020). Meyve kurutma yöntemlerine göre tüketici tercihleri: Sunburst çeşidi mandalina örneği. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, 1(2), 425–440.
- Krokida, M. K., Karathanos, V. T., Maroulis, Z. B., & Marinou-Kouris, D. (2003). Drying kinetics of some vegetables. *Journal of Food engineering*, 59(4), 391-403.
- Morad, M. M., El-Shazly, M. A., Wasfy, K. I., & El-Maghawry, H. A. M. (2017). Thermal analysis and performance evaluation of a solar tunnel greenhouse dryer for drying peppermint plants. *Renewable Energy*, 101, 992-1004.
- Morodi, V., Kaseke, T., & Fawole, O. A. (2022). Impact of Gum Arabic Coating Pretreatment on Quality Attributes of Oven-Dried Red Raspberry (*Rubus idaeus* L.) Fruit. *Processes*, 10(8), 1629.
- Nurhaslina, C. R., Bacho, S. A., & Mustapa, A. N. (2022). Review on drying methods for herbal plants. *Materials Today: Proceedings*, 63, S122-S139.
- Orak, H. H., Şahin, F. H., Ülger, P., Aktaş, T., & Orak, H. H. (2012). Farklı ön işlemlerin ve vakum kurutma yönteminin domatesin kuruma karakteristikleri ve kalite kriterleri üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1), 15–25.
- Orhan, H., Efe, E., & Şahin, M. (2004). SAS yazılımı ile istatistiksel analizler. *Tuğra Ofset, Isparta*, 139.
- Polatoğlu, B., & Beşe, A. V. (2017). Convective drying of cornelian cherry fruits (*Cornus mas* L.): Drying kinetics and degradation of vitamin C. *Journal of Engineering Sciences of Ömer Halisdemir University*, 6(2), 406–414.
- Rampersaud, G. C., & Valim, M. F. (2017). 100% citrus juice: Nutritional contribution, dietary benefits, and association with anthropometric measures. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(1), 129–140.
- Sabancı, K., Aydın, C., & Ünlerşen, M. F. (2012). Görüntü işleme ve yapay sinir ağları yardımıyla patates sınıflandırma parametrelerinin belirlenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 2(2 Sp. A), 59–62.
- Solak, S., & Altınışık, U. (2018). Görüntü işleme teknikleri ve kümeleme yöntemleri kullanılarak fındık meyvesinin tespit ve sınıflandırılması. *Sakarya University Journal of Science*, 22(1), 56–65.
- Saraçoğlu, T., Özarslan, C., & Kılıç, S. N. (2023). Kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin bazı fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 19(1), 1–14
- Soysal, Y. (2004). Microwave drying characteristics of parsley. *Biosystems Engineering*, 89(2), 167–173.
- Taşova, M., & Güzel, M. (2020). Kurutma sıcaklıklarının mantarın (*Agaricus bisporus* L.) rehidrasyon, model, kuruma performansı ve yüzey alanı değerlerine etkisi. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research (TURKAGER)*, 1(1), 74–84.
- Tiamiyu, Q. O., Adebayo, S. E., & Yusuf, A. A. (2023). Gum Arabic edible coating and its application in preservation of fresh fruits and vegetables: A review. *Food Chemistry Advances*, 2, 100251.