

Farklı Yöntemlerle Kurutulan Muz Halkalarının Renk Analizi

Zehra YILDIZ* 

* Tarsus Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Mühendislik Temel Bilimleri
Bölümü, Mersin, Türkiye

Correspondence

Zehra YILDIZ, Tarsus
Üniversitesi, Mühendislik
Fakültesi, Mühendislik
Temel Bilimler Bölümü,
Mersin, Türkiye
E-mail: zyildiz@tarsus.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, Anamur (Dwarf Cavendish) çeşidine ait muz halkaları güneşte, gölgede ve güneş enerjili raflı kurutucuda kurutulmuştur. Kurutma süresi boyunca renk parametrelerinin en iyi güneş enerjili raflı kurutucuda korunduğu belirlenmiştir. Güneş enerjili raflı kurutucuda kurutma öncesi uygulanan ön işlemin etkisini belirlemek için muz halkaları farklı daldırma çözeltilerinde belirlenen daldırma sürelerinde bekletilmiştir. Güneş enerjili kurutucuda kurutma üzerine daldırma süresi, daldırma çözeltisi türü, çözelti derişimi ve güneş enerjili kurutucuda kurutma süresinin renk parametreleri üzerine etkileri her defasında tek düzey etken deneysel tasarım yöntemi ile incelenmiştir. Renk parametreleri olarak kroma değeri, hue açısı, kahverengileşme indeksi ve toplam renk değışimi seçilmiştir. Daldırma ön işleminin güneş enerjili kurutucuda kurutulan muz halkalarının renk kaybını engelleyerek toplam renk değışimi, kroma değeri ve hue açısına olumlu katkısı olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Muz, Daldırma, Kroma, Güneş enerjili kurutucu, Hue açısı

Color Analysis of Dried Banana Rings by Different Methods

Abstract

In this study, Anamur (Dwarf Cavendish) variety banana rings were dried in the sun, in the shade and a solar tray dryer. It was determined that the color parameters were best preserved in the solar dryer during the drying period. In order to determine the effect of the pretreatment applied before drying in the solar tray dryer, the banana rings were kept in different blanching solutions for the blanching time. Then, in order to determine the effects of pretreatment applied before drying, the banana rings were immersed in different blanching solutions and then dried in the solar tray dryer. The effects of blanching time, type of blanching solution, solution concentration and drying time in solar dryer on color parameters were investigated with a single-level factor experimental design method on drying in solar dryer. Chroma value, hue angle, browning index and total color change were chosen as color parameters. It has been determined that the blanching pretreatment has a positive contribution to the total color change, chroma value and hue angle by preventing the color loss of the banana rings dried in the solar dryer.

Key words: Banana, Blanching, Chroma, Hue angle, Solar dryer

1. GİRİŞ

Meyveler genel olarak, otsu ve yaprağı yenen bitkiler, baharatlar ve sebzeler iklim koşulları uygun olduğu durumda güneş altında kurutulmaktadır. Güneşte doğal kurutma ekonomik ve geleneksel bir kurutma yöntemi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Güneş altında kurutma yönteminde kurutma havasının ısıtılması ve hava sirkülasyonunun maliyeti yoktur. Güneş ışınımı suyu buharlaştıracak ısı sağlarken, rüzgar nemin sirkülasyonuna yardım ederek prosesi hızlandırır. Güneşte kurutmada dış atmosfer sıcaklığı 30°C ve üzerindeki sıcaklıklarda gıdanın sıcaklığı, genellikle dış atmosfer sıcaklığından 5-15°C aralığında daha fazla olmaktadır. Güneşte kurutma süresi, ürünün özelliği ve kurutma koşullarına bağlı olarak genellikle 3-4 gün veya daha uzun sürmektedir. Örneğin üzüm ve kayısı 3-4 hafta da kurumaktadır (Fikre, 2010). Ayrıca kurutulacak ürün açık havada güneş altında iklim koşullarına bağlı olarak kurutulduğunda, istenmeyen bazı maddelerle (kir, toz, haşare vb.) ürün kirlenebilirken, kurutma için çok fazla alan ve süre gerekmektedir (Özbek ve ark., 2021; Elik ve ark., 2022). Güneş altında kurutmada güneş ışını doğrudan ürüne etki ettiği için besin değerleri ve duyuşal özellikler olumsuz etkilenmektedir. Bu sebeple, güneş enerjisinden dolayı olarak yararlanılan, kapalı hacimde kurutma sağlanan güneş enerjili kurutucular kullanılmaktadır. Güneş toplaçlarına sahip kurutucularda hava sıcaklığı dış ortamdan daha yüksek olup, hava nemi daha azdır (Lingayat ve ark., 2017). Güneş enerjili kurutucular, güneş altında kurutmaya göre daha az kurutma alanına ihtiyaç duyar. Güneş enerjili kurutucularda kurutma işlemi çevreden izole edilmiş kapalı kabinde gerçekleştiğinden güneşin doğrudan kurutulacak ürüne teması engellenmiş olur. Böylece kurutulacak üründe meydana gelebilecek kayıplar (renk ve duyuşal özelliklerin değişimi, besin değerlerinde azalma) önlenir ve daha kısa sürede kurutma sağlanabilir (Seerangurayar ve ark., 2019).

Güneş enerjili kurutucularda kurutma işleminden önce uygulanacak ön kurutma teknikleri ile ürün özellikleri iyileştirilebilmektedir. Kimyasal ön işleme, ısı ön işleme ve ozmotik dehidrasyon gibi kurutma öncesi işlemler genellikle kuru gıdanın fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerini iyileştirmek için kurutma öncesi uygulanır (Silva ve ark., 2022). Kurutma ön işlemi, ürünün kurutucuya girmeden önce nem içeriğinin düşürülmesi ile kurutucu yükünü azaltması, daha düşük sıcaklıkta daha kısa sürede kurutma işleminin gerçekleşmesi, renk, tat, doku ve besin değerlerinin korunması veya artırılması, mikroorganizma aktivitelerinin engellenmesi ile raf ömrü uzun ürünler için gerçekleştirilen işlemlerdir (Gürel ve ark., 2016). Ön kurutma işlemleri; haşlama, kükürtleme, tuzlama, daldırma ve ozmotik dehidrasyondur (Özler ve ark., 2004; Taiwo ve Adeyemi, 2009; Romano ve ark., 2010; Yokuş, 2014).

Daldırma ve ozmotik dehidrasyon iki farklı ön kurutma işlemi olup, çözültide işleme yöntemi olarak düşünülebilir. Ozmotik dehidrasyon ve daldırma işlemleri, ürünün rengi ve dokusuna etki etmektedir. Daldırma işlemi, ozmotik dehidrasyondan önce uygulanabilmektedir (Moreno ve ark., 2000). Daldırma işlemi, daha çok sebzelere uygulanan son ürünün renk değişiminde istenmeyen sonuçlara sebep olan enzimleri inaktive ederek biyokimyasal değişimleri durduran bir ön işlemdir. Meyveler için daldırma işlemi uygulanırken ürün genellikle asidik çözültilere daldırılır. Meyvelerin kurutma ve depolama sürecinde özellikle renk değişimlerini önlemek amacıyla askorbik asit, sitrik asit, malik asit gibi asitler, tokoferoller, sistein gibi doğal antioksidanlar ve etil oleat gibi çözültüler kullanılmaktadır (Romano ve ark., 2010; Gürel ve ark., 2016). Daldırma işlemi, sıcak daldırma gibi yüksek sıcaklık kısa süre (HTST) ve soğuk daldırma gibi düşük sıcaklıkta yüksek süre (LTLT) de uygulanan bir ön kurutma tekniğidir. LTLT daldırma işlemi esnasında örnekte dayanıklılık artar ve büzülme azalır. 50-70°C sıcaklık aralıklarında yaklaşık bir saat kadar sürede gerçekleştirilir. HTST daldırma işlemi kaynama sıcaklığına yakın sıcaklıklarda birkaç dakika uygulanan bir daldırma işlemidir. Bu uygulama ile yüzeydeki mikrobiyolojik yük azalır (Fikre, 2010). Ozmotik dehidrasyon kurutma prosesinde, yüksek sıcaklık kurutma esnasında karşılaşılan fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişiklikler

daha azdır. Ozmotik dehidrasyon da öncelik besin değerlerini korumak olup, duyuşsal ve fonksiyonel özellikleri geliştirmek için kullanılır (Nowakunda ve ark., 2004; Silva Júnior ve ark., 2017). Ozmotik dehidrasyon yöntemi, nem oranının yaklaşık %50'si uzaklaştırıldığı için kurutma yönteminden ziyade yarı kurutma yöntemi ya da kurutma ön işlemleri olarak değerlendirilir (Koirala, 2012; Günaydın ve ark., 2022). Ozmotik olarak dehidre edilen örneklerin renk, doku ve aroma gibi duyuşsal özellikleri ve su alma yeteneği yüksek olduğu belirtilmiştir (Nowakunda ve ark., 2004; Silva Júnior ve ark., 2017). Ozmo-aktif madde olarak meyveler için çoğunlukla su da kolayca çözünebilen şekerler (dekstroz, sakkaroz, esmer şeker, mısır şurubu, laktoz, bal ve maltodekstrin) kullanılmaktadır (Kamiloğlu ve ark., 2021). Meyvelerin kurutulmasında şeker, bal, meyve suyu, limon suyu, askorbik ve sitrik asit gibi çözeltiler kullanılabilir (Abano ve Sam-Amoah, 2011).

Güneş enerjili kurutucuda kurutmadan önce uygulanan ön işlem sırasındaki su kaybına bağlı olarak kurutucunun su uzaklaştırma yükü azalmakta, örnekler kurutucuya daha yüksek kuru madde oranında girmektedir. Böylece ön işlem, kurutma süresini kısaltmakta ve kurutucu performansını arttırmaktadır (Nowakunda ve ark., 2004; Silva Júnior ve ark., 2017; Aktaş ve ark., 2019). Bu çalışmada, muz halkaları kururken renk değişimi üzerine farklı güneşte kurutma yöntemlerinin, ön işlemin ve ön işlem koşullarının etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Meyvenin rengi, ürün tazelik göstergesi açısından ürün seçiminde en önemli dış faktörlerden birisidir (Çetin, 2019; Polat ve ark., 2020). Kurutma sırasında meyvede, enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları gerçekleşmesi ile ürünün rengi değişmektedir (Özbek ve ark., 2021). Bu sebeple çalışmada kurutma yöntemi, ön işlem, çözeltiler türü, çözeltiler derişimi ve daldırma süresi gibi değişkenlerin muz halkalarının görünüşü en çok belirleyen kroma, hue açısı ve toplam renk değişimi gibi renk parametreleri üzerine etkileri kurutma süresi boyunca belirlenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Ön işlemin güneş enerjili kurutucuda renk parametrelerine etkisini belirlemek için deneyler, her defasında tek düzey etken deneysel tasarım yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde her defasında diğer etken düzeyleri sabit tutulurken, yalnızca bir etkenin düzeyi belirli bir aralık boyunca değiştirilerek sistem yanıtı gözlenir. En iyi yanıt sağlayan etken düzeyi, o etkenin optimum düzeyini araştırmak için yapılacak olan deneylerde sabit tutulur. Bu işlem sırayla bütün değişkenler için tekrarlanır (Yıldız, 2011). Bu çalışmada, güneş altında, gölgede ve güneş enerjili raflı kurutucu gibi farklı kurutma yöntemlerinin kurutma süresi boyunca renk parametrelerine etkisi belirlenmiştir. Şekil 1' de verilen özel olarak imal edilmiş çok raflı doğal taşınımlı güneş enerjili kurutucu kullanılmıştır. Kurutucuda yer alan toplaktan dolayı kurutucu kabinindeki sıcaklık dış atmosfer hava sıcaklığından daha yüksektir. Güneş ışını camdan geçip, kurutucunun ısı iletimini ve emilimini yoğunlaştıran siyah boya ile boyanmış delikli saçtan oluşan iç kaplaması tarafından emildiği için güneş enerjili kurutucudaki sıcaklık her zaman ortam sıcaklığından daha yüksek olur. Güneş ışınının absorbe edilmesi ile kaplama tarafından daha düşük frekanslarda kızılötesi dalgalar yayılır ancak camdan dışarıya geçmez ve kurutucunun içini daha sıcak olur (Silva ve ark., 2022)

Bu çalışmada, her defasında tek düzey etken deneysel tasarımına göre farklı güneş kurutma yöntemleri ve daldırma işlemleri uygulanarak kurutulan muz halkalarının renk analizi yapılmıştır. Deneysel tasarıma göre öncelikle muz halkaları güneş altında, gölgede ve güneş enerjili kurutucuda kurutulmuştur. Yapılan çalışma sonucunda muz halkalarının renk değişiminin en az olduğu kurutma yönteminin güneş enerjili kurutucu olduğu için sonraki deneylerde kurutma yöntemi olarak güneş enerjili kurutucuda gerçekleştirilmiştir. Muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda kurutulmasında renk değişimine ön işlemin etkisini belirlemek için ön işlem uygulanmış ve uygulanmamış muz halkaları güneş enerjili raflı kurutucuda kurutulmuştur. Ön işlem olarak soğuk daldırma yöntemi seçilmiştir. Muz

halkaları güneş enerjili raflı kurutucuda kururken ürün renginin korunmasına soğuk daldırma ön işleminin olumlu etkisi bulunmuştur. Daha sonra daldırma çözeltisi türü, çözelti derişimi ve daldırma süresi gibi faktörlerin güneş enerjili kurutucuda muz halkalarının kururken meydana gelen renk değişimine etkisi belirlenmiştir. Güneş enerjili kurutucuda muz halkalarının renk değişimine daldırma işleminin etkisini her defasında tek düzey etken yöntemi ile belirlemek için öncelikle sabit daldırma süresi ve sabit çözelti derişiminde, daldırma çözeltisi türünün değişimi incelenmiştir. Bu işlem diğer değişkenler olan çözelti derişimi ve daldırma süresi için de tekrarlanarak en uygun daldırma çözeltisi türü, en uygun çözelti derişimi ve en uygun daldırma süresi bulunmuştur.



Şekil 1. Çok Raflı Doğal Konvektif Güneş Enerjili Kurutucu
Figure 1. Multi-Shelf Natural Convective Solar Dryer

Deneylerde kurutma işlemi için muz halkaları güneş altında, gölgede ve çok raflı güneş enerjili kurutucuda kurutulmuştur. Kurutma süresi boyunca raflı güneş enerjili kurutucuda muz halkalarının renk parametreleri taze muz halkalarının (kontrol grubu) rengine daha yakın olduğu için kurutma yöntemi olarak raflı güneş enerjili kurutucuda deneylere devam edilmiştir.

2.1. Daldırma İşlemi

Daldırma çözeltisinin sıcaklığı 50°C olup, muz halkalarının dilim kalınlığı 4 mm'dir. Daldırma çözeltileri olarak isolab chemicals marka %99.7 saflıkta sitrik asitten ağırlıkça/hacimce (a/h) derişim biriminde hazırlanmış sitrik asit çözeltisi (%5, a/h), isolab chemicals marka sakarozdan hazırlanmış sakaroz asit çözeltisi (%5, a/h) ve kontrol çözeltisi (su) kullanılmıştır. Renk parametrelerinin en az değiştiği daldırma çözeltisi sitrik asit çözeltisi olup, çözelti derişiminin etkisini belirlemek için derişim %0-7.5 (a/h) arasında değiştirilmiştir. Daldırma süresi 0 dk, 30 dk ve 60 dk olarak seçilmiştir.

2.2. Renk Analizi

FRU marka WR18 kolorimetre renk analiz ölçüm cihazı ile L, a* ve b* renk parametreleri ölçülmüştür. Ölçülen L, a* ve b* değerleri ürün hakkında tek başına bir anlam ifade etmezken bu değerler kullanılarak renk değeri açısından önemli olan kroma, kahverengileşme indeksi, toplam renk değişimi ve hue açısı hesaplanmıştır. L parlaklık değeri olup, sıfır (0) değeri beyazlığı ifade ederken, 100 değeri siyahlığı ifade etmektedir. a* ve b* renk değerleri -60 ile +60 aralığında değer almaktadır. a* negatif değeri, yeşil rengi belirtirken, pozitif değeri kırmızı rengi belirtir. b* pozitif değeri sarı rengi belirtirken, negatif değeri ise mavi rengi belirtir (Polatçı ve Taşova, 2017; Polatçı ve ark., 2018).

Kroma değeri (K), eşitlik (1) ile hesaplanmıştır (Altuntaş ve ark., 2020).

$$K = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad (1)$$

Hue renk açısı (h), a* ve b* nin pozitif veya negatif olma durumuna göre eşitlik (2)'den eşitlik (5)'e kadar olan uygun denklem seçilerek hesaplanmıştır (Çetin ve ark., 2019).

$$H = \arctan(b/a), (a > 0 \text{ ve } b \geq 0) \quad (2)$$

$$H = 180 + \arctan(b/a), (a < 0 \text{ ve } b \geq 0) \quad (3)$$

$$H = 180 + \arctan(b/a), (a < 0 \text{ ve } b < 0) \quad (4)$$

$$H = 360 + \arctan(b/a), (a > 0 \text{ ve } b < 0) \quad (5)$$

Toplam renk değişim değeri (ΔE), eşitlik 6 ile hesaplanmıştır (Polatçı ve ark., 2018).

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (6)$$

2.3. İstatiksel Analiz

Çalışma süresince, bütün kurutma deneyleri 3 defa tekrarlanmıştır. Muz halkalarının kurutulması işleminde uygulanan işlemlerin renk parametreleri üzerine etkileri %95 güven aralığında varyans analizinden (ANOVA) yararlanılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucu, istatistiksel açıdan önemli bulunan değerler Tukey testi ile $p < 0.05$ önem derecesine göre belirlenmiştir. Sonuçlar, ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Muz dilimlerinin güneş altında açık havada (GK), gölgede kurutma (GÖK) ve güneş enerjili kurutucuda (GEK) kurutulması süreci boyunca renk parametrelerindeki (RP) değişimi, standart sapmaları (STD) ve tek yönlü karşılaştırma testi Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Farklı kurutma yöntemlerinde renk parametrelerinin değişimi
Table 1. Change of color parameters in different drying methods

RP	Kurutma Süresi (sa)±STD						
	Taze	1	2	3	4	5	
K	28.28±0.23 ^b	47.68±0.85 ^a	50.13±0.22 ^a	49.51±0.01 ^a	54.40±0.39 ^a	56.83±0.22 ^a	
GK	H	94.53±0.18 ^b	85.07±0.01 ^a	84.51±0.32 ^a	86.18±0.02 ^{ab}	85.04±0.03 ^a	84.85±0.05 ^a
	ΔE	0.00±0.00 ^b	20.66±0.13 ^a	24.30±0.05 ^a	27.77±0.10 ^a	32.13±0.35 ^a	31.63±0.22 ^a
K		29.00±0.36 ^b	33.39±0.89 ^b	37.62±0.29 ^{ab}	47.15±0.14 ^a	43.88±0.15 ^a	42.42±0.29 ^a
GÖK	H	90.39±0.13 ^a	87.45±0.02 ^b	88.02±0.02 ^{ab}	86.60±0.08 ^b	85.70±0.08 ^{bc}	84.18±0.13 ^c
	ΔE	0.00±0.00 ^a	7.48±0.06 ^b	11.63±0.13 ^b	19.24±0.05 ^b	19.32±0.02 ^b	20.52±0.36 ^b
K		28.89±0.25 ^a	29.06±0.92 ^a	39.31±0.44 ^a	39.25±0.19 ^a	38.34±0.91 ^a	35.94±0.44 ^a
GEK	H	88.69±0.15 ^a	86.45±0.01 ^{ab}	87.23±0.67 ^a	85.06±0.02 ^b	83.44±0.02 ^c	84.89±0.06 ^b
	ΔE	0.00±0.00 ^b	14.11±0.04 ^{ab}	20.91±0.17 ^a	24.91±0.11 ^a	23.95±0.05 ^a	30.58±0.34 ^a

* Aynı satırda farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p < 0.05$)

Hunter renk parametreleri L^* , a^* ve b^* renk kaybının belirlenmesinde öncelikle ürünlerdeki kalite kontrol için başvurulan değerlerdir (Maskan, 2001). Muz halkaları beyaz sarı arasında renk tonuna sahip olduğundan özellikle L^* ve b^* renk değerleri önemlidir. a^* değerindeki negatif yönde meydana gelen artış yeşilliğin arttığını göstermektedir. b^* değerinin azalması sarılıktan uzaklaşma anlamına gelir. L^* değerindeki azalış esmerleşme reaksiyonlarına ve daha mat görünüme işaret etmektedir (Sezer ve Demiröven, 2015; Turgut ve Topuz, 2020).

Oksitlenmenin en fazla görüldüğü meyve rengi olan beyaz rengin hakim olduğu ürünlerde diğer kurutma yöntemlerine göre kurutma süresi boyunca ürün daha uzun süre havayla temas ettiği kurutma yönteminde daha fazla okside olduğu görsel olarak gözlemlenmiştir. Bu oksitlenme diğer yöntemlere kıyasla ürünün daha fazla kahverengileşmesine sebep olur (Alibas ve ark., 2021). Kurutma sırasında meydana gelen kararma; enzimatik olmayan kahverengileşme, melonoidler, maillard reaksiyonu ve karamelizasyon gibi nedenlere bağlı olarak gerçekleşmektedir. Bunun sonucunda L^* ve b^* değerlerinde azalma, a^* değerinde artış meydana gelir. Kurutma sonrası kırmızılaşma ile kroma ve hue açısının azalması muzların daha nötral (daha az doygunluk/pigmentasyon) olmasına neden olmuştur. Muz halkaları kururken pigmentasyon nedeniyle rengi sarımsı beyazdan grimsi kırmızı renge doğru değişir (Silva ve ark., 2022). K, H ve ΔE gibi renk parametreleri kurutulmamış ürüne göre L^* , a^* ve b^* değerlerinin değişmesiyle farklılaşmaktadır.

Kurutulmuş ürünlerin son kalite değerleri hakkında kroma değeri önemli bir fikir vermektedir (Polatçı ve Taşova, 2020). Kroma değeri, rengin saflığını veya doygunluğunu göstermektedir. Soluk renklerde kroma değerleri düşerken canlı renklerde ise kroma değeri yükselmektedir (Mutlu ve Ergüneş, 2008). Çizelge 1'e göre, kroma değerleri kurutma süresi ile değişmiştir. Bunun nedeni a^* ve b^* değerlerindeki değişimdir. Kroma değerindeki en fazla değişim güneşte kurutma da en az değişim güneş enerjili kurutucuda olmuştur. Güneşte kurutmada kroma değeri kurutma süresi ile artmıştır. Gölgede kurutma da kroma değerinde ilk üç saatte kadar artmış son iki saatte de önemli bir değişim görülmemiştir. Güneşte kurutmada kroma değeri bir saat sonra 28.28'den 47.68'e yükselmiştir. Gölgede kurutmada kroma değeri 29.00'den 47.15 değerine üç saat sonunda yükselmiştir. Gölgede kurutmada güneşte kurutmaya göre kroma değerinin daha fazla korunduğu görülmektedir.

Hue açısı, renk tonunu ifade etmektedir. a^* ve b^* değerlerinin 360° lik bir renk dairesi içerisinde 0° açı değeri, kırmızı-mor, 90° açı değeri sarı rengi, 180° açı değeri mavimsi-yeşil, 270° açı değeri ise mavi rengi göstermektedir (Altuntas ve ark., 2020). Hue açısındaki düşüş, a^* ve b^* değerlerindeki düşüş ile beraber kahverengileşmeyi göstermektedir (Turgut ve Topuz, 2020). Hue açısındaki düşüş ürün renginde meydana gelen kararmalar sonucu rengin sarıdan uzaklaşmayı göstermektedir (Darvishi ve ark., 2014; Turgut, 2022; Uysal ve Özkal, 2022). Hue açısı 90 değeri sarılığın ifade etmektedir. Hue değerinin 0 ile 90 arasında olması kırmızı rengi belirtirken 90 ile 180 arasında olması yeşil rengi belirtmektedir (Şelem ve ark., 2021). Güneşte kurutmada, gölgede kurutmada ve güneş enerjili kurutucu da hue açısı kurutma süresi boyunca değişmiş ancak ilk saatte hue açısı tazeye göre azaltırken ilerleyen süre boyunca görülen azalma daha az olmuştur. Güneş enerjili kurutucuda diğer kurutma yöntemlerine ve taze örneğe göre hue açısındaki değişim daha az olmuştur. Bu sonuç, güneş enerjili kurutucuda sarılık değerinin daha iyi muhafaza edildiğini göstermektedir.

ΔE değeri, kurutma süresince ürün renginin referans alınan noktadan uzaklaşmasını gösterir (Zorlugenç ve Fenerlioğlu, 2012). ΔE değeri, taze ürünün renk değerlerine göre kurutma şartlarının etki ettiği toplam renk farklılık değerini belirlemek için kullanılmaktadır. Toplam renk değişimi kurutma süresi boyunca artarken en az renk değişim gölgede kurutma yönteminde en fazla renk değişimi ise güneşte kurutma yönteminde gerçekleşmiştir.

Üç farklı kurutma yöntemi ile kurutulan muz halkalarının kroma, hue açısı ve toplam renk değişimi bakımından gruplar arasındaki farklılığı tespit etmek için yapılan ANOVA testi sonuçları Çizelge 2’de gösterilmiştir. Hue açısı ve toplam renk değişimi bakımından üç farklı kurutma yöntemi arasında kurutma süresi boyunca anlamlı bir fark olduğu söylenebilir.

Çizelge 2. Farklı kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin K, H ve ΔE bakımından gruplar arasındaki farklılığı tespit etmeye yönelik ANOVA testi

Table 2. ANOVA test to determine the difference between groups in terms of K, H and ΔE of samples dried with different drying methods

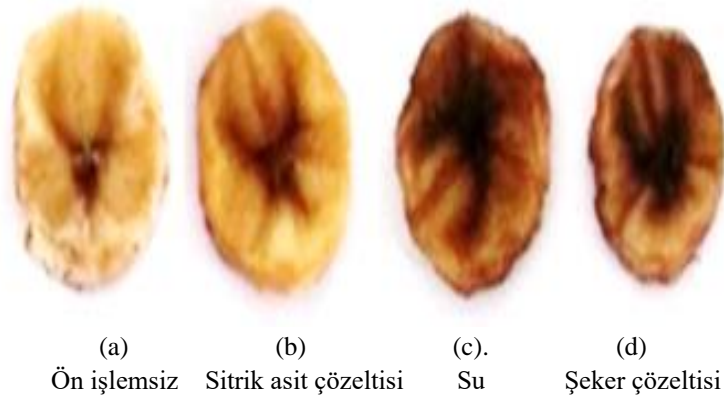
	Varyans Kaynağı	SS	Df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
K	Gruplar Arasında	677.1599	5	135.432	2.315732	0.108352	3.105875
	Gruplar İçinde	701.8013	12	58.48344			
	Toplam	1378.961	17				
H	Gruplar Arasında	87.03131	5	17.40626	6.528908	0.003736	3.105875
	Gruplar İçinde	31.99235	12	2.666029			
	Toplam	119.0237	17				
ΔE	Gruplar Arasında	1554.221	5	310.8442	10.08116	0.000566	3.105875
	Gruplar İçinde	370.0101	12	30.83418			
	Toplam	1924.231	17				

$p < 0.05$

Farklı güneş kurutma yöntemlerinde kurutulan muz halkaları renk açısından incelendiğinde, kuruma süresinin uzaması ile kroma değerinin ve toplam renk değişiminin arttığı görülmüştür. Muz için hue açısındaki azalma, pigmentasyon göstergesi olup ürünün kırmızımsı tona sahip olduğunu belirtir (Silva ve ark., 2022). Kurutma süresi boyunca muz halkalarının hue açısı ve kroma değerlerindeki en az değişimin olduğu kurutma yöntemi güneş enerjili kurutucu olduğu için bundan sonraki deneylerde kurutma yöntemi olarak güneş enerjili kurutucu seçilmiştir. Ayrıca bu çalışmada kullanılan güneş enerjili kurutucu ile yapılan bir çalışmada, güneş enerjili raflı kurutucuda, ortalama hava sıcaklığı güneşli havaya göre 5.74 °C ve gölgedeki havaya göre 14.3 °C daha fazla olduğu diğer taraftan havanın neminde ise dışarıdaki güneşli havaya göre %8.35 ve gölgedekine göre %28.82 daha az olduğu ortaya konmuştur. Güneş enerjili kurutucu da kurutma işlemi gölge ve güneş altında kurutmaya göre daha kısa sürede gerçekleşirken, hijyenik kalitesi daha üstün ve daha gevrek kuru ürünler elde edildiği belirlenmiştir (Yıldız ve Gökayaz, 2020).

Güneş enerjili kurutucuda kurutma süresince ön işlemin etkisini belirlemek için muz halkaları farklı çözeltilere daldırılmıştır. LTLT daldırma işlemi 50°C’den 70°C’ye kadar sıcaklıklarda ve bir saat kadar sürede gerçekleştirildiği için sıcaklık 50°C ve daldırma süresi 30 dk olarak belirlenmiştir (Fikre, 2010). Daldırma çözeltileri su, %5 sitrik asit çözeltisi ve %5 şeker çözeltisi seçilmiştir. Bu daldırma çözeltilerinden birine muz halkaları 50°C ve 30 dk daldırıldıktan sonra güneş enerjili kurutucu da kurutulmuştur. Ön işlem uygulanmamış muz dilimleri de güneş enerjili kurutucu da kurutulmuştur. Daldırma işlemi uygulanmayan ve uygulanan muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda kurutma süresi sonundaki renk değişimi Şekil 2’de görülmektedir. Sitrik asit çözeltisinin renk değişimine olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Sitrik asitte daldırılmış muz halkalarında b^* renk değeri daha yüksek olup, sarı renk tonu daha fazladır. Sitrik asit çözeltisi istenmeyen enzimleri inaktive ederek fenolik bileşen kaybını düşürür ve ürünün renginde önemli bir değişime neden olmayabilir (Martinez ve ark., 2013). Çizelge 3’de kurutulan muz halkalarının renk tonunu gösteren hue açısı değerleri dikkate alındığında, bu değerlerin taze muz halkalarınınkine yakın olduğu ancak ürün rengindeki doyumluğu belirten kroma değeri arttığı için ürün renk tonunda meydana gelen değişim maskelenmekte ve ürünlerdeki renk değişimi

göz ile doğru olarak ayırt edilememektedir (Şahin ve ark., 2012). Bu sebeple sadece Şekil 2 değerlendirilerek en iyi daldırma işleminin hangisinin olduğunu belirlemek doğru olmayacaktır. Şekil 2 ve Çizelge 3 dikkate alındığında kurutulmamış muzun beyaz-sarımsı renginin en iyi muhafaza edildiği daldırma çözeltisinin sitrik asit çözeltisi olduğu söylenebilir.



Şekil 2. Daldırma işlemi uygulanan ve uygulanmayan muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda kurutma süresi sonundaki renk değişimi

Figure 2. Color change of dipped and non-dipped banana rings at the end of drying time in solar dryer

Ön işlemsiz (Ö), su (S), sitrik asit çözeltisi (SA) ve şeker çözeltisi (Ş) gibi farklı daldırma çözeltilerinde işlenen muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda kurutma süresi ile renk parametrelerinin değişimi Çizelge 3’de verilmiştir. Ayrıca, Çizelge 3’de daldırma çözelti türünün renk parametrelerine etkisi tek yönlü karşılaştırma testine göre güneş enerjili kurutucuda kurutma süresi boyunca farkları verilmiştir.

Çizelge 3. Daldırma çözelti türünün renk parametreleri üzerine etkisi

Table 3. Effect of blanching solution type on color parameters

RP		Kurutma Süresi (sa)±STD					
		0	1	2	3	4	5
Ö	K	28.89±0.51 ^a	29.06±0.85 ^a	39.31±0.37 ^a	39.25±0.67 ^a	38.34±0.66 ^a	35.94±0.41 ^a
	H	88.69±0.13 ^a	86.45±0.02 ^a	87.23±0.00 ^a	85.06±0.00 ^a	83.44±0.01 ^a	84.89±0.03 ^a
	ΔE	0.00±0.00 ^b	14.11±0.52 ^b	20.91±0.05 ^a	24.91±0.21 ^a	23.95±0.94 ^a	30.58±0.91 ^a
S	K	20.99±0.06 ^c	26.64±0.45 ^{bc}	28.18±0.73 ^b	44.34±0.66 ^a	37.25±0.25 ^{ab}	41.19±0.63 ^a
	H	83.48±0.02 ^a	75.48±0.00 ^a	70.91±0.05 ^a	63.59±0.00 ^{ab}	75.85±0.01 ^a	62.99±0.00 ^b
	ΔE	7.52±0.78 ^c	18.11±0.62 ^{bc}	20.61±0.35 ^b	21.32±0.92 ^b	26.81±0.92 ^{ab}	39.21±0.27 ^a
SA	K	36.49±0.61 ^b	48.07±0.95 ^a	47.04±0.44 ^{ab}	54.15±0.37 ^a	51.71±0.77 ^a	57.59±0.61 ^a
	H	87.17±0.09 ^a	86.78±0.01 ^a	85.61±0.08 ^a	85.76±0.06 ^a	83.67±0.01 ^a	80.15±0.03 ^a
	ΔE	4.95±0.26 ^b	7.06±0.83 ^b	13.29±0.68 ^{ab}	14.80±0.70 ^a	13.03±0.85 ^a	22.53±0.74 ^a
Ş	K	24.59±0.91 ^b	35.12±0.20 ^a	34.84±0.34 ^{ab}	44.36±0.29 ^a	41.42±0.70 ^a	40.22±0.06 ^a
	H	75.93±0.02 ^a	58.44±0.03 ^{ab}	53.22±0.03 ^b	64.23±0.06 ^a	65.79±0.06 ^a	71.95±0.01 ^a
	ΔE	13.34±0.08 ^b	22.18±0.53 ^b	24.89±0.51 ^b	24.69±0.34 ^b	42.39±0.82 ^a	43.75±0.01 ^a

* Aynı satırda farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p < 0.05$)

Kroma değerleri kurutma süresinin artması ile tazeye göre arttığı Çizelge 2’de görülmektedir. Benzer bir çalışma da muz dilimlerinin sakkaroz çözeltisinde ozmotik dehidrasyonla kurutulması sırasında, kurutulan muz dilimlerinde kroma değeri ham muzdan daha yüksek bulunmuştur (Waliszewski ve ark., 1999). Başka bir çalışmada ayva dilimleri farklı ön işlemlerle kurutulmuş ve kurutma süresiyle kroma değerinin arttığı belirtilmiştir (İcier ve ark., 2013). Taze örneğe göre kroma değerindeki en fazla değişim suya daldırıp üç saat güneş enerjili kurutucu da kurutulan muz halkalarında görülmüştür. Kroma değerindeki en az değişim ise daldırma işlemi uygulanmayan muz halkalarında olmuştur.

Hue açısı ürünün rengini gösteren bir renk parametresi olup, kurutma boyunca değeri 53.22 ile 88.69 arasında değişmiştir. Hue açısının azalışı sarıdan kırmızı renge geçişi göstermektedir. Hue açısında taze ürüne ve kurutma süresine göre en az değişim sitrik asit çözeltisine daldırılan ve daldırma uygulanmayan muz halkalarında görülmüştür. Şekerli çözeltiye daldırma ozmotik dehidrasyon etkisi ile kurutma hızını artırırken kararma ile beraber renk parametreleri olumsuz etkilenmiştir. Şeker çözeltisine daldırılan muz halkalarında kararmayla beraber hue açısında tazeye göre ilk kurutma süresinde önemli düşüş gözlenmiştir. Şeker çözeltisine daldırılan muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda geçirdiği iki saatten sonra hue açısı artmıştır. Kurutma sırasında renk pigmentlerinin bozulması ve meydana gelen enzimatik olmayan reaksiyonlar ürünü karartmaktadır (Maskan, 2001; Silvia ve ark., 2022; Uysal ve Özkan, 2022). Kahverengileşme miktarında artışın sebebi, kırmızılığın artması, parlaklık ve sarılığın azalmasıdır (Baini ve Langrish, 2009). Parlaklığın artması öncelikle b* de önemli bir azalma ve a* da daha düşük bir azalmadan kaynaklanmaktadır. Hue açısı 90’nın üzerinde olan meyveler sarıdan yeşile doğru bir renk de olurken 90 altında olanlar turuncu-kırmızı renklere yakındır. İşlem sırasında çoğu dilim L* değerindeki azalış ile uçuk sarıdan koyu sarıya renk olarak parlaklığı azalmıştır (Waliszewski ve ark., 1999; Silvia ve ark., 2022; Turgut, 2022). Ön işlem uygulandıktan sonra kurutulan örneklerin parlaklık değerleri tazeye göre istatistiki açıdan daha yakın olarak bulunmuştur (Aksut ve ark., 2022).

Toplam renk değişimi en az sitrik asit çözeltisine ve en fazla şeker çözeltisine daldırılan muz halkalarında olmuştur. Kurutma sırasında renk parametrelerinin muhafaza edilmesi üzerine en fazla olumlu etki sitrik asit çözeltisine daldırılıp güneş enerjili kurutucu da kurutulan örneklerde olduğundan daldırılma işlemi için en uygun çözelti olarak sitrik asit çözeltisi seçilmiştir. Üründe oluşabilecek enzimatik değişimler ve renk esmerleşmelerini önlemek için uygulanan çeşitli ön işlemlerden biri sitrik asit uygulamasıdır (Heybeli ve Ertekin, 2007).

ΔE kurutma süresi boyunca artmıştır. Pigmentlerin ısıl bozunumu, askorbik asit oksidasyonu, enzimatik kahverengileşme ve enzimatik olmayan kahverengileşme gibi renk değişimine neden olan birçok farklı reaksiyon vardır (Deylami ve ark., 2016). Ön işlem uygulanmayan örneklerin ΔE değerleri ön işlem uygulanmış olanlara göre daha yüksektir (Şahin ve ark., 2012).

Güneş enerjili kurutucudan önce daldırma işlemi için kullanılan dört farklı çözelti ile kurutulan muz halkalarının kroma, hue açısı ve toplam renk değişimi bakımından gruplar arasındaki farklılığı tespit etmek için yapılan ANOVA testi sonuçları Çizelge 4’de gösterilmiştir. Daldırma çözelti türlerinin kroma ve toplam renk değişimi üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

Çizelge 4. Daldırma çözelti türlerinin K, H ve ΔE bakımından gruplar arasındaki farklılığı tespit etmeye için ANOVA testi
Table 4. ANOVA test to determine the difference between groups in terms of K, H and ΔE of blanching solution types

	Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
K	Gruplar Arasında	886.5827	5	177.3165	2.859759	0.045179	2.772853
	Gruplar İçinde	1116.072	18	62.00401			
	Toplam	2002.655	23				
H	Gruplar Arasında	254.4628	5	50.89257	0.392651	0.847388	2.772853
	Gruplar İçinde	2333.031	18	129.6128			
	Toplam	2587.493	23				
ΔE	Gruplar Arasında	1775.789	5	355.1578	6.031599	0.0019	2.772853
	Gruplar İçinde	1059.892	18	58.88286			
	Toplam	2835.68	23				

$p < 0.05$

Güneş enerjili kurutucuda kurutma süresi boyunca renk parametreleri daha iyi korunduğu için deneylere daldırma çözeltisi olarak sitrik asit çözeltisi ile devam edilmiştir. Muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda kuruması boyunca renk parametrelerinin tazeye göre en az değiştiği sitrik asit çözeltisinin derişimini belirlemek için muz halkaları kurutulmadan önce farklı derişimlerde sitrik asit çözeltisine daldırılarak güneş enerjili kurutucuda kurutulmuştur. Çözelti derişiminin kurutma süreci boyunca renk parametrelerine etkisi Çizelge 5'te verilmiştir. Ayrıca, Çizelge 5'te daldırma çözeltisi derişimine göre renk parametreleri ile tek yönlü karşılaştırma testine göre güneş enerjili kurutucuda kurutma süresi boyunca farklar verilmiştir.

Çizelge 5. Daldırma çözeltisi (sitrik asit) derişiminin renk parametreleri üzerine etkisi
Table 5. Effect of blanching solution (citric acid) concentration on color parameters

RP	Kurutma Süresi (sa)±STD						
	0	1	2	3	4	5	
0	K	20.99±0.06 ^b	26.64±0.45 ^b	28.18±0.73 ^b	44.34±0.65 ^a	37.25±0.25 ^{ab}	41.19±0.63 ^a
	H	83.48±0.02 ^a	75.48±0.00 ^a	70.91±0.05 ^{ab}	63.59±0.00 ^b	75.85±0.01 ^a	62.99±0.00 ^b
	ΔE	7.53±0.78 ^c	18.11±0.62 ^{bc}	20.61±0.35 ^b	21.32±0.92 ^b	26.81±0.92 ^b	39.20±0.27 ^a
2.5	K	34.24±0.92 ^b	40.05±0.54 ^b	50.81±0.14 ^a	53.08±0.56 ^a	50.53±0.61 ^{ab}	54.69±0.30 ^a
	H	90.84±0.00 ^a	91.86±0.00 ^a	88.91±0.02 ^a	86.87±0.01 ^a	86.41±0.00 ^a	82.54±0.01 ^a
	ΔE	4.92±0.00 ^b	5.34±0.89 ^{ab}	6.76±0.34 ^a	7.91±0.76 ^a	8.64±0.17 ^a	16.43±0.11 ^a
5	K	36.49±0.61 ^b	48.07±0.95 ^a	47.03±0.44 ^a	54.14±0.37 ^a	51.71±0.97 ^a	57.59±0.61 ^a
	H	87.17±0.09 ^a	86.78±0.01 ^a	85.61±0.08 ^a	85.76±0.06 ^a	83.67±0.01 ^a	80.15±0.03 ^a
	ΔE	4.95±0.26 ^b	7.06±0.83 ^{ab}	13.29±0.67 ^a	14.80±0.70 ^a	13.03±0.85 ^a	22.53±0.74 ^a
7.5	K	30.18±0.34 ^b	32.82±0.40 ^b	43.71±0.41 ^{ab}	49.67±0.61 ^a	57.27±0.65 ^a	56.08±0.64 ^a
	H	86.77±0.00 ^a	87.96±0.00 ^a	86.50±0.00 ^a	86.34±0.01 ^a	87.16±0.00 ^a	79.07±0.00 ^a
	ΔE	4.32±0.00 ^b	4.15±0.08 ^b	6.46±0.54 ^b	13.41±0.27 ^a	12.08±0.79 ^{ab}	17.53±0.89 ^a

* Aynı satırda farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p < 0.05$)

Kroma değerlerindeki en az değişim %5 sitrik asit çözeltisine ve en fazla değişim %7.5 sitrik asit çözeltisine daldırılan muz halkalarında görülmüştür. Kurutma süresi boyunca hue açısındaki en az değişim %7.5 sitrik asit çözeltisine daldırılan muz halkalarında olduğu görülmüştür. Hue açısı en fazla %2.5 sitrik asit çözeltisine daldırılan muz halkalarında olmuştur. Hue açısı %5 sitrik asit çözeltisine daldırılan muz halkalarında 80.153 ile 87.173 arasında değişmiştir. Diğer derişimlerde hue açısı 80'nin üzerindedir.

Toplam renk değişimi %7.5 sitrik asit çözeltisine daldırılan muz halkalarında üç saate kadar ve %2.5 sitrik asit çözeltisine daldırılan muz halkalarında 5. saate kadar önemli bir değişim görülmezken 5. saate yaklaşık iki katına çıkmıştır. En fazla toplam renk değişimi %5 sitrik asit çözeltisine daldırılan muz halkalarında olmuştur. ΔE değeri, 4. saate kadar önemli bir değişim yok iken 5. saate önemli bir artış görülmüştür. Toplam renk değişim değeri, en az %2.5 sitrik asit çözeltisinde görülmüştür ayrıca hue açısı değerine bakıldığında diğer derişimlerde sarıdan kırmızıya geçiş varken %2.5 da sarıdan yeşile doğru bir renk kayması olmuştur. Kroma değeri ise tazeye göre en az artış %2.5 derişimde olmuştur. Güneş enerjili kurutucuda kurutma süresi boyunca en iyi muhafaza edildiği için deneylerde çözelti derişimi %2.5 olarak belirlenmiştir.

Muz dilimlerinin güneş enerjili kurutucuda kurutulmadan önce %2.5 sitrik asit çözeltisine daldırıldıktan sonra farklı daldırma sürelerinde işleme tabii tutulmuştur. Daldırma çözeltisi olarak kullanılan sitrik asit çözeltisinin dört farklı derişiminin muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda kurutulmasında kroma, hue açısı ve toplam renk değişimi bakımından gruplar arasındaki farklılığı tespit etmek için yapılan ANOVA testi sonuçları Çizelge 6'da gösterilmiştir. Kroma ve toplam renk değişimi üzerine daldırma çözeltisi derişiminin etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Yapılan bir çalışmada ozmotik çözeltinin derişiminin hue değeri üzerinde önemli olmadığı diğer taraftan kroma değişimi ve toplam renk değişimi açısından istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (Zorlugenç ve Fenercioğlu, 2012).

Çizelge 6. Daldırma çözeltisi derişiminin K, H ve ΔE bakımından gruplar arasındaki farklılığı tespit etmeye yönelik ANOVA testi
Table 6. ANOVA test to determine the difference between groups in terms of K, H and ΔE of blanching solution concentration

	Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
	Gruplar Arasında	1488.29	5	297.6581	4.703268	0.006369	2.772853
K	Gruplar İçinde	1139.175	18	63.28749			
	Toplam	2627.465	23				
	Gruplar Arasında	295.8891	5	59.17782	0.9838	0.454489	2.772853
H	Gruplar İçinde	1082.741	18	60.15228			
	Toplam	1378.63	23				
	Gruplar Arasında	812.2275	5	162.4455	3.32821	0.026534	2.772853
ΔE	Gruplar İçinde	878.5561	18	48.80867			
	Toplam	1690.784	23				

$p < 0.05$

Soğuk daldırma işlemi, 50°C den 70°C ye kadar sıcaklıklarda ve bir saat kadar sürede gerçekleştirildiği için deneylerde daldırma süresi olarak 30 ve 60 dk belirlenmiştir (Fikre, 2010). Daldırma süresinin (t) güneş enerjili kurutucuda kurutulmuş muz dilimlerinin renklerine etkisi Çizelge 7'de verilmiştir. Çizelge 7'de Tukey testi yapılmış, daldırma süresine göre renk analizinde ölçülen

değerler ile farklı daldırma sürelerinden sonra güneş enerjili kurutucuda kurutma süresi boyunca farklar verilmiştir.

Çizelge 7. Farklı kurutma sürelerinde %2,5 sitrik asit daldırma çözeltisinin renk parametreleri üzerine etkisi
Table 7. Effect of 2.5% citric acid blanching solution on color parameters at different drying times

t (dk)	RP	Kurutma Süresi (sa)±STD					
		0	1	2	3	4	5
0	K	28.89±0.51 ^a	29.06±0.85 ^a	39.31±0.37 ^a	39.24±0.67 ^a	38.34±0.66 ^a	35.94±0.41 ^a
	H	88.68±0.13 ^a	86.44±0.02 ^a	87.22±0.00 ^a	85.06±0.00 ^a	83.44±0.01 ^a	84.89±0.03 ^a
	ΔE	0.00±0.00 ^c	14.11±0.52 ^b	20.90±0.05 ^b	24.91±0.21 ^{ab}	23.95±0.94 ^b	30.58±0.91 ^a
30	K	36.49±0.61 ^b	48.07±0.95 ^a	47.03±0.44 ^{ab}	54.14±0.37 ^a	51.71±0.97 ^a	57.59±0.61 ^a
	H	87.17±0.09 ^a	86.78±0.01 ^a	85.61±0.08 ^a	85.76±0.06 ^a	83.67±0.01 ^{ab}	80.15±0.03 ^b
	ΔE	4.95±0.26 ^b	7.05±0.83 ^b	13.29±0.67 ^{ab}	14.80±0.70 ^a	13.03±0.86 ^a	22.53±0.74 ^a
60	K	34.23±0.59 ^b	40.05±0.51 ^b	50.81±0.44 ^{ab}	53.08±0.34 ^a	50.53±0.17 ^a	54.69±0.71 ^a
	H	82.54±0.00 ^b	88.91±0.00 ^a	86.86±0.02 ^a	86.40±0.00 ^{ab}	91.85±0.17 ^a	90.83±0.01 ^a
	ΔE	4.92±0.09 ^b	5.36±0.49 ^{ab}	6.76±0.50 ^a	7.912±0.41 ^a	8.64±0.00 ^a	16.43±0.63 ^a

* Aynı satırda farklı harfle işaretlenen ortalama değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0.05)

Çizelge 7’de göre kroma değerleri kurutma süresinin artması ile artmıştır. Ön işlemin renk parametrelerine olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Kroma değerindeki en az değişim 60 dk daldırma süresinde olmuştur. 60 dk daldırma süresinde kroma değeri güneşe enerjili kurutucuda kurutma süresinin 2. Saatine kadar artmış sonra önemli bir değişim görülmemiştir. 30 dk daldırma süresinde kroma değeri güneşe enerjili kurutucuda kurutma süresinin 1. Saatine kadar artmış sonra önemli bir değişim görülmemiştir.

Hue açısında en fazla değişim 60 dk daldırma süresinde olmuştur. Hue açısı değeri 60 dk daldırma süresinde 90’nın üzerine çıkmıştır. Bu durum, sarı renkten yeşille doğru değişim olduğunu göstermektedir.

Toplam renk değişimi en az 60 dk daldırma süresinde görülmüştür. Tüm daldırma sürelerinde güneş enerjili kurutma süresinin 5. Saatinde yaklaşık toplam renk değişiminde dikkate değer bir artış olduğu görülmüştür.

Daldırma süresinin muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda kurutulmasında kroma, hue açısı ve toplam renk değişimi bakımından gruplar arasındaki farklılığı tespit etmek için yapılan ANOVA testi sonuçları Çizelge 8’de verilmiştir. Daldırma süresinin toplam renk değişimi üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05).

Çizelge 8. Daldırma süresinin K, H ve ΔE bakımından gruplar arasındaki farklılığı tespit etmeye yönelik ANOVA testi
Table 8. ANOVA test to determine the difference between groups in terms of K, H and ΔE of blanching time

	Varyans Kaynağı	SS	df	MS	F	P-değeri	F ölçütü
K	Gruplar Arasında	613.3982	5	122.6796	1.827174	0.181878	3.105875
	Gruplar İçinde	805.7007	12	67.14172			
	Toplam	1419.099	17				
H	Gruplar Arasında	12.99186	5	2.598372	0.236124	0.939029	3.105875
	Gruplar İçinde	132.0513	12	11.00428			
	Toplam	145.0432	17				
ΔE	Gruplar Arasında	684.2909	5	136.8582	3.094565	0.050528	3.105875
	Gruplar İçinde	530.7041	12	44.22534			
	Toplam	1214.995	17				

$p < 0.05$

Kroma, hue açısı ve toplam renk değişimi bakımından gruplar arasındaki farklılık için yapılan ANOVA testine göre $p < 0.05$ olduğu için hue açısı ve toplam renk değişimi bakımından üç farklı kurutma yöntemi arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmuştur. Kroma ve toplam renk değişimi üzerine daldırma çözeltisi türünün etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda kurutulmasında sitrik asit çözeltisinin derişiminin kroma ve toplam renk değişimi üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Daldırma süresinin muz halkalarının güneş enerjili kurutucuda kurutulmasında sadece toplam renk değişiminde istatistiksel açıdan anlamlı bir fark belirlenmiştir ($p < 0.05$).

4. SONUÇ

Kurutma yöntemlerine ve ön işlemlere bağlı olarak muz halkaları kururken istenmeyen renk değişimi görülmektedir. Kuruma sırasındaki renk değişimi sadece nem kaybına bağlı olmayıp, enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme ile karamelizasyon gibi reaksiyonlar sonucu gerçekleşmektedir. Kuru ürün görüntüsünü en iyi ifade eden renk parametreleri hue açısı, kroma ve toplam renk değişimidir. Kurutulmuş muz halkalarının tazeye göre hue açısı ve kroma değerindeki değişim en az güneş enerjili kurutucuda gerçekleşmiştir. Güneş enerjili kurutucuda kurutma öncesi uygulanan daldırma işleminin muz halkalarının sarı rengini koruyarak renk parametrelerinden kroma değeri, toplam renk değişimi ve hue açısının korunmasına katkısı olmuştur. Kurutma süresinin artması renk parametrelerini olumsuz etkilemiştir. Şekerli çözeltiliye daldırma kurutma süresini kısaltırken muz halkalarının kararmasına sebep olmuş ve renk parametrelerini olumsuz etkilemiştir. Muz halkalarının kurutma süresi boyunca renk değişimini azaltmak için güneş enerjili kurutucuda kurutma öncesi muz halkaları sitrik asit çözeltisine daldırılabilir. Tazeye en yakın renk parametre değerleri, %2.5 sitrik asit çözelti derişimi ve 60 dk daldırma işlemi uygulanarak güneş enerjili kurutucuda kurutulan muz halkalarında görülmüştür.

5. TEŞEKKÜRLER

Bu çalışmada deneylere yardımcı olan Tarsus Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği öğrencisi Muhammed AKKARİ'ye teşekkür ederim.

6. ÇIKAR ÇATIŞMASI

Çalışma kapsamında herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Abano, E. E., & Sam-Amoah, L. K. (2011). Effects of different pre-treatments on drying characteristics of banana slices. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 63, 121-129.
- Aksut, B., Dursun, S. K. & Tasova, M. (2022). The effect of hot water soaking process on quality characteristics and drying kinetics parameters the example of purple carrot. *Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi*, 2(1), 32-40.
- Aktaş, M., Şevik, S., Dolgun, E. C., & Demirci, B. (2019). Drying of grape pomace with a double pass solar collector. *Drying Technology*, 37(1), 105-117.
- Alibaş, İ., Yılmaz, A., Günaydın, S. & Arkain, B. (2021). Kurutma yöntemlerinin deveci armudunun kurutma kinetiği ve renk parametreleri üzerine etkisi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(5), 897-908.
- Altuntaş, E., Gül, E. N. & Gök H. (2020). Menengiç meyve ve tohumlarının fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(6), 1518-1528.
- Baini, R. & Langrish, T. A. G. (2009). Assessment of colour development in dried bananas—measurements and implications for modelling. *Journal of Food Engineering*, 93(2), 177-182.
- Çetin, N. (2019). Kurutma koşullarının elma ve portakalda renk özelliklerine etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 17, 463-470.
- Çetin, N., Sağlam, C. & Demir, B. (2019). Effects of different drying conditions on physical changes of apple *Malus communis* L.. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24, 71-77
- Darvishi, H., Khoshtaghaza, M.H. & Minaei, S. (2014). Drying kinetics and colour change of lemon slices. *Int. Agrophys.*, 28, 1-6
- Deylami, M. Z., Rahman, R. A., Tan, C. P., Bakar, J. & Olusegun, L. (2016). Effect of blanching on enzyme activity, color changes, anthocyanin stability and extractability of mangosteen pericarp: A kinetic study. *Journal of Food Engineering*, 178, 12-19.
- Elik, A., Özbek, H. N., Sever, M., Bulut, Ş. E., Işınay, B., Koçak Yanık, D., Dalgıç, A. C., Erdoğan, F. & Göğüş, F. (2022). Kombine güneş enerjisi destekli hava ve sıcak hava destekli radyo frekans kurutma sistemiyle kurutulmuş kayısıların nem içeriği, tekstürel ve duyu özellikleri üzerine depolamanın etkisi. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, 27, 36-46
- Fikre, T. (2010). Nutritional, sensory and rehydration characteristics of solar-dried carrots as affected by blanching and osmosis, M.Sc. thesis, Haramaya University
- Günaydın, S., Sağlam, C. & Çetin, N. (2022). Tarımsal ürünlerin kurutulmasında kullanılan kurutma yöntemleri. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 51, 30-45.
- Gürel, A. E., Ceylan, İ. & Aktaş, M. (2016). Meyve ve sebzelerin kurutma parametrelerinin incelenmesi. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 44, 267-273.
- Heybeli, N. & Ertekin, C. (2007). Elma dilimlerinin ince tabaka halinde kuruma karakteristiği. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 3(3), 179-187
- İçier, F. , Yıldız, H. , Eroğlu, S. , Sabancı, S. & Eroğlu, E. (2013). Ayva dilimlerinin ozmotik kurutulmasında elektriksel ve ultrasonik ön işlemlerin etkileri. *Akademik Gıda*, 11 (2), 60-69.
- Kamiloğlu, A., Kantar, N. K. & Elbir, T. (2021). Etilerde ozmotik dehidrasyon uygulamaları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 21, 534-542.
- Koirala, U. (2012). Effect of osmotic pretreatments on drying characteristics of mushroom, effect of osmotic pretreatments on drying characteristics of mushroom. Ujwal koirala padhmashree international college institute of science and technology, Tribhuvan University, Nepal
- Lingayat, A., Chandramohan, V. P. & Raju, V. R. K. (2017). Design, development and performance of indirect type solar dryer for banana drying. *Energy Procedia*, 109, 409-416.
- Martinez, S., Perez, N., Carball, J. & Franco, I. (2013). Effect of blanching methods and frozen storage on some quality parameters of turnip greens. *LWT-Food Sci. and Tech.*, 51: 383-392.
- Maskan, M. (2001). Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48(2), 169-175.
- Moreno, J., Chiralt, A., Escriche, I. & Serra, J. A. (2000). Effect of blanching/osmotic dehydration combined methods on quality and stability of minimally processed strawberries. *Food Research International*, 33(7), 609-616.
- Mutlu, A. & Ergüneş, G. (2008). Tokat'ta güneş enerjili raflı kurutucu ile domates kurutma koşullarının belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1, 61-68.
- Nowakunda, K., Andrés, A. & Fito, P. (2004). Osmotic dehydration of banana slices as a pretreatment for drying processes. In the international drying symposium, 14: 2077-2083.

- Özbek, H. N., Elik, A., Işınay, B., Sever, M., Bulut, Ş. E., Yanık, D.K., ... & Göğüş, F. (2021). Kombine kurutma sistemiyle kurutulan kayısıların renk parametreleri üzerine depolamanın etkisi. *Akademik Gıda*, 193, 257-266.
- Özler, S., Tarhan, S. & Ergüneş, G. (2004). Sebze kurutmada ön işlemin önemi ve uygulama teknikleri 1. *Cine Tarım*, 61, 40-42.
- Polat, A., Kurtulmuş, F. & İzli, N. (2020). Sürekli ve kesikli mikrodalga yöntemleriyle kurutulan elmanın renk değişim analizi, *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 341, 149-165.
- Polatci, H., Taşova, M., Saraçoğlu, O. & Taşkin, O. (2018). Şeftali *Prunus persica* L. Posasının farklı sıcaklıklarda kuruma parametrelerinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 143, 149-156.
- Polatci, H. & Taşova, M. (2018). Mikrodalga fırın ile kurutulan yenidünya *Eriobotrya japonica* L. meyvesinin kuruma kinetiği ve kalitesinin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 332, 124-130.
- Romano, G., Argyropoulos, D., Gottschalk, K., Cerruto, E. & Muller, J. (2010). Influence of colour changes and moisture content during banana drying on laser backscattering. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 32, 46-51.
- Seerangurayar, T., Al-Ismaïli, A. M., Jeewantha, L. J. & Al-Habsi, N. A. (2019). Effect of solar drying methods on color kinetics and texture of dates. *Food and Bioproducts Processing*, 116, 227-239.
- Sezer, D. B. & Demirdöven, A. (2015). Meyve sebze işlemede mikrodalga haşlama uygulamaları. *Gıda*, 403, 171-178.
- Silva Á.G., Cruz R. R. P., Moreira W.G., Pereira M.A.F., Silva A. S., Costa F. B., Nascimento A. M., Souza P. A., Timoteo A.L.S. & Ribeiro W. S. (2022). Solar drying of Prata bananas. *Food Science and Technology*, 42, e75021.
- Silva Júnior, A. F., Silva, W. P., Farias Aires, J. E., Aires, K. L. C. F. & Castro, D. S. (2017). Osmotic dehydration kinetics of banana slices considering variable diffusivities and shrinkage. *International Journal of Food Properties*, 206, 1313-1325.
- Şahin, H. F., 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.
- Şelem, E., Nohutçu, L., Tunçtürk, R. & Tunçtürk, M. (2021). Vermikompostlu ortamda yetiştirilen *Calendula officinalis* L. bitkisinde tuz stresinin morfolojik ve anatomik gelişim parametreleri üzerindeki etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 114, 3222-3231.
- Taiwo, K. A. & Adeyemi, O. (2009). Influence of blanching on the drying and rehydration of banana slices. *African Journal of Food Science*, 310, 307-315.
- Turgut, D. Y. & Topuz, A. (2020). Depolama süresinin farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş kamkat dilimlerinin bazı kalite özelliklerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 301, 44-56.
- Uysal, B. & Özkal, S. G. (2022). Limon kabuklarının sıcak hava, mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombinasyonu ile kurutulması. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 12 (4), 2223-2236.
- Waliszewski, K. N., Cortes, H. D., Pardio, V. T. & Garcia, M. A. (1999). Color parameter changes in banana slices during osmotic dehydration. *Drying Technology*, 17:4-5, 955-960
- Yıldız, T. D. (2022). Dondurarak ve sıcak hava ile kurutulmuş kamkat dilimlerinin bazı kalite özellikleri. *Bahçe*, 51 (1), 11-19.
- Yıldız, Z. (2011). Endüstriyel sıvılardan elektromanyetik filtrasyon yöntemiyle demir uzaklaştırılması ve proses parametrelerinin optimizasyonu, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya
- Yıldız, Z. & Gökayaz, L. (2020) Çok rafli güneş enerjili kurutucu ile elma kurutma işlemi üzerine kurutma koşullarının etkisi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 9(1), 27-36.
- Yokuş, B. (2014). Farklı ön işlemlerin ve uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin elmada toplam fenol miktarı ve antioksidan aktivite üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik.
- Zorlugenç, F.K. & Fenercioğlu, H. (2012). Ozmotik dehidrasyon ve sıcak hava ile kurutma işleminin Trabzon hurması meyvelerinin renk özellikleri üzerine etkileri, *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 285, 149-159.