

## Kombine Kurutma Sistemiyle Kurutulan Kayısların Renk Parametreleri Üzerine Depolamanın Etkisi

Hatice Neval Özbek<sup>1</sup>  , Aysel Elik<sup>1</sup> , Büşra Işınay<sup>1</sup> , Melis Sever<sup>1</sup> , Şakire Ecem Bulut<sup>1</sup> , Derya Koçak Yanık<sup>1</sup> , Ali Coşkun Dalgıç<sup>1</sup> , Ferruh Erdoğdu<sup>2</sup> , Fahrettin Göğüş<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Gaziantep

<sup>2</sup> Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara

Geliş Tarihi (Received): 23.03.2021, Kabul Tarihi (Accepted): 25.08.2021

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [haticeneval@gantep.edu.tr](mailto:haticeneval@gantep.edu.tr) (H.N. Özbek)

☎ 0 342 317 2323 📠 0 342 317 2362

### ÖZ

Bu çalışmada kükürtlenmemiş, iki farklı konsantrasyonda kükürtlenmiş (1kg ton<sup>-1</sup> ve 2kg ton<sup>-1</sup> kükürt) ve fıstık kabuğu ekstraktı uygulanmış kayıslar, yenilikçi kombine güneş enerjisi destekli havalı ön kurutma ve hava destekli radyo frekans kurutma sistemi kullanılarak kurutulmuştur. Elde edilen kuru kayıslar depolama sürecinde geleneksel güneş altında kurutulan kükürtlü ve kükürtsüz kayıslar ile karşılaştırılmıştır. Farklı ön işlemler ve teknolojilerle elde edilmiş altı farklı kuru kayısı için üç farklı depolama sıcaklığının (5, 20 ve 35°C) ürünlerin renk değerleri (CIELAB, L\*, a\* ve b\*) ve renk özellikleri (kroma, hue açısı değeri, toplam renk değişimi, kahverengileşme indeksi ve esmerleşme değeri) üzerine etkisi incelenmiştir. Sonuçlar, kükürtlenmiş örneklerin L\*, a\* ve b\* değerlerinde 5 ve 20°C'de depolanmaları sırasında önemli bir değişim olmazken, 35°C'de bu değerlerde önemli bir değişim olduğunu göstermiştir. Kükürtleme ön işleminden geçmeyen ürünlerde ise bütün sıcaklık derecelerinde L\*, a\* ve b\* değerlerinde önemli bir değişim gözlenmiştir. Benzer eğilim ürünlerin renk yoğunluğu ve kahverengileşme indeksi içinde gözlemlenmiştir. Ürünlerin esmerleşme reaksiyonları için uygulanan kinetik çalışmalar sonucunda bu reaksiyonların depolama sıcaklığına bağlı olduğu ve yüksek sıcaklıkta arttığı saptanmıştır. Fıstık kabuğu ekstraktı ve kükürt uygulanmış kayıslar için esmerleşme reaksiyonu hız sabiti (sıfırıncı derece) 5 ve 20°C'de sırasıyla 0.0006 ve 0.0009 hafta<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Sıcaklığın 35°C'ye çıkması ile bu değer 0.1786 hafta<sup>-1</sup> olarak bulunmuş olup, bu durum bu sıcaklıkta esmerleşme reaksiyonlarının önemli oranda arttığını göstermektedir. Sonuçlar kombine kurutma sisteminde kurutmanın, güneş altında kurutmaya kıyasla düşük kükürt konsantrasyonlarında dahi 5 ve 20°C'de depolanması esnasında kuru kayısının renk kalitesine katkı sunduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kayısı, Güneş enerjisi destekli havalı kurutma, Radyo frekans kurutma, Renk

### Effects of Storage on Color parameters of Apricot Dried by Combined Drying System

#### ABSTRACT

In this study, unsulfured, sulfured (1kg ton<sup>-1</sup> and 2kg ton<sup>-1</sup> sulfur) and extract (pistachio vera green hull extract) treated apricots were dried using an innovative combined solar-assisted air pre-drying and air-assisted radio frequency drying system. The obtained dried apricots were compared with unsulphured and sulphured apricots dried by the conventional sun drying during storage. The effects of three different storage temperatures (5, 20 and 35°C) on color values (CIELAB, L\*, a\* and b\*) and color properties (chroma, hue angle value, total color change, browning index and browning value) of six different dried apricots obtained by different pre-processes and technologies were examined. The results showed that while there was no significant change in L\*, a\* and b\* values of the sulphured samples during storage at 5 and 20°C, there was a significant change in these values at 35°C. A significant change was observed in

L\*, a\* and b\* values of unsulphured products at all temperatures. A similar trend was observed for the color intensity and browning index values of the products. As a result of the kinetic studies applied for the browning reactions of the products, it was determined that these reactions were dependent on the storage temperature and increased at high temperatures. The browning reaction rate constant (zero order) for apricots treated with pistachio hull extract and sulphur was found as 0.0006 and 0.0009 weeks<sup>-1</sup> at 5 and 20°C, respectively. With the temperature increasing to 35°C, this value was found to be 0.1786 weeks<sup>-1</sup>, which indicates that browning reactions increased significantly at this temperature. The results showed that drying in the combined drying system contributes to the color quality of dried apricots during storage at 5 and 20°C, even at low sulfur concentrations compared to drying under the sun.

**Keywords:** Apricot, solar hot air drying, Radio frequency drying, Color

## GİRİŞ

FAO [1] 2018 yılı verilerine göre dünyada 3,8 milyon ton kayısı üretilmiş olup 750 bin ton ve %20 oran ile Türkiye 1. sırada yer almaktadır. Ülkemizdeki kuru kayısı üretiminin büyük bir bölümü (>% 80) Malatya ilinde yapılmaktadır ve üretilen kuru kayısının önemli bir bölümü ihracat edilmektedir [2]. Dolayısıyla kuru kayısı ihracatı ülkemiz döviz girdisi açısından önem arz etmektedir.

Renk, ürünün tüketici açısından kabul edilebilirliğini ve tercihini etkileyen önemli bir duyuşsal parametredir. Kayısı, kurutma sırasında rengi en çok değişen meyvelerden biridir. Kurutma sırasında meyvede, enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları gerçekleşir ve kurutulmuş ürünün rengi büyük ölçüde etkilenir [3]. Kuru kayısının karakteristik altın sarısı rengi kuru kayısı ticaretinde çok önemli bir kalite kriteridir. Kayıslar karakteristik rengini, başta A vitamini öncüsü olan β-karoten olmak üzere karotenoid pigmentlere borçludur. Pigment konsantrasyonu dışında, kurutma koşulları ve SO<sub>2</sub> içeriği dahil olmak üzere kuru kayısının yüzey rengini etkileyen birçok faktör vardır [4].

Açık alana serilip güneş enerjisi kullanılarak yapılan güneşte kurutma işlemleri, kayısının kurutulmasında kullanılan en yaygın ve eski yöntemdir. Geleneksel güneş altında kurutma, endüstriyel kurutma ile karşılaştırıldığında herhangi bir sermaye gerektirmeyen, basit araç gereçlerle gerçekleştirilen ve düşük enerji maliyeti ile kayısı yetiştiriciliği yapan çiftçiler tarafından tercih edilen bir yöntemdir [5,6]. Ancak, geleneksel güneşte kurutma, önemli kayıplara neden olabilecek oldukça yavaş bir işlemdir. Güneşte kurutma, iklim şartlarına bağlı olarak yapılmaktadır. Ayrıca, bu yöntemde ürün hijyenik koşullar açısından kontrol edilememekte, böcek, kuş ve benzeri zararlıların etkisine uğramakta ve ayrıca kirlenmektedir [7-9]. Dahası, kurutma işlemleri için oldukça geniş alanlara ihtiyaç duyulur. Bununla birlikte, enzimatik reaksiyonlar ve mikroorganizma büyümesi nedeniyle ürün kalitesinde ciddi kayıplar da meydana gelir [10]. Bu durum, ülkemizde üretilen kayısların düşük fiyattan alıcı bulmasına neden olmaktadır. Kuru kayısı ihracatında lider olan ülkemizde üretilen ürünlerin yurt dışında yüksek fiyattan alıcı bulabilmesi ve yeni pazarlara ulaşabilmesi için süreç maliyetinin düşürülmesi ve yüksek kalitede üretimin gerçekleştirilmesi önemli bir gerekliliktir.

Radyo frekans (RF) uygulaması, ürünlerde hızlı ve homojen sıcaklık dağılımı sağlanması ve enerji verimliliğinin yüksek olması sebebiyle son yıllarda gıda proseslerinde kullanımı giderek artan bir yöntemdir [11]. Geleneksel kurutma sistemlerinde ürün su oranının azalmasıyla ısıl yayılım katsayısı azalmakta ve bu durum ürün içerisine kondüksiyonla ısı geçişini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, özellikle ürün yüzey sıcaklığı istenmeyen oranda yükselmekte; aynı anda su oranı azalmasına bağlı olarak kararmaya neden olan bileşenlerin konsantrasyonları artmakta ve ürün yüzeyinde esmerleşme reaksiyonları gerçekleşebilmektedir [12]. RF uygulaması ise, kurutma proseslerinde özellikle azalan kuruma hızı bölgesinde üründe etkin bir ısınma sağlayabilir ve kuruma hızı azalmasına bağlı olarak meydana gelen uzun kurutma süresi ve ürün sıcaklık artışı gibi problemlerin önüne geçebilir. Bu kapsamda RF uygulaması kullanılarak yapılan kurutma işlemlerinde endüstriyel uygulama açısından daha verimli sonuçlar alınabilir. Ancak, kurutma işlemleri için doğrudan bir radyo frekans işlemleri uygulaması, ürünün yüksek nem içeriği ve suyun dielektrik özelliği nedeniyle kurutulacak ürün içerisinde absorbe edilen gücün ve sıcaklık değişiminin kontrolünü zorlaştıracaktır. Yüksek nem içerikli ürün doğrudan RF ısıtmaya maruz bırakıldığında çok fazla enerji absorbe eder ve bu durum ürünü kurutmaktan ziyade pişirme işleminin gerçekleşebildiği oldukça yüksek sıcaklıklara yol açabilir. Bu nedenle, güneş enerjisi destekli havalı ön kurutma ve ardından RF kurutma yönteminin kullanımı, hem nihai ürün kalitesini hem de kurutma ekonomisini iyileştirebilmesi açısından daha doğru bir yaklaşım olarak görülebilir. Ancak, literatürde meyve sebze kurutulmasına yönelik kombine güneş enerjisi destekli havalı ön kurutma ve sıcak hava destekli RF kurutma sistemini kullanan çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Kuru kayısı üretiminde, uygulanan ön işlemler ve kurutma tekniğinin yanı sıra depolama koşulları da ürünün son kalitesi ve buna bağlı olarak satış değeri üzerinde önemli etkilere sahiptir. Kuru kayıslar, kurutma işlemlerinden sonra tüketiciye ulaşmaya kadarki dönemde ortam koşullarının etkisiyle yavaş veya hızlı kalite kayıplarına maruz kalır. Uzun depolama dönemlerinde, bu kayıp daha büyük boyutlara ulaşır. Kurutulmuş meyvelerin renk değerleri ve özellikleri depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak ciddi biçimde etkilenmektedir. Depolama sürecinde ortam koşulları kontrol altında tutulursa, bu kayıplar azaltılabilir [13].

Bu çalışmanın amacı üç farklı depolama sıcaklığının (5, 20 ve 35°C) farklı ön işlem ve kurutma yöntemleriyle (geleneksel güneş enerjisiyle kurutma ve kombine

güneş enerjisi destekli geleneksel kurutma ve sıcak hava destekli RF kurutma sistemi) elde edilmiş kuru kayısıların renk parametreleri üzerine etkisini incelemektedir.

## MATERYAL ve METOT

### Materyal

Malatya Kayısı Araştırma Enstitüsü bahçesinden toplanan taze kayısılar (*Prunus armenica* L., Hacıhaliloğlu çeşidi) klimalı araçlarda taşınarak aynı gün plastik kasalarda Gaziantep Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde soğuk hava depolarına yerleştirilmiştir. Olgunlaşmamış, aşırı olgunlaşmış, çürümüş ya da yaralı olan kayısılar ayıklandıktan sonra aynı boyutlarda ve renkte kayısılar seçilmiş ve kurutma deneylerinde kullanılabilecek kadar en fazla 2 gün 3°C'de saklanmıştır. Analizlerde kullanılan elemental kükürt ( $\geq 99\%$  saflıkta), formaldehit, asetik asit, kurşun asetat ve etanol Sigma-Aldrich (ABD) firmasından temin edilmiştir.

### Metot

#### Kükürtleme ve Ekstrakt Uygulanması

İki gruba ayrılan kayısılar, kükürt kabiniinde 1kg/ton ve 2kg/ton kükürt yakılarak 12 saat boyunca ve oda sıcaklığında (25°C) kükürt dumanına maruz bırakılmıştır. Kükürtlenen kayısılar doğrudan kurutma işlemine tabi tutulmuştur.

Kayısılar, kayısı/çözelti oranı 1/3 (ağırlık/hacim) olacak şekilde oda sıcaklığında (25°C) %1.75 (ağırlık/ağırlık) derişimdeki fıstık kabuğu ekstraktı solüsyonuna 60 dakika süreyle daldırılmıştır. Ekstrakt solüsyonuna daldırılan kayısıların yüzey suyu 5 dakika elekte bekletilerek süzdürüldükten sonra kükürtleme işlemine tabi tutulmuştur. Kullanılan ekstrakt fıstık kabuklarının etanol/su (1/1 hacimce) ile ekstraksiyonu ve elde edilen ekstraktın etil asetat kullanılarak sıvı-sıvı ekstraksiyonu ile saflaştırılmasıyla elde edilmiştir. Ekstraktlı ürün tek konsantrasyonda (1 kg elemental kükürt ton<sup>-1</sup>) yukarıda belirtilen metot uygulanarak kükürtlenmiştir. Ekstrakt ve kükürtleme işlemine tabi tutulan kayısılar doğrudan kurutulmuştur.

#### Geleneksel Güneş Enerjisi ile Kurutma

Kükürtlü (15 kg) ve kükürtsüz (Natürel) (15 kg) kayısılar örme çelik tepsilere yerleştirildikten sonra Gaziantep Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü terasında yerden 3 cm yükseklikte güneş ışınları altında kurumaya bırakılmıştır. Kuruma süresince gündüz hava sıcaklığı en yüksek 40°C ve gece hava sıcaklığı en düşük 21°C idi. Havanın bağıl nemi ise %20 ile %48 arasında değişkenlik göstermiştir. Güneş ışınım şiddeti ise ağustos ayı için günlük 5.92 kWh/m<sup>2</sup>'dir. Kurumanın 3. günü sonrasında çekirdekleri çıkarılan kayısılar tekrar bütün olarak tepsilere yerleştirilmiştir ve ürün su içeriği

yaş bazda (yb) %20-25 aralığına gelene kadar (6 gün) kurutulmaya devam edilmiştir. Geleneksel güneş enerjisiyle kurutulan kayısılar kontrol ürünler olarak kullanılmıştır.

#### Kombine güneş enerjisi destekli havalı ön kurutma ve radyo frekans kurutma işlemi

Güneş enerji destekli havalı ön kurutma işlemi kabin tipi kurutma sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Güneş enerjili kurutma sistemi ayrıntılı olarak Işınay (2020) tarafından anlatılmıştır [14]. Her bir kurutma işlemi için 15 kg kayısı (her katta 5 kg olmak üzere 3 kat) paslanmaz çelik sepetlere yerleştirilerek 63.5°C'de 895 dakika süreyle kurutma işlemine tabi tutulmuştur [14]. Tüm işlemlerde hava hızı 5.5-6 m/s aralığına ayarlanmıştır.

Hava destekli RF kurutma, güneş destekli havalı ön kurutmayı takiben gerçekleştirilmiştir. Güneş destekli havalı kurutma sisteminde kurutulan 15 kg kayısının çekirdekleri çıkarıldıktan sonra hava destekli RF kurutma sisteminde kurutma işlemine devam edilmiştir. Hava destekli RF kurutma işlemi 77 mm elektrot yüksekliğinde ve 385 dakika süreyle gerçekleştirilmiştir [14]. Uygulanan kombine kurutma işleminin ardından kayısıların nem içeriği %20-25 (yb) aralığına düşürülmüştür.

#### Paketleme ve Depolama

Kükürtlenmemiş, iki farklı konsantrasyonda kükürtlenmiş (1kg/ton ve 2kg/ton kükürt) ve fıstık kabuğu ekstraktı (%1.75 derişimde hazırlanmış) ve kükürt uygulanmış (1kg/ton) güneş enerjisi destekli hava ve hava destekli RF sisteminde üretilen kuru kayısılarından birer parti, kontrol grubu olarak ise aynı hammaddeden temin edilen ve güneş altında geleneksel yollarla kurutulan kükürtlü (2kg/ton) ve kükürtsüz kayısılarından birer parti olmak üzere altı farklı ürün için depolama şartları çalışılmıştır. Paketlenip depolanan ürünlerin tanımlaması Tablo 1'de yapılmıştır.

Paketleme öncesi her bir ürünün (Tablo 1) kendi içerisindeki numuneler arasında muhtemel nem farklılıklarının giderilmesi için desikatörlerde saklanarak su dengesi sağlanmıştır. Ürünlerin paketlenmesinde malzeme olarak endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılan polietilen (et kalınlığı:70 µ) torbalar kullanılmıştır. Her bir üründen toplamda 12 kg olmak üzere kayısılar öncelikle 0.5'er kilogramlık polietilen paketlere doldurulmuş, ağızları normal atmosfer havasıyla ısı yapıştırma ile kapatıldıktan sonra karton kutulara yerleştirilmiştir. Paketlenen ürünler 5±1°C'de buzdolabı ile 20±1 ve 30±1°C sağlayan soğutmalı etüvlerde depolanmıştır. Saklanan kuru kayısılarından ilk etapta 15 günde bir, 2. ayın sonrasında her iki ayda bir kez olmak üzere numuneler alınarak analizler gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Depolama için kurutulmuş ürünler

Ürün kodu	Ürün detayı	Kükürtleme Düzeyi
GDH-RF		-
GDH-RF/1S	Güneş destekli havalı kurutmaya takiben radyo frekans kurutma uygulanan kayısılar	1 kg/ton
GDH-RF/2S		2 kg/ton
GDH-RF/EX+1S	%1.75 fıstık kabuğu ekstraktı uygulanarak güneş destekli havalı kurutmaya takiben radyo frekans kurutma uygulanan kayısılar	1kg/ton
GK/GK	Geleneksel güneş altında kurutulmuş kayısılar	-
GK/2S		2 kg/ton

### Renk Parametreleri

Kayısı örneklerin aydınlık değeri ( $L^*$ ), kırmızılık indeksi ( $a^*$ ) ve sarılık indeksi ( $b^*$ ) değerleri CIE Lab sisteminde HunterLab ColorFlex (A60-1010-615 Model Colorimeter, Hunter Lab, Reston, Virginia, ABD) cihazı kullanılarak meyvenin her iki yüzeyinden ölçüm almak suretiyle belirlenmiştir. Cihaz her seferinde beyaz ve siyah seramik plakalar ( $L_0=93.01$ ,  $a_0=-1.11$  ve  $b_0=1.30$ ) kullanılarak standardize edilmiştir. Ölçümler gün ışığı modunda (Daylight Color D65/10 $^*$ ) gerçekleştirilmiştir.

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

$$h^* = \arctan(b^*/a^*) \quad (2)$$

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3)$$

$$BI = [100(x - 0.31)]/0.17x = (a^* + 1.75L^*)/(5.645L^* + a^* - 0.3012b^*) \quad (4)$$

### Esmerleşme Tayini

Kuru kayısılarda esmerleşme Coşkun ve ark. [15] kullandıkları metot kullanılarak belirlenmiştir. Suda çözünen kahverengileşme pigmentleri, 10 mL/L formaldehit içeren 20 mL/L asetik asit kullanılarak ekstrakt edilmiştir. Karışıklığa neden olmaması için karotenoid pigmentleri kurşun asetat ve etanol ile uzaklaştırılmıştır. Formaldehit SO<sub>2</sub>'nin uzaklaştırılması için kullanılmıştır. Çökeltinin üstünde kalan fazdan numune alınarak 420 nm ve 600 nm de UV-Vis Spektrofotometre (Optima SP-3000 nano UV-Vis Spektrofotometre, OPTIMA Tokyo, Japonya) kullanılarak absorbans okuması yapılmıştır. 600 nm'de okunan absorbans değeri 420 nm'de okunan değerden çıkartılarak esmerleşme hesaplanmıştır. Sonuç 420 nm absorbans/g kuru madde miktarı olarak verilmiştir.

### Kinetik Modelleme

Depolama süresince; kuru kayısılardaki esmerleşme değerinin kinetiği doğrusal regresyon yöntemi ile determinasyon katsayısı kullanılarak hesaplanmıştır. Reaksiyonun sıcaklık derecesinden etkilenmesi, Arrhenius eşitliği kullanılarak hesaplanan aktivasyon enerjisi ( $E_a$ ) ile belirlenmiştir.

### İstatistiksel Analiz

Tüm deneysel uygulamalar 3 tekrarlı yapılmış ve sonuçlar, ortalama  $\pm$  standart sapma olarak verilmiştir. Elde edilen tüm veriler SPSS 22 (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) istatistiksel paket programı kullanılarak varyans

Kayısı numunelerinden rasgele seçilen 10 tane kayısı alınarak ölçüm yapılmış ve ortalaması sonuç olarak kaydedilmiştir.  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri kullanılarak  $C^*$  (chroma),  $h^*$  (hue angle) değeri, toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) ve kahverengileşme indeksi (BI) sırasıyla (1), (2), (3) ve (4) eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

Eşitlik 3'te belirtilen  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  ve  $\Delta b^*$ , değerleri taze ve kuru kayısılar için belirlenen  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  arasındaki farkı ifade etmektedir.

analizi (ANOVA) ve Duncan çoklu regresyon analizi ile % 95 güven aralığında test edilmiştir.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

Gıda ürünlerinin rengi, ürünün görünümünü ve tüketicinin kabulünü doğrudan etkileyen en önemli kalite parametrelerinden biridir. Renk değişkenleri, meyve ve sebzelerde bulunan bazı bileşenlerin türleri ve miktarları, pigment kaybı ve meyve ve sebzelerin termal prosesi sırasında meydana gelen enzimatik ve enzimatik olmayan reaksiyonlarla ilişkilendirilmiştir [16-17]. Bu bağlamda farklı kurutma özelliklerine sahip kuru kayısılar için renk değerleri ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) ve renk özellikleri ( $c^*$ ,  $h^*$ ,  $\Delta E$ , BI, esmerleşme değeri) farklı depolama sıcaklıklarında, depolama öncesi ve depolama son süreci için Tablo 2'de verilmiştir. Depolama sıcaklığı 5°C'de ürünlerin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde, sırasıyla 1.0-8.1, 1.0-6.4 ve 1.0-11.2 birim azalma meydana geldiği görülmektedir.  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerindeki azalmanın 20°C'de depolanan ürünlerde sırasıyla 1.3-11.0, 1.3-9.5 ve 1.3-15.4 birim olduğu görülmektedir. Depolama sıcaklığının 35°C olduğu ürünlerin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde ise sırasıyla, 13.3-23.8, 8.8-17.5 ve 17.4-30.8 birim azalma meydana geldiği görülmektedir. Kükürtleme işleminden geçen örneklerin 5 ve 20°C'de depolanmaları sırasında  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir değişim gözlemlenmemiştir ( $p>0.05$ ). Bu ürünler için depolama sıcaklığının 35°C olması,  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir değişime neden olmuştur ( $p<0.05$ ). Kükürtleme ön işleminden geçmeyen ürünlerde ise bütün sıcaklık derecelerinde  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde

istatistiksel olarak önemli bir değişim gözlenmiştir ( $p < 0.05$ ).

Türkyılmaz ve ark. [13] farklı konsantrasyonlarda kükürtleyerek güneş altında kuruttukları kayısıların 5, 10, 20 ve 30°C'de 351 gün boyunca depolanmaları sonucunda renk değerlerinde meydana gelen değişimi incelemiştir. Elde ettikleri sonuçlar kükürt konsantrasyonunun artmasıyla ürünlerin renginin daha açık olduğunu ve numunelerde kurutma ve depolama sırasında istenmeyen kahverengi renk oluşumunun önlenmesinde SO<sub>2</sub> konsantrasyonunun önemli olduğunu göstermiştir. Ayrıca depolama sıcaklığının artmasıyla

ürünlerin renginin kahverengiye döndüğü ve kuru kayısıların karakteristik altın sarısı renklerini korumak için düşük depolama sıcaklıklarının (20°C'den düşük) tercih edilmesi gerektiği rapor edilmiştir. Öztürk ve ark. [18] tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışma da ise kükürtlenerek normal koşullarda 1 yıl boyunca depolanan ürünlerin renk parametreleri incelenmiştir. Çalışmanın sonuçları depolama sırasında en önemli değişikliğin b\* ve a\*/b\* renk değerlerinde olduğunu göstermiştir. Kuru kayılarda SO<sub>2</sub> kaybı nedeniyle meyvenin sarı rengini belirten b\* değerinin 21.14'ten 17.34'e düştüğü ve meyve renginin kırmızı veya kahverengiye dönüşme eğilimi gösterdiği belirtilmiştir.

Tablo 2. Kurutulmuş kayıslarda renk değerleri ve renk özelliklerinin depolama sonunda değişimi

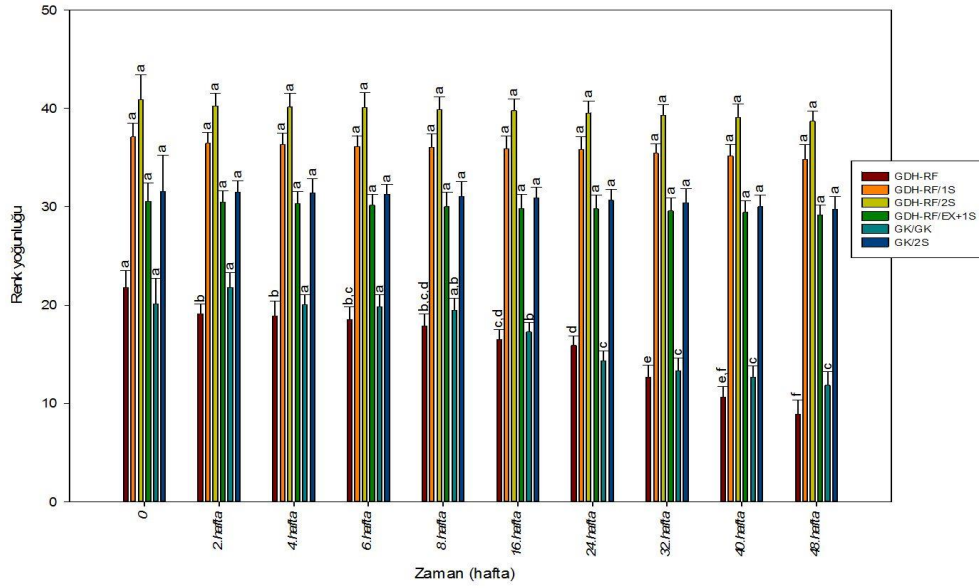
Ürün	Zaman (hafta)	Sıcaklık (°C)	L*	a*	b*	c*	h°	ΔE	BI	Esmerleşme değerleri (A <sub>420</sub> /g kuru madde)
GDH/RF	0		32.5±2.7	11.5±1.1	18.5±2.5	21.8±1.7	58.1±3.5	0	106.5	0.69±0.02
	48	5	24.4±1.5	5.1±0.7	7.3±1.2	8.9±1.4	55.1±1.3	15.2	50.3	3.85±0.01
		20	21.5±1.0	2.0±1.0	3.1±1.0	3.7±1.2	57.2±1.5	21.2	22.1	4.22±0.02
		35	16.5±1.2	0.1±1.0	0.4±1.0	0.4±1.0	75.9±1.1	26.7	2.8	11.84±0.04
GDH-RF/1S	0		45.0±1.3	15.4±1.3	33.8±1.9	37.1±1.4	65.5±1.8	0	149.8	0.24±0.01
	48	5	43.4±1.3	13.9±1.0	31.9±1.0	34.8±1.5	66.5±1.3	2.9	142.3	0.27±0.01
		20	43.2±1.5	13.6±1.4	31.7±1.8	34.5±1.0	66.8±1.5	3.3	141.6	0.29±0.01
		35	21.8±1.2	0.8±0.4	3.0±0.7	3.1±1.2	75.1±1.0	41.2	17.2	8.61±0.03
GDH-RF/2S	0		45.7±1.9	18.3±1.4	36.6±2.7	40.9±2.5	63.4±2.5	0	165.8	0.22±0.02
	48	5	43.9±1.2	16.7±1.3	34.9±1.5	38.7±1.0	64.4±1.1	2.9	162.8	0.25±0.01
		20	43.7±1.1	16.4±1.7	34.7±1.2	38.4±1.2	64.7±1.4	3.3	162.2	0.27±0.01
		35	21.9±0.6	1.0±0.1	3.8±0.3	3.9±1.1	75.3±1.2	44.1	22.0	8.32±0.02
GDHRF/EX+1S	0		36.9±0.8	18.1±1.3	24.6±1.9	30.5±1.9	53.7±2.5	0	136.9	0.22±0.01
	48	5	35.9±1.2	17.1±0.9	23.6±1.0	29.1±1.0	54.1±1.0	1.7	133.9	0.25±0.01
		20	35.6±1.1	16.8±1.2	23.3±1.2	28.7±1.3	54.2±1.1	2.3	132.9	0.26±0.01
		35	21.9±0.6	0.6±0.2	2.4±0.3	2.5±1.0	75.9±1.3	32.0	13.4	8.17±0.02
GK/GK	0		33.4±1.7	9.2±1.6	17.9±2.4	20.1±2.6	62.8±2.6	0	94.3	0.75±0.02
	48	5	27.3±1.4	6.2±0.9	10.1±1.0	11.9±1.4	58.5±1.3	10.3	62.1	3.69±0.02
		20	26.3±1.3	4.4±0.8	7.8±1.1	8.9±1.5	60.6±1.2	13.2	46.9	4.16±0.02
		35	20.1±1.3	0.4±0.6	0.5±1.2	0.6±1.3	51.3±1.0	23.6	3.9	9.32±0.04
GK/2S	0		38.1±1.7	15.8±1.9	27.3±1.4	31.5±3.7	59.9±2.9	0	144.0	0.29±0.01
	48	5	36.6±1.4	14.6±1.2	25.9±1.2	29.7±1.3	60.6±1.5	2.4	140.7	0.33±0.02
		20	36.4±1.5	14.3±1.2	25.7±1.2	29.4±1.4	60.9±1.1	2.8	139.9	0.35±0.02
		35	20.5±1.0	0.9±0.3	0.5±1.1	1.0±1.0	29.1±1.2	35.4	5.6	9.27±0.03

5°C'de depolanan ürünlerin c\* değerlerinde, 1.4-12.9 birim azalma meydana gelirken h° değerlerinde, GDH-RF ve GK/GK ürünü haricinde 0.4-1.0 birim artış meydana gelmiştir. GDH-RF ve GK/GK ürünlerinin h° değerleri ise sırasıyla 3.0 ve 4.3 birimlik azalma göstermiştir. 20°C'de depolanan ürünlerin c\* değerlerinde, 1.8-18.1 birim azalma meydana gelirken h° değerlerinde, GDH-RF ve GK/GK ürünleri haricinde 0.5-1.3 birim artış meydana gelmiştir. GDH-RF ve GK/GK ürünleri, sırasıyla 0.9 ve 2.2 birimlik azalma göstermiştir. h° değerinin 90 dereceye yaklaşması sarı renk karakterinin göstergesi olup, kükürtsüz ürünlerde uygulanan 5 ve 20°C'de depolama sıcaklıklarında sarılığın kaybolduğu, ancak kükürtlü ürünlerde daha

belirginleştiği gözlenmiştir. Sen vd [19] farklı konsantrasyonlarda (1,250, 2,000 ve 3,500 mg/kg) kükürtleyerek kuruttukları kayısıları 20 °C'de 18 ay depolamışlardır. h° değerlerinin düşük ve orta konsantrasyonda SO<sub>2</sub> ile muamele edilen kayıslarda 12 ay sonunda önemli ölçüde azalırken, yüksek konsantrasyonda kükürtlenen ürünlerde belirgin bir azalmanın olmadığını belirtmişlerdir. 35°C'de depolanan ürünlerin c\* değerlerinde, 19.5-37.0 birim azalma meydana gelirken h° değerlerinde, GK/GK ve GK/2S ürünleri haricinde 9.6-22.2 birim artış meydana gelmiştir. GK/GK ve GK/2S ürünlerinin h° değerlerinde ise sırasıyla 11.5 ve 30.8 birim azalış gözlenmiştir.

Şekil 1, 2 ve 3 sırasıyla 5, 20 ve 35°C'de depolama şartlarının farklı ürünler için zamana bağlı renk yoğunluğu ( $c^*$ ) değişimlerini göstermektedir.  $c^*$ , renkliliğin kantitatif tanımı olarak ifade edilmektedir.  $c^*$  değerinin artması daha yoğun bir rengin ifadesidir [20]. Ayrıca, toplam renk değişimi ve  $c^*$  çilekte saklama esnasında sıcaklığa bağlı olarak renk kaybının belirlenmesinde en hassas renk parametreleri olarak tanımlanmıştır [21]. Kükürtlü ürünlerde renk yoğunlukları 5 ve 20°C'de önemli bir değişim göstermemiştir ( $p>0.05$ ). Ancak kükürtsüz ürünlerin renk yoğunluğunda 5 ve 20°C'de önemli bir değişim gözlemlenmiş olup ( $p<0.05$ ), bu değişim 5°C'de depolamada dahi belirgindir. Depolama sıcaklığının 35°C olması durumunda tüm ürünlerde belirgin bir renk yoğunluğu kaybı gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). Ekstrakt ve kükürt

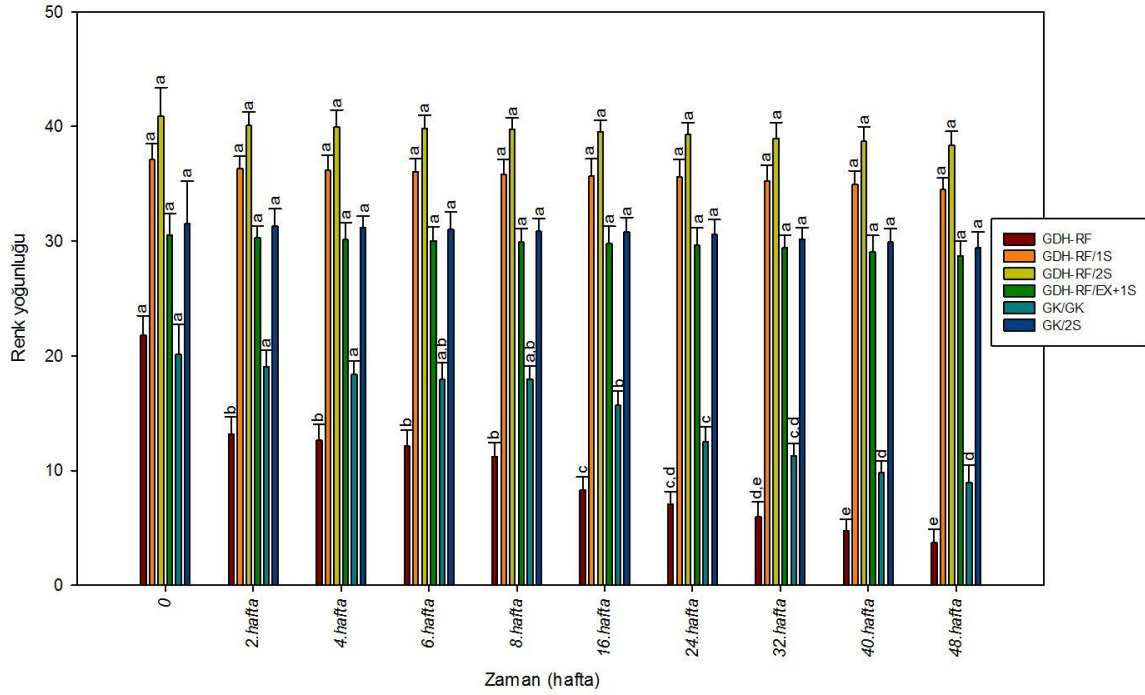
uygulanmış ürünlerin ilk değerleri düşük olmakla birlikte depolama esnasında yüksek depolama koşullarında dahi 8.haftaya kadar renk yoğunluğu özelliklerini kısmen koruduğu görülmektedir. GDH-RF/2S ürünüde depolama öncesi GK/2S'e kıyasla belirgin şekilde yüksek olan renk yoğunluğu 8. haftada GK/2S'in depolama öncesi seviyesine düşmüştür. Buradan görüleceği üzere GDH-RF kurutma sistemi ile kurutulan ürünler daha iyi renk değerlerine sahip olmanın yanı sıra depolama esnasında da daha uzun süreli renklerini koruma özelliği göstermektedirler. Bu durumun GDH-RF sisteminde kurutulan ürünlerde daha fazla kalıntı kükürt kalması ve kurutma sonrası üründe homojen kükürt dağılımının sağlanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



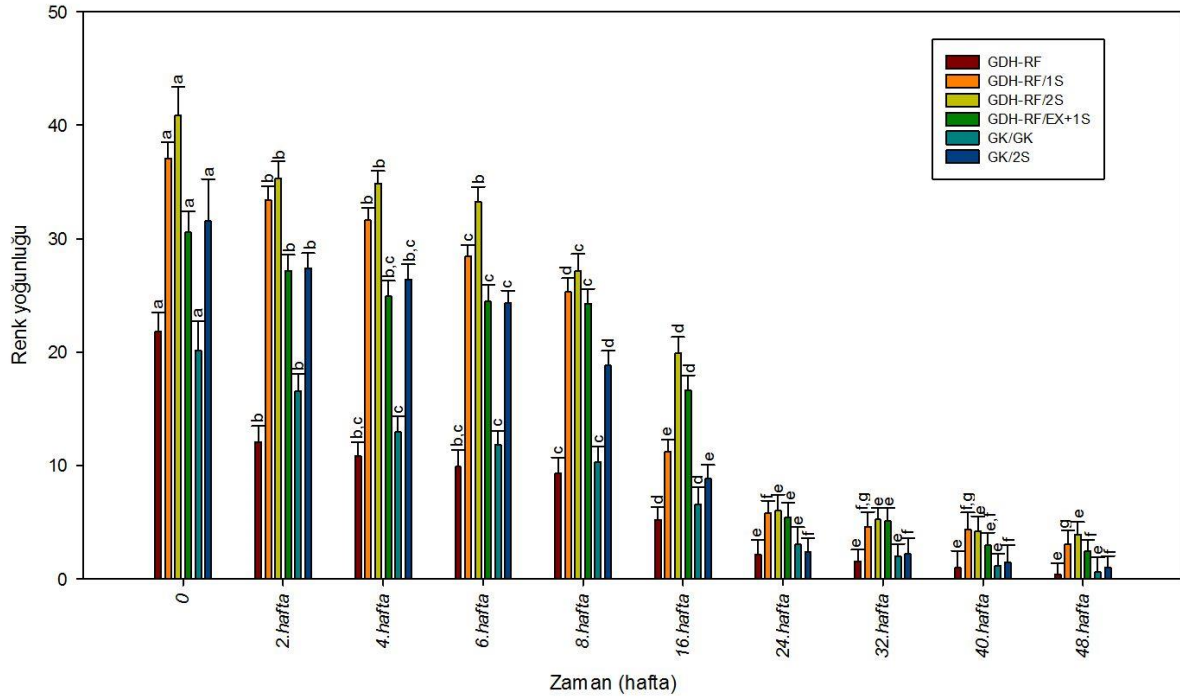
Şekil 1. 5°C 'de depolanan kayısıların depolama süresince renk yoğunluğundaki değişim. Her ürün için, farklı harflere sahip sütunlar istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir ( $p<0.05$ ).

Kükürtlü olan GDH-RF/1S, GDH-RF/2S, GDH-RF/EX+1S VE GK/2S ürünleri 5°C ve 20°C'de 48 hafta depolandığında BI değerlerinde başlangıçtaki değerleri ile kıyaslandığında hafif bir azalma olurken, 35°C'de depolandığında ise önemli bir düşüş görülmüştür. Özellikle düşük kükürt konsantrasyonları uygulanan radyo frekans kurutma sisteminde kurutulmuş GDH-RF/1S, GDH-RF/EX+1S ürünlerinde BI değerlerinin, güneşte kurutulan ve daha yüksek kükürt uygulanan örneklerle kıyasla tüm depolama şartlarında benzer olduğu görülmektedir. Yukarıda belirtildiği üzere güneş kurutma işleminde kükürt kaybının daha fazla olması depolama sürecinde ürünün renk kalitesine olumsuz olarak yansımaktadır. Sıcaklığın yüksek olduğu durumlarda bu fark daha belirgindir ve radyo frekans ile kurutulan düşük kükürt konsantrasyonlu ürünler depolama boyunca renklerini daha iyi muhafaza etmektedirler. Kükürtlenmemiş olan GDH-RF ve GK/GK ürünleri ise 5°C ve 20°C'de kükürtlenmiş ürünlere kıyasla belirgin bir kahverengileşme göstermişlerdir. Bu değişim 35°C'de çok daha belirgindir. Coşkun ve ark. [15] kükürtlenmiş kayıslarda 5 ve 20°C depolamanın ürün renk değerleri üzerinde önemli seviyede bir etki göstermediğini ancak 35°C'de belirgin bir

kahverengileşme olduğunu rapor etmişlerdir. Bu sonuçlar, her ne kadar kükürt oranları ve kurutma işlemleri farklılık gösterse de bu çalışmada bulunan sonuçlara benzerlik göstermektedirler. Depolama sürecinde ürünlerin BI değerleri düşüş gösterirken  $\Delta E$  değerleri artış göstermektedir. Bu renk davranışı daha önceki çalışmalarda da rapor edilmiştir [22-23]. Depolama öncesi BI değerleri daha yüksek olan ürünlerde, özellikle 35°C'de depolama sonunda daha yüksek bir  $\Delta E$  değerine ulaşılmıştır. Yüksek kükürtlü ve kuruma sonrası renk değerini koruyan ürün olan GDH-RF/2S' te bu durum çok belirgin bir şekilde gözlemlenmiştir. Ayrıca 5 ve 20°C'de depolamaya kıyasla 35°C'de depolama sonunda  $\Delta E$  değerlerinde artış gözlemlenmiş olup, bu artış kükürtlenmiş ürünlerde daha belirgindir. Keşelji ve ark. [24] kükürtlenerek kurutulan ve 3 ve 25°C'de depolanan ürünlerin 6 ay boyunca  $\Delta E$  değerlerinde meydana gelen değişimi incelemiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara benzer şekilde, yazarlar  $\Delta E$  değerinde en yüksek değişimin 25°C'de saklanan numunelerde olduğunu, 3°C'de saklanan numunelerin renginin ise depolama sırasında önemli ölçüde değişmediğini rapor etmişlerdir.



Şekil 2. 20°C 'de depolanan kayısıların depolama süresince renk yoğunluğundaki değişim Her ürün için, farklı harflere sahip sütunlar istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir ( $p < 0.05$ ).



Şekil 3. 35°C 'de depolanan kayısıların depolama süresince renk yoğunluğundaki değişim Her ürün için, farklı harflere sahip sütunlar istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir ( $p < 0.05$ ).

Farklı depolama sıcaklıklarında ürünlerin esmerleşme değerleri Tablo 2'de verilmiş olup, bu değerler ile BI değerleri arasında ters bir ilişki olduğu görülmüştür. Benzer bir durum Alagöz ve ark. [23] tarafından gerçekleştirilen çalışmada da rapor edilmiştir. Kükürtlü ürünler (GDH-RF/1S, GDH-RF/2S, GDH-RF/EX+1S ve GK/2S) 5°C'de depolandığında neredeyse başlangıç esmerleşme değerini korurken, 20°C'de bu değer sınırlı miktarda bir değişim göstermiştir. 35°C'de ise ürünlerin esmerleşme değerleri hızlı bir artış göstermiştir.

Kükürtsüz ürünlerde (GDH-RF ve GK/GK) ise tüm depolama sıcaklıklarında esmerleşme değerlerinde bir artış olduğu saptanmış olup bu artış 35°C'de depolanan ürünlerde en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Kayısların kurutulması ve depolanması sırasında enzimatik ve enzimatik olmayan reaksiyonlar ürünün esmerleşmesine neden olmaktadır. Kuru kayıslarda arzu edilen karakteristik sarı renk ancak kükürtleme işlemi ile sağlanabilmektedir. Uygulanan kükürtleme işleminin meyve ve sebzelerde hem enzimatik hem de enzimatik



olmayan esmerleşme reaksiyonlarını önlediği bilinmektedir [25]. Bu çalışmadaki sonuçlara benzer bulgular Alagöz ve ark. [23] tarafından da rapor edilmiştir. Yazarlar 4 ve 10°C'de depolanan kükürtsüz ve potasyum sorbat uygulanmış kayıslarda önemli bir esmerleşme tespit edememiş, ancak 30°C'de esmerleşmenin önemli seviyede olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca potasyum sorbat uygulanmış kayıslarda esmerleşmenin uygulanmamış olanlara kıyasla daha az olduğunu ifade etmişlerdir. Elmacı ve ark. [26] tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise üç farklı sıcaklıkta (5, 15 ve 25°C) depolanan kükürtsüz kayıslarda düşük sıcaklıklarda önemli bir kahverengileşme olmazken sıcaklığın artmasıyla kahverengileşmenin arttığı rapor edilmiştir. Kurutma yönteminin ürünlerin esmerleşme değerleri üzerindeki etkisi incelendiğinde ise kükürtlü ürünlerde GDH-RF kurutma sistemiyle kurutulan kayısların güneş altında kurutulanlara kıyasla esmerleşme değerlerinin depolama sonunda daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durum daha önce de belirtildiği üzere GDH-RF sisteminin kükürt kaybını önlemesi ve üründe homojen kükürt dağılımı sağlanmasından kaynaklanmaktadır. Kükürtsüz ürünlerde ise güneş altında kurutulan ürünün (GK/GK) esmerleşme değerleri GDH-RF sistemiyle kurutulan kayısların (GDH-RF) esmerleşme değerleriyle 5 ve 20°C'de hemen hemen aynı, 35°C'de ise daha düşük bulunmuştur. Kurutma sonrası GK/GK ürününün esmerleşme değeri (0.75 A<sub>420</sub> /g kuru madde) GDH-RF ürününden (0.69 A<sub>420</sub> /g kuru madde) yüksektir. Bu bulgu GK/GK ürünüde meydana gelen esmerleşmenin

depolamadan çok kurutma sırasında olduğunu göstermektedir.

Kuru kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması sırasında esmerleşme değerlerindeki değişim kinetik olarak incelendiğinde, tüm ürünlerde bu değer zamanla değişiminin genel olarak lineer olduğu ve reaksiyonun sıfırıncı dereceden olduğu görülmüştür. Örnek olarak GDH-RF kayısının farklı sıcaklıklarda depolanması süresinde esmerleşme değerinde zamana bağlı meydana gelen değişim Şekil 4'te gösterilmektedir. Bu nedenle aşağıda verilen sıfırıncı derece reaksiyon denklemi kullanılarak farklı sıcaklıklardaki reaksiyon hız sabiti hesaplanmıştır.

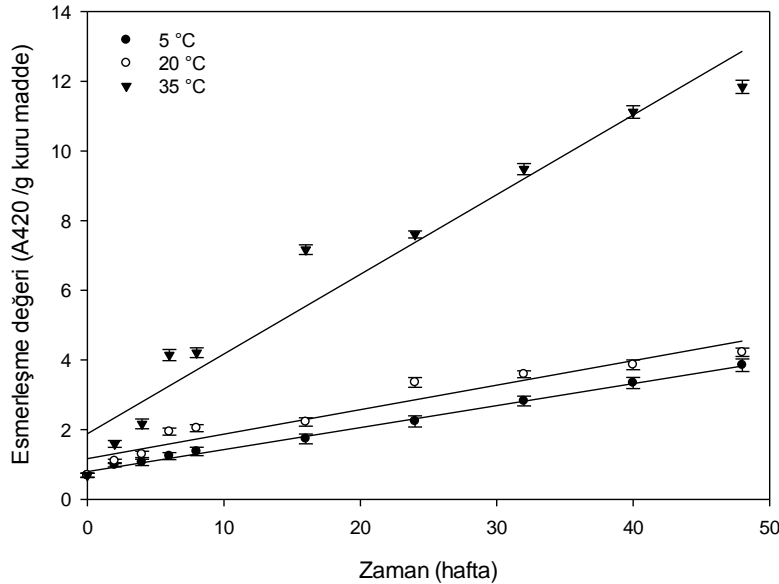
$$C = C_0 + k_0 t \quad (5)$$

Denklemden k<sub>0</sub>, sıfırıncı dereceden reaksiyonun hız sabiti, C<sub>0</sub>, başlangıç konsantrasyonu, C, son konsantrasyon ve t depolama süresidir (hafta).

Esmerleşme reaksiyonu hız sabiti üzerine sıcaklığın etkisi, Arrhenius eşitliği kullanılarak hesaplanan aktivasyon enerjisi (E<sub>a</sub>) ile belirlenmiştir.

$$k = A \exp(-E_a/RT) \quad (6)$$

Denklemden k reaksiyon hızı sabiti, A frekans faktörü, E<sub>a</sub> aktivasyon enerjisi, R gaz sabiti (8.314x10<sup>3</sup> kJ mol<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>) ve T mutlak sıcaklıktır (K).



Şekil 4. GDH-RF kayısının farklı sıcaklıklarda depolama süresince esmerleşme değerindeki değişim

Kuru kayısların esmerleşme değerleri için aktivasyon enerjisi (E<sub>a</sub>) ile farklı sıcaklıklarda kinetik hız sabiti değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Bu veriler incelendiğinde ürünlerin esmerleşme reaksiyonlarına ait k<sub>0</sub> değerlerinin 0.0006 ile 0.2288 hafta<sup>-1</sup> arasında değiştiği ve depolama sıcaklığı arttıkça bu değer de arttığı görülmüştür. Bu

durum, yüksek sıcaklıkta esmerleşme reaksiyonlarının arttığını gösterir. Benzer eğilim Alagöz ve ark. [23] ve Altındağ [27] tarafından da rapor edilmiştir. Altındağ [27] farklı konsantrasyonlarda kükürlenerek 379 gün depolanan ürünlerin 20°C'de k<sub>0</sub> değerlerini 0.0016-0.0161/hafta arasında, 30°C'de ise 0.0467-0.0661/hafta



arasında rapor etmişlerdir. Aynı çalışmada kükürtsüz ürünler için bu değer 20°C'de 0.0048/hafta, 30 °C'de ise 0.0467/hafta olarak bulunmuştur. Alagöz ve ark. [23] potasyum sorbat uygulanmadan 10 ay depolanan kuru kayisuların  $k_0$  değerlerini 20°C'de 0.0873/hafta, 30°C'de ise 0.443/hafta olarak bildirmişlerdir. Bu değer potasyum sorbat uygulanan ürünlerde ise 20 °C'de 0.0448-0.0840/hafta arasında, 30°C'de ise 0.3218-0.4400/hafta arasında bulunmuştur. Kükürtleme işleminin  $k_0$  değerlerini düşürdüğünü dolayısıyla esmerleşme reaksiyonlarını azalttığı elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda da açıkça görülmektedir. Hesaplanan  $E_a$  değerleri, 5 ile 35°C arasında sıcaklığın

esmerleşme reaksiyon hızına etkisini belirtmekte olup, kuru kayisular için elde edilen  $E_a$  değerleri 24.3 ile 134.4 kJ/mol arasındadır. Samaniego-Esquerro [28] tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada farklı su aktivitesine sahip kükürtlenmiş (1572 mg/kg) kuru kayisular için  $E_a$  değeri 99.8 ile 170.3 kJ/mol arasında rapor edilmiştir. En yüksek  $E_a$  değerleri GDH-RF sisteminde kükürtlenerek kurutulmuş ürünler için elde edilmiştir. Bu sonuçlar, 5-35°C arasında belirtilen ürünlerin sıcaklık değişimlerine daha fazla duyarlı olduğunu göstermektedir. Bu durum, depolama sıcaklığının artmasıyla kükürtlü ürünlerde kükürt kaybının dolayısıyla da esmerleşme reaksiyonlarının artması ile açıklanabilir.

Tablo 3. Kurutulmuş kayisuların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince esmerleşme düzeyindeki değişimi gösteren kinetik parametreler

Ürün	Sıcaklık (°C)	$k_0$ (hafta <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	$E_a$ (kJ/mol)
GDH/RF	5	0.0632	0.9966	30.1
	20	0.0703	0.9338	
	35	0.2288	0.9501	
GDH-RF/1S	5	0.0006	0.9218	134.4
	20	0.0012	0.9738	
	35	0.1862	0.9736	
GDH-RF/2S	5	0.0006	0.9218	133.9
	20	0.0011	0.9682	
	35	0.1828	0.9716	
GDHRF/EX+1S	5	0.0006	0.9576	133.2
	20	0.0009	0.9652	
	35	0.1786	0.9814	
GK/GK	5	0.0610	0.9912	24.3
	20	0.0716	0.9820	
	35	0.1719	0.8742	
GK/2S	5	0.0008	0.9428	126.6
	20	0.0014	0.9482	
	35	0.1783	0.9093	

## SONUÇ

Bu çalışmada farklı ön işlem ve kurutma teknikleri uygulanarak elde edilmiş kuru kayisuların 3 farklı sıcaklık değerinde (5°C, 20°C, 35°C) 48 hafta boyunca saklanması sırasında renk değerleri ve özelliklerinde meydana gelen değişim incelenmiştir. Sonuçlar depolama sıcaklığının ürünlerin renk değerleri ve özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Tüm ürünler için 48 haftalık depolama süresinin sonunda renk değer ve özelliklerini en fazla muhafaza ettikleri depolama sıcaklığı 5°C (en iyi düşük depolama sıcaklığı) olduğu tespit edilmiştir. Depolama sıcaklığının 35°C olması durumunda ise tüm ürünlerde belirgin bir renk yoğunluğu kaybı ve kahverengileşme gözlenmiştir. Ayrıca kükürtleme ön işlemine tabi tutulan kayisuların renk değerleri ve özelliklerini kükürtleme işlemi görmeyen kayisulara kıyasla ciddi ölçüde korudukları tespit edilmiştir. Kinetik çalışmalar sonucu elde edilen sonuçlar esmerleşme değerinin sıcaklığa bağımlı olduğunu göstermiştir. Esmerleşme değerinin düşük depolama sıcaklığında (5 ve 20°C) düşük hızda arttığı ancak yüksek depolama sıcaklığının (35°C) artış

hızını önemli oranda yükselttiği saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar; güneş enerjisi destekli havalı ön kurutmayı takiben RF kurutma sisteminde kurutmanın, geleneksel kurutulan ürünlere kıyasla düşük kükürt konsantrasyonlarında dahi çok yüksek olmayan sıcaklıklarda (5 ve 20°C) depolanması esnasında kuru kayısının renk kalitesine olumlu katkı sunduğunu göstermiştir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 118O026 proje numarası ile desteklenmiştir.

## REFERANSLAR

- [1] FAOSTAT. (2018). FAOSTAT statistical database. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. (29.04.2020).
- [2] Erdogan, D., Guner, M., Dursun, E., Gezer, I. (2003). Mechanical harvesting of apricots. *Biosystems Engineering*, 85, 19-28.

- [3] Waliszewski, K.N., Garcia, R.H., Ramirez, M., Garcia, M.A. (2000). Polyphenol oxidase activity in banana chips during osmotic dehydration. *Drying Technology*, 18(6), 1327-1337.
- [4] Özkan, M., Kirca, A., Cemeröglu, B. (2003). Effect of moisture content on CIE color values in dried apricots. *European Food Research and Technology*, 216(3), 217-219.
- [5] El Halouat, A., Labuza, T.P. (1987). Air drying characteristics of apricots. *Journal of Food Science*, 52(2), 342-345.
- [6] Gezer, I., Acaroğlu, M., Haciseferoğullari, H. (2003). Use of energy and labour in apricot agriculture in Turkey. *Biomass and Bioenergy*, 24(3), 215-219.
- [7] Toğrul, İ. T., Pehlivan, D. (2003). Modelling of drying kinetics of single apricot. *Journal of Food Engineering*, 58(1), 23-32.
- [8] Karatas, F., Kamaşlı, F. (2007). Variations of vitamins (A, C and E) and MDA in apricots dried in IR and microwave. *Journal of Food Engineering*, 78(2), 662-668.
- [9] Cemeröglu, B., Özkan, M. (2009). *Kurutma teknolojisi, Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*. Ankara: Başkent Klşe Matbaacılık.
- [10] VijayaVenkataRaman, S., Iniyani, S., Goic, R. (2012). A review of solar drying technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 2652-2670.
- [11] Rowley, A. T., Richardsons, P. (2001). Thermal technologies in Food Processing, Edited by Philip Richardson, Woodhead Publishing, 163-177.
- [12] Zhou, X., Wang, S. (2019). Recent developments in radio frequency drying of food and agricultural products: A review. *Drying Technology*, 37(3), 271-286.
- [13] Türkyılmaz, M., Tağı, Ş., Özkan, M. (2013). Changes in chemical and microbial qualities of dried apricots containing sulphur dioxide at different levels during storage. *Food and Bioprocess Technology*, 6(6), 1526-1538.
- [14] Işınay, B. (2020). Effect of combined radio-frequency and solar assisted air drying on properties of dried apricot. Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep, Türkiye.
- [15] Coşkun, A.L., Türkyılmaz, M., Aksu, Ö.T., Koç, B.E., Yemiş, O., Özkan, M. (2013). Effects of various sulphuring methods and storage temperatures on the physical and chemical quality of dried apricots. *Food Chemistry*, 141(4), 3670-3680.
- [16] García-Martínez, E., Igual, M., Martín-Esparza, M.E., Martínez-Navarrete, N. (2013). Assessment of the bioactive compounds, color, and mechanical properties of apricots as affected by drying treatment. *Food and Bioprocess Technology*, 6(11), 3247-3255.
- [17] Inserra, L., Cabaroğlu, T., Şen, K., Arena, E., Ballistreri, G., Fallico, B. (2017). Effect of sulphuring on physicochemical characteristics and aroma of dried Alkaya apricot: a new Turkish variety. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 41(1), 59-68.
- [18] Öztürk, K., Konak, R., Öztürk, B., Salih, A.T.A.Y., Celik, B., Yanar, M., Demirtaş, M.N., Ercisli, S. (2011). Effects of sulphurization duration of doses and cold storage on SO<sub>2</sub> content of dried apricot fruits of cv.'Hacihaliloglu'. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39(2), 237-241.
- [19] Sen, F., Ozgen, M., Asma, B.M., Aksoy, U. (2015). Quality and nutritional property changes in stored dried apricots fumigated by sulfur dioxide. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 56(2), 200-206.
- [20] Pathare, P.B., Opara, U.L., Al-Said, F.A.J. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 36-60.
- [21] Patras, A., Brunton, N.P., Tiwari, B.K., Butler, F. (2011). Stability and degradation kinetics of bioactive compounds and colour in strawberry jam during storage. *Food and Bioprocess Technology*, 4(7), 1245-1252.
- [22] Ihns, R., Diamante, L.M., Savage, G.P., Vanhanen, L. (2011). Effect of temperature on the drying characteristics, colour, antioxidant and beta-carotene contents of two apricot varieties. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(2), 275-283.
- [23] Alağöz, S., Türkyılmaz, M., Tağı, Ş., Özkan, M. (2015). Effects of different sorbic acid and moisture levels on chemical and microbial qualities of sun-dried apricots during storage. *Food chemistry*, 174, 356-364.
- [24] Keşelj, K., Babić, M., Pavkov, I., Radojčin, M., Stamenković, Z., Tekić, D., Ivanišević, M. (2019). Effects of storage and sulfurization with sulfur dioxide of different concentration on changes in the color of dried apricots. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 23(4), 190-194.
- [25] Özay, G. (1988). Hasattan ambalaja kayısı işleme teknolojilerinin iyileştirilmesi. 1. Kayısı Şurası Sonuç Raporu, Malatya, İnönü Üniversitesi Basımevi, 12p.
- [26] Elmaci, Y., Altug, T., Pazir, F. (2008). Quality changes in unsulfured sun-dried apricots during storage. *International Journal of Food Properties*, 11, 146-157.
- [27] Altındağ, M. (2018). Farklı düzeylerde kükürtlenen kuru kayısıların polifenol oksidaz aktivitesi ve polifenollerinde depolama boyunca meydana gelen değişimlerin esmerleşme üzerine etkisi. Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- [28] Samaniego-Esguerra, C.M. (1989). Shelf life prediction of dried fruit and vegetables: a quantitative approach. Doctoral dissertation, Massey University, Palmerston North, New Zealand.