

Kombine güneş enerjisi destekli hava ve sıcak hava destekli radyo frekans kurutma sistemiyle kurutulan kayısıların bazı kimyasal ve mikrobiyal özellikleri üzerine depolamanın etkisi

Hatice Neval ÖZBEK¹, Aysel ELİK¹, Melis SEVER¹, Şakire Ecem BULUT¹, Derya KOÇAK YANIK¹, Ali Coşkun DALGIÇ¹, Ferruh ERDOĞDU², Fahrettin GÖĞÜŞ¹

Cite this article as:

Özbek, H.N., Elik, A., Sever, M., Bulut, Ş.E., Koçak Yanık, D., Dalgıç, A.C., Erdoğan, F., Göğüş, F. (2021). Kombine güneş enerjisi destekli hava ve sıcak hava destekli radyo frekans kurutma sistemiyle kurutulan kayısıların bazı kimyasal ve mikrobiyal özellikleri üzerine depolamanın etkisi. *Food and Health*, 7(4), 259-271. <https://doi.org/10.3153/FH21027>

¹ Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Gaziantep.

² Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara.

ORCID IDs of the authors:

H.N.Ö. 0000-0001-6543-4086
A.E. 0000-0003-4949-9108
M.S. 0000-0003-2196-1241
Ş.E.B. 0000-0002-1078-6583
D.K.Y. 0000-0003-3866-899X
A.C.D. 0000-0001-6806-5917
F.E. 0000-0003-3047-4779
F.G. 0000-0002-8610-5297

Submitted: 15.03.2021

Revision requested: 15.04.2021

Last revision received: 20.04.2021

Accepted: 20.04.2021

Published online: 15.08.2021

Correspondence:

Hatice Neval ÖZBEK

E-mail: haticeneval@gantep.edu.tr



© 2021 The Author(s)

Available online at

<http://jfh.sscientificwebjournals.com>

ÖZ

Yenilikçi kombine güneş enerjisi destekli hava ve sıcak hava destekli radyo frekans sistemi, kükürtlenmemiş, iki farklı konsantrasyonda kükürtlenmiş (1kg/ton ve 2kg/ton kükürt) ve fıstık kabuğu ekstraktı uygulanmış kayısıların kurutulması için kullanılmıştır. Güneş altında kurutulan kükürtlü ve kükürtsüz kayısılar ise kontrol örnekleri olarak kullanılmıştır. Farklı depolama sıcaklıklarının (5, 20 ve 35°C) kuru kayısıların kalıntı kükürt miktarı, β-karoten ve mikrobiyal stabilite özellikleri üzerine etkisi çalışılmıştır. Ayrıca, depolama sıcaklığının antepfıstığı kabuğu ekstraktı ile ön işlem gören kuru kayısıların toplam fenolik miktarı üzerine etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, 5°C'de depolanan ürünlerde kükürt ve β-karoten kaybının 20 ve 35°C'de depolanan ürünlere kıyasla daha az olduğunu göstermiştir. Kükürtleme işlemi depolama boyunca β-karoten kaybını önemli ölçüde engellemiştir. Ekstrakt ile ön işlem gören kuru kayısıların fenolik madde miktarında en fazla azalma 20°C'de depolanan örneklerde görülmüştür. Ayrıca ekstrakt uygulaması mikrobiyal kalite göz önünde bulundurulduğunda depolama açısından avantaj sağlamıştır. Kombine kurutma sistemi, güneş altında kurutma ile kıyaslandığında daha az kükürt kaybına neden olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kayısı, Güneş enerjisi destekli havalı kurutma, Radyo frekans kurutma, Mikrobiyal stabilite, Kalıntı kükürt

ABSTRACT

The effect of storage on some chemical and microbial properties of apricots dried with a combined solar energy assisted air and hot air assisted radio frequency drying system

Innovative combined solar energy assisted air and hot air assisted radio frequency drying system was used to dry unsulphured, sulphured (1 kg/ton and 2 kg/ton sulphur) and pistachio hull extract treated apricots. Unsulphured and sulphured apricots dried under sun were used as the control samples. The effects of different storage temperatures (5, 20 and 35°C) on residual sulphur content, β-carotene and microbial stability characteristics of dried apricots were studied. Also, the effect of storage temperature on the total phenolic content of dried apricots pre-treated with pistachio hull extract was investigated. The obtained results showed that the loss of sulphur and β-carotene was less in the products stored at 5°C compared to the products stored at 20 and 35°C. Sulphur treatment significantly inhibited the loss of β-carotene during storage. The maximum decrease in phenolic content of dried apricots pretreated with extract, was observed in samples stored at 20°C. In addition, extract treatment provided an advantage in terms of storage considering the microbial quality. The combined drying system caused less sulfur loss compared to sun drying.

Keywords: Apricot, Solar hot air drying, Radio frequency drying, Microbial stability, Residual sulphur

Giriş

Dünya kayısı üretiminde Türkiye önemli bir rol oynamaktadır (FAOSTAT, 2018). Kayısı bulundurduğu yüksek nem içeriği sebebiyle çoğunlukla kurutulmuş depolanır. Kurutma işlemi genellikle geleneksel güneşte kurutma şeklinde gerçekleştirilmektedir. Ancak uzun kurutma süresi ve çevresel faktörlere aşırı bağımlılık ürünün içerdiği faydalı minör bileşenlerin kaybı ve hijyenik olmayan ürünlerin üretilmesi ile sonuçlanmaktadır. Ürünün kalite özelliklerinin artırılması, kullanılan kükürt miktarının düşürülmesi ve daha hijyenik ürünlerin üretilmesi ancak hızlandırılmış kurutma teknikleri ile kurutulmayı ve uygun şartlarda depolamayı gerektirmektedir. Kayısının kurutma esnasında kalite parametreleri (β -karoten, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, renk, kahverengileşme ürünleri, aroma bileşenleri, vb.) detaylı bir şekilde çalışılmıştır (Inserra ve ark., 2017, İncedayı ve ark., 2016; García-Martínez ve ark., 2013; Karabulut ve ark., 2007). Yeni teknolojilerle yapılan çalışmalar ise oldukça kısıtlıdır ve endüstriyel ürün kriterlerine uymayan yarım kayıslarla yapılmıştır (Horuz, ve ark., 2017; Kayran ve Doymaz, 2017). Ayrıca, tüketicilerin tercih ettiği parlak sarı rengi elde etmek ve uzun raf ömrü sağlamak için üreticiler gereğinden çok fazla kükürt kullanmaktadır. Ancak, çeşitli alerjik reaksiyonlara sebep olması ve çeşitli sağlık sorunlarına sebep olma potansiyeli taşıması nedeniyle kükürt kullanımı ile ilgili ciddi endişeler bulunmaktadır. Bu nedenle, kükürt kullanılmadan ya da minimum düzeyde kullanılarak kuru kayısı üretilmesi ihtiyacı bulunmaktadır. Bitki ekstraktları, içerdikleri antioksidan ve antimikrobiyal bileşenleri nedeniyle gıdaların kompozisyonunda veya kaplanmasında kullanılmaktadırlar (Al-Juhaimi ve ark., 2017).

Radyofrekans (RF) kurutma son yıllarda hızlı kurutma amacıyla gıda kurutulmasında tercih edilen bir kurutma tekniğidir. Kurutma süresinin kısaltılmasının yanı sıra ekonomik katkıları nedeniyle RF kurutma; farklı kurutma teknikleri ile kombine edilerek kullanılmaktadır (Zhou ve ark., 2018; Wang ve ark., 2020). Depolama sıcaklığı ve depolama süresinin geleneksel yollarla kurutulmuş meyvelerin mikrobiyal yükleri, karoten içerikleri ve SO_2 düzeyleri üzerinde önemli etkiye sahip oldukları rapor edilmiştir (Türkyılmaz ve ark., 2013a). Uygun depolama sıcaklığı kuru kayısların raf ömrü üzerindeki en etkili parametredir (Coşkun, 2010; Sağır, 2006).

Yukarıda belirtildiği üzere literatürde kuru kayısı üretiminde yeni teknolojilerin kullanımı sınırlıdır. Ayrıca yeni teknolojiler kullanılarak kurutulmuş kayısların depolanmaları sırasında mikrobiyal yükleri, karoten içerikleri ve SO_2 düzeyleri üzerinde meydana gelen değişimleri inceleyen herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı kombine güneş

enerjisi destekli hava ve sıcak hava destekli radyo frekans sistemi ile kurutulmuş kükürtsüz ve farklı seviyelerde kükürt içeren kayısların 48 hafta boyunca farklı sıcaklıklarda (5, 20 ve 35 °C) depolanması sırasında mikrobiyal yükleri, karoten içerikleri ve SO_2 düzeyleri üzerinde meydana gelen değişimin incelenmesidir. Ayrıca, elde edilen verilerin geleneksel güneş altında kurutulmuş ürünler ile karşılaştırılması hedeflenmiştir. Bunlara ek olarak, kükürt ve fıstık kabuğu ekstraktı uygulanan ürünlerde fenolik madde miktarının depolama esnasındaki değişimi incelenmiştir.

Materyal ve Metot

Materyal

Malatya Kayısı Araştırma Enstitüsü bahçesinden toplanan taze kayıslar (*Prunus armenica* L., Hacıhaliloğlu çeşidi) iklimli araçlarda taşınarak aynı gün plastik kasalarda Gaziantep Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümüne getirilmiştir. Olgunlaşmamış, aşırı olgunlaşmış, çürümüş ya da yaralı olan kayıslar ayıklandıktan sonra aynı boyutlarda ve renkte kayıslar seçilmiş ve kurutma deneylerinde kullanılana kadar 3°C'de saklanmıştır. Analizlerde kullanılan violet red bile dekstroz agar Merck (Almanya) firmasından, kükürt, Folin-Ciocalteu reaktifi, sodyum karbonat, gallik asit, pepton, MRS, PCA, YGC besiyerleri, β -karoten, hekzan, etanol, metanol, aseton ve diğer kimyasallar ile çözümler ise Sigma-Aldrich (Amerika) firmasından temin edilmiştir.

Kükürtleme ve Ekstrakt Uygulanması

Kayıslar, kükürt kabiniinde 2 farklı konsantrasyon (1 kg/ton ve 2 kg/ton uygulama aralığında) için belirtilen oranlarda elemental kükürt yakılarak 12 saat boyunca ve oda sıcaklığında (25°C) kükürt dioksit dumanına maruz bırakılmıştır. Kükürtlenen kayıslar doğrudan kurutma işlemine tabii tutulmuşlardır.

Kayıslar ekstrakt uygulaması için 60 dakika boyunca ve oda sıcaklığında (25°C) % 1.75 (w/v) derişimdeki fıstık kabuğu ekstraktı solüsyonuna daldırılmıştır. Ekstrakt solüsyonuna daldırılan kayısların yüzey suyu 5 dakika elekte bekletilerek süzdürüldükten sonra kükürtleme işlemine tabii tutulmuştur. Kullanılan ekstrakt, Antep fıstığı kabuklarının etanol/su (1/1 v/v) ile ekstraksiyonu ve elde edilen ekstraktın etil asetat kullanılarak sıvı-sıvı ekstraksiyonu ile saflaştırılmasıyla elde edilmiştir. Fıstık kabuğu ekstraktının antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu farklı çalışmalarda belirtilmiştir (Özbek ve ark., 2020; Rajaei ve ark., 2010). Ekstraktlı ürün tek konsantrasyonda (1 kg/ton) yukarıda belirtilen metot uygulanarak kükürtlenmiştir. Ekstrakt ve kükürtleme işlemine tabii tutulan kayıslar doğrudan kurutulmuştur.

Geleneksel Güneş Enerjisi ile Kurutma

15 kg kükürtlü (2 kg/ton) ve kükürtsüz kayısılar çelik tepsilere (100×100 cm, en×boy) 2.4 cm kalınlığında yerleştirildikten sonra Gaziantep Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü terasında güneşe serilerek kurumaya bırakılmıştır. Kurumunun 3. günü sonrasında çekirdekleri çıkarılan kayısılar tekrar bütün olarak tepsilere yerleştirilmiştir ve ürün su içeriği %20-25 (yb) 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 İşlemi

Güneş enerji destekli havalı ön kurutma işlemi kabin tipi kurutma sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir kurutma işlemi için 15 kg kayısı (her katta 5 kg olmak üzere 3 kat) krom sepetlere (100×100 cm, en×boy) 2.4 cm kalınlığında yerleştirilerek 63.5 °C'de 895 dk süreyle kurutma işlemine tabii tutulmuştur (Işınay, 2020). Tüm işlemlerde hava hızı 5.5-6 m/s aralığında set edilmiştir.

Hava destekli radyo frekans (RF) kurutma, güneş destekli havalı ön kurutmayı takiben gerçekleştirilmiştir. Güneş destekli hava kurutma sisteminde kurutulan 15 kg kayısının çekirdekleri çıkarıldıktan sonra hava destekli RF kurutma sisteminde kurutmaya devam edilmiştir. Kayısılar plastik tepsilere (29×46 cm, en×boy) 2.4 cm kalınlığında yerleştirilmiştir. Hava destekli RF kurutma işlemi 77 mm elektrot yüksekliğinde ve 385 dk süreyle gerçekleştirilmiştir (Işınay, 2020). Uygulanan kombine kurutma işleminin ardından kayısıların nem içeriği %20-25 (yaş bazda) aralığına düşürülmüştür.

Paketleme ve depolama

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

Tablo 1. Depolama için kurutulan ürünler

Table 1. Products dried for storage

Ürün Kodu Product code	Ürün detayı Product detail
GDH-RF	Kükürtleme işlemi uygulanmadan güneş destekli havalı kurutmaya takiben radyo frekans kurutma uygulanan kayısılar
GDH-RF/1S	1 kg/ton kükürt uygulaması yapılmış, güneş destekli havalı kurutmaya takiben radyo frekans kurutma uygulanan kayısılar
GDH-RF/2S	2 kg/ton kükürt uygulaması yapılmış, güneş destekli havalı kurutmaya takiben radyo frekans kurutma uygulanan kayısılar
GDH-RF/EX+1S	%1.75 (w/v) fıstık kabuğu ekstraktı ve 1kg/ton kükürt uygulaması yapılmış, güneş destekli havalı kurutmaya takiben radyo frekans kurutma uygulanan kayısılar
GK/GK	Kükürtleme işlemi uygulanmadan geleneksel güneş altında kurutulmuş kayısılar
GK/2S	2 kg/ton kükürt uygulaması yapılmış geleneksel güneş altında kurutulmuş kayısılar

Buradaki amaç, uygulanan kurutma şartlarında standartlar tarafından izin verilen seviyede ve onun çok aşağısında kalıntı kükürt içeren ürünlerin depolama sırasında kalite açısından değişimlerinin takip edilmesidir. 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 (70 µ) torbalar kullanılmıştır. Her bir üründen toplamda 12 kg olmak üzere kayısılar öncelikle 0.5'er kilogramlık polietilen paketlere doldurulmuş, ağızları normal atmosfer şartlarında ısı yapıştırma ile kapatıldıktan sonra karton kutulara yerleştirilmiştir. Her kutu 5, 20 ve 35°C olmak üzere 3 farklı sıcaklık ortamında saklanmıştır. Saklanan kuru kayılardan ilk etapta 15 günde bir, 2. ayın sonrasında her iki ayda bir kez olmak üzere numuneler alınarak analizler gerçekleştirilmiştir.

Toplam Fenolik Madde Tayini

En az 10 tane kayısı, 2 dk yüksek hızda waring karıştırıcı (Waring Commercial Blender, 8011ES, ABD) ile homojenize edilmiştir. Homojenize edilen kayısı püresinden 1 g alınmış ve 5 mL distile su eklenmiştir ardından 100 dk boyunca inkübatörde (Heidolph unimax 1010) karıştırılmıştır. Ardından, 10000 rpm'de santrifüjlenerek (Eppendorf Centrifuge 5810) durutulmuştur. Sıvı kısım 0.45 µm membran filtreden süzülerek 0.2 mL süzüntü 10 mL'lik balon jojeye aktarılmış, süzüntünün üzerine sırasıyla 2 mL 0.2 N Folin-Ciocalteu reaktifi ve 1.6 mL %7.5 (w/v) sodyum karbonat solüsyonu eklenmiş ve deiyonize su ile 10 mL'ye tamamlanmıştır. Bu karışım 5-8 dk 50°C'de bekletilmiş ve süre sonunda 765 nm dalga boyunda spektrofotometre (Optima SP-3000 nano UV-Vis Spektrofotometre, OPTIMA Tokyo, Japonya) kullanılarak absorpsiyon ölçümü yapılmıştır. Toplam fenolik madde miktarı, bilinen konsantrasyonlarda hazırlanan standart gallik asit kullanılarak oluşturulan kalibrasyon eğrisi ile belirlenmiştir. Kayısındaki toplam fenolik madde konsantrasyonu, 1g kuru maddede bulunan mg gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak ifade edilmiştir.

Mikrobiyolojik Analizler

Kuru kayısılarda, Alagöz ve ark. (2015) tarafından önerilen metot kullanılarak mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir. Bütün mikrobiyolojik analizler için 90 mL % 0.1 (w/v) peptonlu suya aseptik şartlarda alınan 10 g kayısı numunesi eklenmiş ve ortam sıcaklığında (20°C) 15 dk bekletilmiş ve ardından 1.5 dk boyunca karıştırıcıda karıştırılmıştır. Bu hazırlanan solüsyondan 10⁻¹ den 10⁻⁶'ya kadar peptonlu su ile seyreltilen numuneler hazırlanmış ve aşağıda anlatılan her bir analiz için uygun besiyerine ekim yapılmıştır. Toplam aerob mezofil bakteri (TAMB) ve toplam aerob psikrofil bakteri (TAPB) sayımları için plate count agar besiyeri kullanılarak dökme plak yöntemiyle ekim yapılmış ve ekim yapılan plakalar sırasıyla 28°C'de 48 saat ve 7°C'de 10 gün inkübasyona bırakılmıştır. Toplam maya-küf sayımları için YGC besiyeri ve yayma plak yöntemi kullanılmış ve plakalar 28°C'de 7 gün inkübasyona bırakılmıştır. Toplam enterobakterler için violet red bile dekstroz agar besiyeri kullanılmış ve dökme plak yöntemi ile ekim yapılmıştır. Ekim yapılan plakalar 37°C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. Laktik asit bakterileri için sikloheksimit (100 mg/L) ile desteklenmiş MRS agar besiyerlerine yayma plak yöntemi ile ekim yapılmıştır. Bu plakalarda 28°C'de 5 gün boyunca inkübasyona bırakılmıştır.

β-karoten Analizi

Kayısı numunelerinde β-karoten ekstraksiyonu Coşkun ve ark. (2013) tarafından önerilen prosedür kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 5 g kıyılmış kuru kayısı alınmış ve 30 mL

hekzan:aseton:etanol (50:25:25 v/v/v) karışımı eklenmiştir ve sonrasında üzerine nötrleştirmek için 0.5 g kalsiyum karbonat eklenmiştir. 450 rpm'de 30 dk Heidolph Unimax 1010 marka inkübatör kullanılarak karıştırılmış ve 9400 rpm'de 4°C'de 15 dk boyunca santrifüj edilmiştir. Böylelikle faz ayrımı gerçekleştirilmiştir. Üst faz N₂ gazı ile uçurularak kalanı evaporatör yardımıyla uçurulmuş ve 10 mL hekzan eklenip 0.45 µm membran filtreden süzülerek HPLC'ye verilmiştir. β-karoten için C18 (250×4.6mm, 5µm) kolon (Supelco, USA) ve UV/Vis dedektör (Schimadzu SPD-20A UV/VIS detector) kullanılmıştır. Hareketli faz olarak asetonitril:metanol (1:9 v/v) karışımı kullanılmıştır ve 0.9 mL/min akış hızında izokratik elüsyon yapılmıştır. UV/Vis dedektörün dalga boyu 450 nm'de tutulmuştur (Barba ve ark., 2006).

Kalıntı Kükürt Miktarı Analizi

Kuru kayısı numunelerinde kalan kükürt dioksit (SO₂) miktarı Monier Williams distilasyon metodu (AOAC Method 990.28) kullanılarak belirlenmiştir. Kükürtlenmiş kuru kayıslardan bir miktar alınarak içerisinde %15 (v/v) HCl bulunan 3 ağızlı balona konulmuş ve ısıtılmak suretiyle açığa çıkan SO₂ içerisinde %3 (v/v) H₂O₂ bulunan 2 ayrı toplama kabına toplanmıştır. Böylelikle birinci toplama kabından kaçan SO₂'nin 2. toplama kabında tutulmuştur. Daha sonra bu 2 tüpte toplananlar birleştirilerek üzerine 3 damla brom fenol mavisi eklendikten sonra 0.1 N NaOH ile renk sarıdan mavi menekşe rengine dönene kadar titre edilmiştir. Numunelerin SO₂ miktarları mg SO₂/kg kurutulmuş kayısı olarak aşağıda gösterildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$SO_2 \text{ (ppm)} = (3200 * V_{NaOH}) / m \quad (1)$$

Denklemden; V_{NaOH}, harcanan NaOH miktarı (mL), m, tartılan kayısı numunesinin miktarı (g)

Bulgular ve Tartışma

Kükürt Dioksit Miktarındaki Değişim

İki farklı metotla kurutulmuş ve farklı kükürt konsantrasyonları ve ekstrakt içeren ürünler GDH-RF/1S, GDH-RF/2S, GDH-RF/EX+1S ve GK/2S'nin kurutma sonrası 5, 20 ve 35°C'de 48 hafta boyunca depolanmaları sırasında kalıntı kükürt miktarlarında meydana gelen değişim sırasıyla Tablo 2, 3 ve 4'de verilmiştir. Belirtilen depolama sıcaklığı ve süresi literatürde daha önce çalışılan koşullar göz önünde bulundurularak seçilmiştir (Alagöz ve ark., 2015; Sağır ve ark., 2008; Türkyılmaz ve ark., 2013a).

2 kg/ton kükürt uygulanan GDH-RF/2S ve GK/2S ürünlerin kurutma sonrası SO₂ miktarları sırasıyla 1598 ve 1087 (mg SO₂ kg⁻¹) olarak bulunmuştur. Aynı miktarda kükürde ve aynı kükürtleme süresine maruz bırakılan bu iki ürünün kurutma

sonrası SO₂ değerleri arasındaki farkın, ürünlere uygulanan farklı kurutma metodlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Coşkun ve ark. (2013) 1.8 kg/ton kükürt uygulamasını takiben güneş kurutma sonrasında aynı kayısı çeşidi için SO₂ miktarını 2364 (mg SO₂ kg⁻¹) bulmuşlardır. Başka bir çalışmada (Türkyılmaz ve ark., 2013a) kükürtleme süresi ve konsantrasyonunun kalıntı kükürt miktarı üzerinde önemli bir etkisi olduğu bulunmuştur. Kurutma sonrası meydana gelen fark kükürtleme kabin boyutları ve uygulaması ve güneşe maruz kalma süresi ve sıcaklıkları ile ilişkili olabilir. Hepsağ ve ark. (2016) tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki market ve pazarlardan tedarik edilen 43 adet kuru kayısıda SO₂ analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar kuru kayısıların SO₂ miktarlarının 725-2506 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini göstermiştir. Bizim çalışmamızda, kombine kurutma sistemi, geleneksel kurutma metoduna göre daha hızlı bir kurutma sağladığı için kükürtlü ürünlerde SO₂ kaybının düştüğü düşünülmektedir. Bunun yanı sıra sistemin kapalı devre olarak sadece kendi bünyesindeki havayı sirküle ederek kurutma sağlaması da GDH-RF/2S'in başlangıç SO₂ miktarını daha fazla korumasına sebep olmuş olabilir. 1 kg/ton kükürt uygulanan GDH-RF/1S ve GDH-RF/EX+1S ürünlerde ise başlangıç SO₂ miktarları sırasıyla 946 ve 840 (mg SO₂ kg⁻¹) bulunmuştur.

Tablo larda görüldüğü üzere depolama süresi boyunca kalıntı kükürt miktarlarında azalma gözlemlenmiştir. Yapılan istatistiksel analizler farklı depolama sıcaklıklarının (5°C, 20°C, 35°C) örneklerin kalıntı kükürt miktarları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir ($p < 0.05$). Tablo 4'deki analiz sonuçları incelendiğinde, 35°C'de depolanan farklı konsantrasyondaki kükürtlü ürünlerin SO₂ miktarlarında önemli bir azalma olduğu gözlemlenmiştir (p

< 0.05). Bu durum SO₂'in uçucu bir bileşik olması ve artan sıcaklıkla ürünlerden uzaklaşmasından kaynaklanmaktadır. Buna karşın, 5°C'deki aynı ürünlerin SO₂ miktarlarındaki azalmanın, 20°C ve 35°C'deki azalma miktarına göre daha az olduğu tespit edilmiştir. Şekil 1'de farklı sıcaklıklarda depolama süresince GDH-RF/2S kayısının kalıntı kükürt içeriğindeki değişim gösterilmektedir. Bu şekilden de açıkça görüldüğü üzere, depolama sıcaklığının artması ürünlerin bünyesinde kalan SO₂ miktarında ciddi bir azalmaya sebep olmaktadır. Benzer bir çalışmada sıcaklık arttıkça SO₂ kaybının da arttığı ve düşük sıcaklıklarda depolanan ürünlerin SO₂ miktarlarında önemli bir değişim olmadığı rapor edilmiştir (Türkyılmaz ve ark., 2013a). Güneş enerjisi destekli havalı ön kurutmayı takiben RF kurutma sistemi kullanılarak kurutulan kayılarda (GDH-RF/1S, GDH-RF/2S, GDH-RF/EX+1S) 48. hafta sonunda SO₂ kayıpları, 5°C'de % 11.9-16.0, 20°C'de %41.1-44.81 ve 35°C'de ise %81.4-87.2 olarak bulunmuştur. Geleneksel yöntemle kurutulan GK/2S'de ise 48. hafta sonunda SO₂ kaybı 5°C'de %24.6, 20°C'de %50.6 ve 35°C'de ise %89.9 olarak bulunmuştur. Coşkun ve ark. (2013) yapmış olduğu bir çalışmada, kurutulmuş kayısılar bir yıl boyunca 5°C, 20°C, 30°C'de depolanmış ve ürünlerin SO₂ kaybının sırasıyla %39, %51 ve %90 olduğu rapor edilmiştir. Görüldüğü üzere geleneksel yöntemle yapılan kurutma sonuçları benzerlik göstermektedir. Geleneksel yöntemle kurutulan üründe, diğer ürünlere kıyasla SO₂ miktarında hızlı bir düşme gözlemlenmiştir. Bu üründe kurutma süresi uzun olduğundan başlangıç SO₂ miktarında önemli bir azalma gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar göstermektedir ki; kombine edilen sistem daha az kükürt kaybına neden olmaktadır ve bu nedenle ilk uygulanacak kükürt miktarının düşük olması ve sağlık açısından daha tercih edilebilir ürünler üretilmesine olanak sunmaktadır.

Tablo 2. Farklı şartlarda kurutulmuş ve kükürtlemiş kayısıların kalıntı kükürt içeriklerinde 5 °C'de depolama süresince meydana gelen değişimi

Table 2. Changes in residual sulphur content of apricots dried and sulphurized under different conditions during storage at 5 °C

Zaman(hafta) Time (week)	SO ₂ (mg/kg kayısı (%25 nem)) SO ₂ (mg/kg apricot (25 % moisture))			
	GDH-RF/1S	GDH-RF/2S	GDH-RF/EX+1S	GK/2S
0	946±26.7 ^a	1598±30.8 ^a	840±30.4 ^a	1087±27.4 ^a
2	933±30.6 ^{a,b}	1573±30.4 ^{a,b}	835±27.5 ^a	1074±22.7 ^{a,b}
4	926±22.4 ^{a,b}	1557±26.4 ^{b,c}	828±13.9 ^{a,b}	1068±16.9 ^{a,b}
6	917±16.9 ^{a,b,c}	1537±22.2 ^{b,c}	824±20.5 ^{a,b}	1058±15.4 ^{a,b}
8	912±19.3 ^{a,b,c}	1522±18.7 ^{c,d}	818±18.6 ^{a,b}	1042±23.7 ^{b,c}
16	897±24.4 ^{b,c,d}	1489±19.5 ^{d,e}	803±15.2 ^{a,b,c}	1017±14.7 ^{c,d}
24	884±15.7 ^{c,d}	1460±20.2 ^e	790±18.5 ^{b,c,d}	986±13.1 ^d
32	862±25.1 ^{d,e}	1422±14.7 ^f	773±24.1 ^{c,d,e}	925±13.5 ^e
40	840±13.7 ^{e,f}	1383±19.1 ^g	755±13.7 ^{d,e}	875±25.8 ^f
48	820±11.7 ^f	1342±13.4 ^h	740±19.3 ^e	820±22.4 ^g

Her örnek için farklı harfler istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Tablo 3. Farklı şartlarda kurutulmuş ve kükürtlemiş kayısıların kalıntı kükürt içeriklerinde 20 °C’de depolama süresince meydana gelen değişimi**Table 3.** Changes in residual sulphur content of apricots dried and sulphurized under different conditions during storage at 20 °C

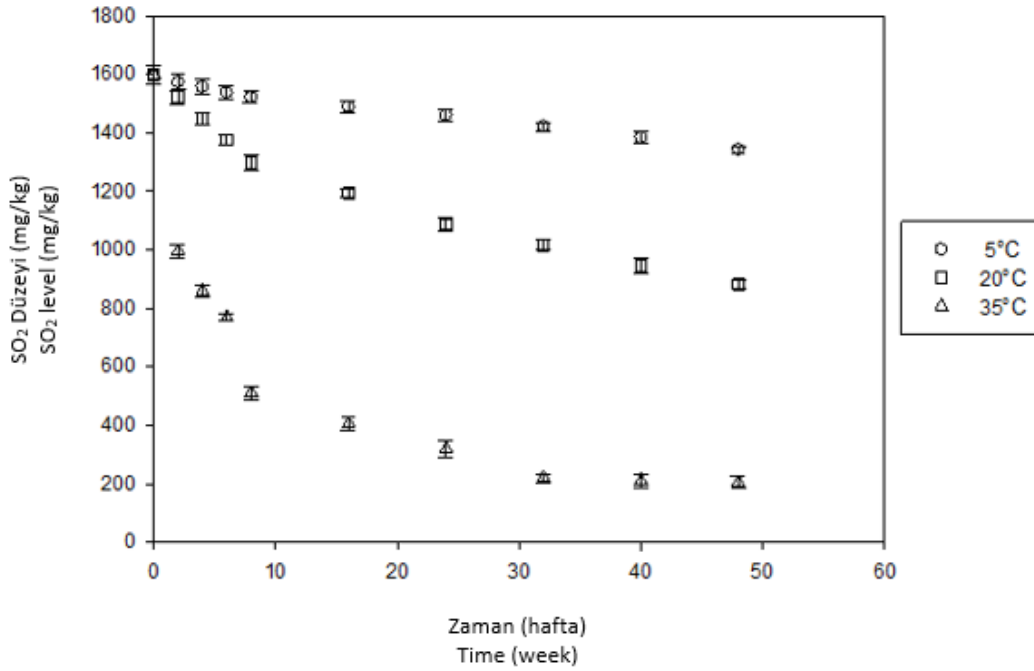
Zaman(hafta) Time (week)	SO ₂ (mg/kg kayısı (%25 nem)) SO ₂ (mg/kg apricot (25 % moisture))			
	GDH-RF/1S	GDH-RF/2S	GDH-RF/EX+1S	GK/2S
0	946±26.7 ^a	1598±30.8 ^a	840±30.4 ^a	1087±27.4 ^a
2	898±17.8 ^b	1522±24.8 ^b	768±11.2 ^b	1014±14.7 ^b
4	860±11.6 ^c	1448±17.6 ^c	742±18.7 ^b	949±20.6 ^c
6	815±25.8 ^d	1376±16.3 ^d	704±12.3 ^c	878±21.5 ^d
8	775±16.2 ^e	1297±25.7 ^e	675±22.2 ^c	802±16.7 ^e
16	725±17.4 ^f	1194±13.7 ^f	630±18.6 ^d	717±24.8 ^f
24	670±24.5 ^g	1087±24.3 ^g	590±22.7 ^e	628±25.7 ^g
32	624±23.1 ^h	1015±17.5 ^h	555±12.2 ^f	596±23.0 ^{g,h}
40	576±20.1 ⁱ	946±23.8 ⁱ	522±23.3 ^{f,g}	563±13.4 ^{h,i}
48	538±18.7 ^j	882±16.2 ^j	495±16.8 ^g	537±17.4 ⁱ

Her örnek için farklı harfler istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Tablo 4. Farklı şartlarda kurutulmuş ve kükürtlemiş kayısıların kalıntı kükürt içeriklerinde 35 °C’de depolama süresince meydana gelen değişimi**Table 4.** Changes in residual sulphur content of apricots dried and sulphurized under different conditions during storage at 35 °C

Zaman(hafta) Time (week)	SO ₂ (mg/kg kayısı (%25 nem)) SO ₂ (mg/kg apricot (25 % moisture))			
	GDH-RF/1S	GDH-RF/2S	GDH-RF/EX+1S	GK/2S
0	946±26.7 ^a	1598±30.8 ^a	840±30.4 ^a	1087±27.4 ^a
2	833±21.6 ^b	995±22.6 ^b	768±15.8 ^b	934±22.6 ^b
4	725±27.5 ^c	859±17.9 ^c	659±28.1 ^c	775±16.3 ^c
6	613±30.6 ^d	768±11.5 ^d	561±16.4 ^d	628±16.8 ^d
8	513±20.7 ^e	511±23.7 ^e	470±19.4 ^e	477±23.7 ^e
16	417±22.6 ^f	405±21.8 ^f	380±11.9 ^f	310±14.3 ^f
24	300±27.3 ^g	319±28.6 ^g	286±19.7 ^g	191±17.8 ^g
32	191±11.8 ^h	220±14.5 ^h	191±20.7 ^h	157±11.8 ^h
40	160±20.8 ^{h,i}	210±22.8 ^h	174±14.9 ^h	126±21.6 ^{h,i}
48	135±16.7 ⁱ	205±20.7 ^h	156±15.7 ^h	110±16.8 ⁱ

Her örnek için farklı harfler istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).



Şekil 1. Farklı sıcaklıklarda depolama süresince GDH-RF/2S ürününün kalıntı kükürt içeriğindeki değişim

Figure 1. Changes in residual sulphur content of GDH-RF/2S product during storage at different temperatures

β-Karoten Miktarındaki Değişim

Depolama sıcaklığı ve süresinin β -karoten içeriği üzerine etkisi Tablo 5, 6 ve 7’de sunulmuştur. Üç farklı sıcaklıkta saklanan ürünlerin 48 haftanın sonundaki β -karoten içerikleri 5°C için 2.7-5.6 mg/100 g kuru ağırlık, 20 °C için 2.3-5.3 mg/100 g kuru ağırlık ve 35°C için ise 0.7-3.4 mg/100 g kuru ağırlık arasında olduğu tespit edilmiştir. En yüksek β -karoten kaybı 35°C’de saklanan ürünlerde görülmüştür. Kükürtleme işlemi uygulanmış ürünlerde (GDH-RF/1S, GDH-RF/2S, GDHRF/EX+1S ve GK/2S) depolama sıcaklığının 5°C’den 35°C’ye artması ürünlerdeki kükürt konsantrasyonunun azalmasına neden olmuştur (Tablo 2, 3 ve 4). Ürünlerdeki kükürt konsantrasyonunun azalması da, β -karotenin 35°C’de depolanması sırasında oksidasyonunu hızlandırmış olabilir. Güçlü antioksidan aktivitesi nedeniyle SO₂, karotenoidlerin kuruma

ve depolama sırasında oksidasyona karşı korunmasında çok etkilidir (Türkyılmaz ve ark., 2013b). Yapılan çalışmalar göstermiştir ki kükürt kullanımı depolamada β -karoten parçalanmasını önemli ölçüde engellemektedir (Salur-can ve ark., 2017; Türkyılmaz ve ark., 2013a). Ayrıca üründe mevcut kükürt miktarının fazla olmasının da β -karoten kaybının azaltılmasında olumlu katkı sunduğu rapor edilmiştir (Salur-can ve ark., 2017). Özellikle GK/2S üründe 35°C’de çok hızlı bir kükürt kaybının yaşanması (Tablo 7), β -karoten kaybının neredeyse kükürtsüz ürünler seviyesine çıkmasına sebep olmuştur. Türkyılmaz ve ark. (2013a) tarafından yapılan bir çalışmada depolama sırasında kükürt konsantrasyonu azalmasıyla β -karoten kaybı arasında bir korelasyon tespit edilmiştir. Kükürtlenmemiş ürünlerde benzer şekilde yüksek depolama sıcaklıklarında daha fazla β -karoten kaybı yaşandığı gözlemlenmiştir.

Tablo 5. Farklı şartlarda kurutulmuş kayısıların β -karoten içeriğinin 5 °C’de depolama süresince meydana gelen değişimi
Table 5. Changes in β -carotene content of apricots dried under different conditions during storage at 5 °C

Zaman (Hafta) Time (Week)	β -karoten (mg/100 g kuru ağırlık) β -carotene (mg/100 g dry weight)					
	GDH/RF	GDH-RF/1S	GDH-RF/2S	GDH-RF/EX+1S	GK/GK	GK/2S
0	5.5 ± 0.5 ^c	5.9 ± 0.5 ^a	6.3 ± 0.8 ^a	6.0 ± 0.6 ^a	4.0 ± 0.4 ^c	4.5 ± 0.7 ^a
4	5.3 ± 0.4 ^c	5.7 ± 0.6 ^a	6.2 ± 0.8 ^a	5.9 ± 0.5 ^a	3.8 ± 0.0 ^c	4.4 ± 0.7 ^a
8	5.1 ± 0.3 ^c	5.6 ± 0.4 ^a	6.2 ± 0.7 ^a	5.7 ± 0.5 ^a	3.6 ± 0.2 ^{b,c}	4.3 ± 0.8 ^a
16	4.9 ± 0.2 ^{b,c}	5.4 ± 0.6 ^a	6.0 ± 0.6 ^a	5.6 ± 0.8 ^a	3.4 ± 0.3 ^{a,b,c}	4.1 ± 0.7 ^a
24	4.6 ± 0.4 ^{b,c}	5.3 ± 0.7 ^a	5.8 ± 0.8 ^a	5.5 ± 0.1 ^a	3.3 ± 0.3 ^{a,b,c}	3.9 ± 1.1 ^a
32	4.2 ± 0.3 ^{a,b}	5.2 ± 0.7 ^a	5.8 ± 0.8 ^a	5.4 ± 0.1 ^a	3.2 ± 0.4 ^{a,b,c}	3.7 ± 0.6 ^a
40	3.7 ± 0.5 ^a	5.0 ± 0.6 ^a	5.7 ± 0.7 ^a	5.3 ± 0.2 ^a	2.8 ± 0.4 ^{a,b}	3.4 ± 0.4 ^a
48	3.5 ± 0.4 ^a	4.9 ± 0.3 ^a	5.6 ± 0.5 ^a	5.1 ± 0.4 ^a	2.7 ± 0.4 ^a	3.1 ± 0.5 ^a

Her örnek için farklı harfler istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Tablo 6. Farklı şartlarda kurutulmuş kayısıların β -karoten içeriğinin 20 °C’de depolama süresince meydana gelen değişimi
Table 6. Changes in β -carotene content of apricots dried under different conditions during storage at 20 °C

Zaman (Hafta) Time (Week)	β -karoten (mg/100 g kuru ağırlık) β -carotene (mg/100 g dry weight)					
	GDH/RF	GDH-RF/1S	GDH-RF/2S	GDH-RF/EX+1S	GK/GK	GK/2S
0	5.5 ± 0.5 ^c	5.9 ± 0.5 ^d	6.3 ± 0.8 ^a	6.0 ± 0.6 ^a	4.0 ± 0.4 ^f	4.5 ± 0.7 ^b
4	5.4 ± 0.5 ^c	5.7 ± 0.4 ^{c,d}	6.2 ± 0.7 ^a	5.9 ± 0.5 ^a	3.8 ± 0.3 ^{e,f}	4.4 ± 0.8 ^b
8	5.1 ± 0.6 ^c	5.6 ± 0.2 ^{b,c,d}	6.1 ± 0.6 ^a	5.7 ± 0.5 ^a	3.5 ± 0.1 ^{d,e,f}	4.1 ± 0.5 ^{a,b}
16	4.7 ± 0.4 ^{b,c}	5.3 ± 0.4 ^{a,b,c,d}	5.8 ± 0.9 ^a	5.6 ± 0.4 ^a	3.3 ± 0.2 ^{c,d,e}	3.9 ± 0.3 ^{a,b}
24	4.5 ± 0.3 ^{b,c}	5.2 ± 0.4 ^{a,b,c,d}	5.6 ± 0.7 ^a	5.4 ± 0.7 ^a	3.1 ± 0.3 ^{b,c,d}	3.7 ± 0.6 ^{a,b}
32	4.1 ± 0.2 ^{a,b}	5.0 ± 0.1 ^{a,b,c}	5.4 ± 0.8 ^a	5.2 ± 0.6 ^a	2.8 ± 0.3 ^{a,b,c}	3.2 ± 0.2 ^{a,b}
40	3.7 ± 0.4 ^{a,b}	4.8 ± 0.1 ^{a,b}	5.4 ± 1.0 ^a	5.0 ± 0.7 ^a	2.6 ± 0.2 ^{a,b}	3.0 ± 0.2 ^{a,b}
48	3.4 ± 0.3 ^a	4.7 ± 0.1 ^a	5.3 ± 0.7 ^a	4.9 ± 0.2 ^a	2.3 ± 0.4 ^a	2.8 ± 1.1 ^a

Her örnek için farklı harfler istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Tablo 7. Farklı şartlarda kurutulmuş kayısıların β -karoten içeriğinin 35 °C’de depolama süresince meydana gelen değişimi
Table 7. Changes in β -carotene content of apricots dried under different conditions during storage at 35 °C

Zaman (Hafta) Time (Week)	β -karoten (mg/100 g kuru ağırlık) β -carotene (mg/100 g dry weight)					
	GDH/RF	GDH-RF/1S	GDH-RF/2S	GDH-RF/EX+1S	GK/GK	GK/2S
0	5.5 ± 0.5 ^d	5.9 ± 0.5 ^c	6.3 ± 0.8 ^e	6.0 ± 0.6 ^d	4.0 ± 0.4 ^d	4.5 ± 0.7 ^c
4	5.2 ± 0.6 ^d	5.7 ± 0.6 ^c	5.9 ± 0.7 ^{d,e}	5.8 ± 0.6 ^{c,d}	3.7 ± 0.4 ^{c,d}	4.3 ± 0.4 ^c
8	5.1 ± 0.8 ^d	5.6 ± 0.8 ^c	5.6 ± 0.6 ^{c,d,e}	5.5 ± 0.4 ^{c,d}	3.4 ± 0.6 ^{c,d}	4.0 ± 0.5 ^c
16	4.7 ± 0.4 ^{c,d}	5.2 ± 0.9 ^{b,c}	5.4 ± 0.8 ^{c,d,e}	5.3 ± 0.4 ^{b,c,d}	3.2 ± 0.3 ^{c,d}	3.8 ± 0.3 ^{b,c}
24	4.3 ± 0.7 ^{c,d}	5.0 ± 1.0 ^{b,c}	5.3 ± 0.7 ^{c,d,e}	5.2 ± 0.5 ^{b,c,d}	3.0 ± 0.7 ^{c,d}	3.5 ± 1.0 ^{b,c}
32	3.5 ± 0.7 ^{b,c}	3.9 ± 0.2 ^{a,b}	4.5 ± 0.6 ^{a,b,c}	4.7 ± 0.5 ^{b,c}	2.5 ± 0.7 ^{b,c}	2.5 ± 0.7 ^a
40	2.2 ± 0.2 ^{a,b}	3.1 ± 0.1 ^a	4.0 ± 0.3 ^{a,b}	4.2 ± 0.5 ^{a,b}	1.8 ± 0.6 ^{a,b}	1.8 ± 0.3 ^a
48	1.2 ± 0.7 ^a	2.4 ± 0.4 ^a	3.4 ± 0.3 ^a	3.1 ± 0.4 ^a	0.7 ± 0.2 ^a	1.1 ± 0.5 ^a

Her örnek için farklı harfler istatistiksel olarak farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Mikrobiyal Değişim

Kuru kayıslarda depolama süresince mikrobiyal stabilitenin belirlenmesi amacıyla, toplam aerob mezofil bakteri (TAMB) ve toplam aerob psikrofil bakteri (TAPB) sayımları, maya-küf sayımları, *Enterobacteriaceae* ve laktik asit bakteri sayımları yapılmıştır. Gerçekleştirilen mikrobiyolojik analizler sonucunda *Enterobacteriaceae* ve laktik asit bakterileri ile TAPB sayılarının teşhis limitlerinin altında olduğu (<4 kob/g) saptanmıştır. Kükürtlenmiş ürünlerin depolama başlangıcında TAMB sayısının 8.88×10^1 - 1.43×10^2 kob/g arasında değiştiği görülmüştür (Tablo 8). Elde edilen değerler farklı konsantrasyonlarda SO₂ içeren kuru kayısların mikrobiyal yüklerindeki değişimi inceleyen Türkyılmaz ve ark. (2013a) tarafından rapor edilen değerler ile benzerlik göstermektedir. Kükürtlenmemiş ürünlerde ise bu değer GDH-RF sisteminde kurutulmuş örnek için 1.88×10^2 kob/g ve güneş altında kurutulmuş örnek için 4.38×10^3 kob/g olarak saptanmıştır. Geleneksel güneş altında kurutma yönteminde kayısların uzun süre direkt açık hava ile temasta olması ve bu süreçte antimikrobiyal aktiviteye sahip olan kükürdün uzaklaşması bu ürünlerin mikrobiyal yüklerinin GDH-RF sistemi ile kurutulmuş örneklerden yüksek olmasını açıklamaktadır. Ayrıca fıstık kabuğu ekstraktı ve 1 kg/ton kükürt ile ön işlem gören ürünlerin (GDH-RF/EX+1S) depolama başlangıcında TAMB sayısı sadece 1 kg/ton kükürt uygulanan örnekler (GDH-RF/1S) ile hemen hemen aynı bulunmuştur. Fakat farklı sıcaklıklarda depolama sonunda GDH-RF/EX+1S örneklerinin TAMB sayısı GDH-RF/1S örneklerine oranla daha çok azalmıştır. Fıstık kabuğundan elde edilen ekstraktların antimikrobiyal özellik gösterdiği literatürde farklı çalışmalarda rapor edilmiştir (Öztürk ve ark., 2010; Al-Juhaimi ve ark., 2017; Sadeghinejad ve ark., 2019). Fıstık kabuğu ekstraktı içeren örneklerde meydana gelen azalmanın ekstraktın bu özelliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 8'de de görüldüğü gibi farklı ön işlem ve kurutma teknikleri uygulanarak üretilen ve farklı sıcaklıklarda (5, 20 ve 35 °C) 48 hafta depolanan kuru kayısların, genel olarak TAMB yüklerinde başlangıca göre az da olsa bir azalma tespit edilmiştir. Ayrıca 35 °C'de depolanan örneklerin TAMB yüklerinde meydana gelen azalma 5 °C ve 20 °C'de depolanan örneklerde meydana gelen azalmadan bir miktar daha yüksektir. Ürünlerin başlangıç nem oranları yaş bazda %20.62 ile %22.73 arasında iken, 35°C'de 48 hafta depolama sonunda bu değer %9.38 ile 10.60 arasında olduğu tespit edilmiştir. Ürünlerin nem miktarında dolayısıyla su aktivitelerinde meydana gelen bu ciddi düşüş, 35°C'de depolanan ürünlerin TAMB yüklerinde meydana gelen azalmayı açıklamaktadır. Literatürde de benzer eğilim rapor edilmiş olup, kuru kayısların mikrobiyal yükünün su

aktivitesi ile yakından ilişkili olduğu belirtilmiştir (Sağır ve ark., 2008; Türkyılmaz ve ark., 2013a).

Toplam maya ve küf sadece kükürtlenmeden güneş altında kurutulmuş GK/GK örneğinde görülmüş olup diğer ürünlerde bu mikroorganizmaların sayılarının teşhis limitlerinin altında olduğu (<4 kob/g) saptanmıştır. GK/GK örneğinde depolama başlangıcında toplam maya ve küf sayısı 1.73×10^2 kob/g olarak bulunmuştur. Karabulut ve ark. (2007) güneşte kurutulmuş Hacihaliloğlu çeşidi kayıslar için bu değeri 1.30×10^2 kob/g olarak rapor etmişlerdir. Toplam maya ve küf sayısı 5, 20 ve 35 °C'de 48 hafta depolama sonunda sırasıyla 4.70×10^1 kob/g, 1.50×10^1 kob/g ve 6.00 kob/g'a düşmüştür. Bu azalma yukarıda da belirtildiği üzere depolama sırasında nem düzeylerinde meydana gelen azalmadan kaynaklanmaktadır. Türk Gıda Kodeksi'nin Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği'nde kurutulmuş meyvelerde toplam maya ve küf sayısı için belirlenen limit 1.00×10^4 kob/g'dır. Bu değer göz önünde bulundurulduğunda güneş altında kurutulmuş ve farklı sıcaklıklarda depolanan örneklerin hepsi içerdikleri toplam maya ve küf sayısı ile bu kritere uygun bulunmuştur.

Fıstık Kabuğu Ekstraktı ile Ön İşlem Gören Kuru Kayısların Farklı Sıcaklıklarda Depolama Süresince Fenolik İçeriğinde Meydana Gelen Değişim

Fıstık kabuğu ekstraktı ile ön işlem gören kuru kayısların farklı sıcaklıklarda 48 hafta boyunca depolanmaları sırasında toplam fenolik miktarlarında meydana gelen değişim Tablo 9'da verilmiştir. Yapılan istatistiksel analizler farklı sıcaklıklarda saklanan örneklerin fenolik madde miktarlarında zamana bağlı olarak istatistiksel açıdan önemli bir azalma olduğunu göstermiştir ($p < 0.05$). En fazla fenolik kaybı 20°C'de depolanan örneklerde tespit edilmiş olup, 5 ve 35°C'de muhafaza edilen örneklerdeki kayıp daha azdır. Fıstık kabuğu ekstraktının fenolik kompozisyonuna bakıldığında ağırlıklı olarak gallik asit içerdiği literatürde birçok çalışmada rapor edilmiştir (Kılıç ve ark., 2016; Sönmezdağ ve ark., 2017). Rocha-Parra ve ark. (2016) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada 38°C'de depolama sırasında fenolik bileşenler üzerinde su aktivitesinin önemli bir faktör olduğu belirtilmiştir. Yine aynı çalışmada farklı su aktivitelerinde muhafaza edilen ürünlerin fenolik içeriği analiz edilmiş ve artan su aktivitesiyle gallik asit miktarında bir değişiklik gözlenmezken diğer fenoliklerin ciddi oranda azaldığı tespit edilmiştir. Fıstık kabuğu ekstraktı ile ön işlem gören kuru kayısların başlangıç nem oranı yaş bazda %21.35 iken 48. hafta sonunda bu değer 20°C'de depolanan örneklerde %18.44, 35°C'de muhafaza edilen örneklerde ise %10.07 olarak tespit edilmiştir. 20°C'de muhafaza edilen kayısların nem oranları, dolayısıyla su aktiviteleri 35°C'deki örneklerle

kıyasla daha yüksektir. Bu bilgiler göz önünde bulundurularak 20°C’de muhafaza edilen kayisuların fenolik miktarındaki azalma açıklanabilir. 5°C’de saklanan ürünlerde nem oranı dolayısıyla su aktivitesi diğer sıcaklıklarda saklanan ürünlere göre yüksektir. Buna rağmen fenolik

kaybının bu ürünlerde az olmasının muhtemel nedeni, bu koşullarda sıcaklığın düşük olmasıdır. 35°C’deki örneklerde ise sıcaklık yüksek olmasına rağmen nem oranının dolayısıyla su aktivitesinin zamanla düşmesi fenolik kaybını azaltmıştır.

Tablo 8. Farklı sıcaklıklarda depolanma sırasında kuru kayisuların toplam aerob mezofil bakteri (TAMB) sayılarında (kob/g) meydana gelen değişim

Table 8. Changes in total aerobic mesophilic bacteria (TAMB) counts (cfu/g) of dried apricots during storage at different temperatures

Sıcaklık (°C) Temperature (°C)	Zaman (Hafta) Time (Week)	GDH/RF	GDH-RF/1S	GDH-RF/2S	GDH- RF/EX+1S	GK/GK	GK/2S
5	0	1.88×10 ²	1.43×10 ²	8.90×10 ¹	1.42×10 ²	4.38×10 ³	1.39×10 ²
	4	± 2.40×10 ¹	± 2.17×10 ¹	± 2.10×10 ¹	± 2.44×10 ¹	± 4.47×10 ²	± 2.24×10 ¹
	8	1.90×10 ²	1.33×10 ²	8.20×10 ¹	1.04×10 ²	4.51×10 ³	1.30×10 ²
	16	± 2.12×10 ¹	± 1.93×10 ¹	± 1.23×10 ¹	± 2.11×10 ¹	± 3.82×10 ²	± 1.95×10 ¹
	24	1.67×10 ²	1.37×10 ²	7.70×10 ¹	9.30×10 ¹	4.12×10 ³	1.19×10 ²
20	4	± 1.56×10 ¹	± 2.40×10 ¹	± 0.96×10 ¹	± 0.91×10 ¹	± 4.15×10 ²	± 1.73×10 ¹
	8	1.51×10 ²	1.17×10 ²	6.40×10 ¹	8.20×10 ¹	3.76×10 ³	1.06×10 ²
	16	± 1.24×10 ¹	± 1.63×10 ¹	± 1.37×10 ¹	± 1.13×10 ¹	± 3.36×10 ²	± 0.97×10 ¹
	24	1.37×10 ²	1.08×10 ²	4.90×10 ¹	7.30×10 ¹	3.05×10 ³	9.70×10 ¹
	32	± 1.31×10 ¹	± 1.17×10 ¹	± 0.85×10 ¹	± 1.42×10 ¹	± 3.17×10 ²	± 1.26×10 ¹
35	4	1.50×10 ²	1.12×10 ²	4.15×10 ¹	6.40×10 ¹	2.82×10 ³	1.20×10 ²
	8	± 1.60×10 ¹	± 1.40×10 ¹	± 0.60×10 ¹	± 0.80×10 ¹	± 2.94×10 ²	± 1.10×10 ¹
	16	1.25×10 ²	9.80×10 ¹	4.60×10 ¹	7.20×10 ¹	2.51×10 ³	9.35×10 ¹
	24	± 1.20×10 ¹	± 0.80×10 ¹	± 0.70×10 ¹	± 0.90×10 ¹	± 3.26×10 ²	± 0.80×10 ¹
	32	1.10×10 ²	8.10×10 ¹	3.90×10 ¹	6.80×10 ¹	2.10×10 ³	6.90×10 ¹
35	4	± 1.10×10 ¹	± 0.60×10 ¹	± 0.30×10 ¹	± 0.75×10 ¹	± 2.83×10 ²	± 1.00×10 ¹
	8	1.84×10 ²	1.47×10 ²	8.10×10 ¹	1.06×10 ²	4.72×10 ³	1.29×10 ²
	16	± 1.14×10 ¹	± 1.90×10 ¹	± 1.10×10 ¹	± 1.61×10 ¹	± 4.56×10 ²	± 2.04×10 ¹
	24	1.89×10 ²	1.43×10 ²	7.16×10 ¹	9.72×10 ¹	4.42×10 ³	1.15×10 ²
	32	± 2.47×10 ¹	± 2.44×10 ¹	± 1.46×10 ¹	± 1.58×10 ¹	± 4.04×10 ²	± 1.93×10 ¹
35	4	1.69×10 ²	1.35×10 ²	5.88×10 ¹	8.48×10 ¹	3.84×10 ³	1.06×10 ²
	8	± 1.62×10 ¹	± 1.67×10 ¹	± 0.88×10 ¹	± 1.03×10 ¹	± 3.48×10 ²	± 1.78×10 ¹
	16	1.52×10 ²	1.17×10 ²	5.14×10 ¹	7.56×10 ¹	3.37×10 ³	9.20×10 ¹
	24	± 0.97×10 ¹	± 0.86×10 ¹	± 1.27×10 ¹	± 1.69×10 ¹	± 3.53×10 ²	± 0.85×10 ¹
	32	1.75×10 ²	1.34×10 ²	4.80×10 ¹	8.30×10 ¹	3.15×10 ³	1.35×10 ²
35	4	± 1.20×10 ¹	± 1.10×10 ¹	± 0.70×10 ¹	± 1.80×10 ¹	± 3.10×10 ²	± 1.50×10 ¹
	8	1.35×10 ²	1.20×10 ²	5.10×10 ¹	7.45×10 ¹	2.89×10 ³	9.00×10 ¹
	16	± 1.10×10 ¹	± 1.00×10 ¹	± 0.40×10 ¹	± 1.20×10 ¹	± 2.83×10 ²	± 0.40×10 ¹
	24	1.20×10 ²	1.10×10 ²	4.65×10 ¹	7.20×10 ¹	2.45×10 ³	8.60×10 ¹
	32	± 1.45×10 ¹	± 0.70×10 ¹	± 1.10×10 ¹	± 1.10×10 ¹	± 1.87×10 ²	± 0.90×10 ¹
35	4	1.81×10 ²	1.48×10 ²	7.86×10 ¹	1.01×10 ²	5.13×10 ³	1.25×10 ²
	8	± 2.33×10 ¹	± 2.26×10 ¹	± 1.72×10 ¹	± 1.87×10 ¹	± 4.62×10 ²	± 2.12×10 ¹
	16	1.84×10 ²	1.37×10 ²	6.68×10 ¹	8.90×10 ¹	4.27×10 ³	1.13×10 ²
	24	± 2.85×10 ¹	± 1.89×10 ¹	± 0.87×10 ¹	± 1.02×10 ¹	± 3.79×10 ²	± 2.17×10 ¹
	32	1.68×10 ²	1.29×10 ²	5.70×10 ¹	7.90×10 ¹	3.32×10 ³	9.70×10 ¹
35	4	± 1.61×10 ¹	± 1.15×10 ¹	± 0.94×10 ¹	± 0.83×10 ¹	± 3.06×10 ²	± 0.71×10 ¹
	8	1.43×10 ²	1.20×10 ²	4.60×10 ¹	6.80×10 ¹	2.87×10 ³	8.70×10 ¹
	16	± 0.80×10 ¹	± 0.94×10 ¹	± 0.70×10 ¹	± 0.79×10 ¹	± 2.85×10 ²	± 0.83×10 ¹
	24	1.20×10 ²	1.05×10 ²	5.20×10 ¹	6.56×10 ¹	3.15×10 ³	7.50×10 ¹
	32	± 1.10×10 ¹	± 1.20×10 ¹	± 0.90×10 ¹	± 0.70×10 ¹	± 1.50×10 ²	± 0.50×10 ¹
35	4	1.00×10 ²	9.75×10 ¹	4.30×10 ¹	7.20×10 ¹	2.25×10 ³	6.80×10 ¹
	8	± 0.75×10 ¹	± 1.10×10 ¹	± 0.63×10 ¹	± 0.90×10 ¹	± 1.60×10 ²	± 0.45×10 ¹
	16	8.50×10 ¹	6.50×10 ¹	3.50×10 ¹	6.10×10 ¹	1.90×10 ³	5.40×10 ¹
	24	± 0.60×10 ¹	± 0.80×10 ¹	± 0.50×10 ¹	± 0.50×10 ¹	± 1.72×10 ²	± 0.60×10 ¹
	32						

Tablo 9. Farklı sıcaklıklarda depolama sırasında antepfıstığı kabuğu ekstraktı ile ön işlem gören kuru kayısıların toplam fenolik madde miktarları (mg GAE/g kuru madde)

Table 9. Total phenolic content (mg GAE / g dry matter) of dried apricots pre-treated with pistachio hull extract during storage at different temperatures

Fenolik madde miktarı (mg GAE/g kuru madde)			
Phenolic content (mg GAE / g dry matter)			
Zaman (hafta)	Sıcaklık (°C)		
Time (week)	Temperature (°C)		
	5	20	35
0	47.28±0.35 ^a	47.28±0.35 ^a	47.28±0.35 ^a
2	46.81±0.44 ^a	45.31±0.25 ^b	46.12±0.27 ^b
4	46.39±0.32 ^{a,b}	42.89±0.82 ^c	45.22±1.10 ^{b,c}
6	45.54±1.20 ^b	40.50±0.28 ^d	44.39±0.13 ^c
8	44.42±0.64 ^c	38.65±0.23 ^e	43.12±0.63 ^d
16	43.10±0.38 ^d	36.10±0.35 ^f	40.86±0.28 ^e
24	41.70±0.26 ^e	33.90±1.07 ^g	37.20±0.94 ^f
32	39.54±0.53 ^f	29.37±0.32 ^h	36.85±0.57 ^f
40	37.92±0.19 ^g	25.86±0.41 ⁱ	36.54±0.34 ^f
48	36.68±0.64 ^g	22.64±0.26 ^j	36.24±0.71 ^f

Her sıcaklık değeri için farklı harfler istatistiksel olarak farklılıklarını göstermektedir ($p < 0.05$).

Sonuç

Bu çalışmada farklı ön işlem ve kurutma teknikleri uygulanarak elde edilmiş kuru kayısıların 3 farklı sıcaklık değerinde (5, 20 ve 35°C) 48 hafta boyunca saklanması sırasında β -karoten içerikleri, SO₂ miktarları ve mikrobiyal özelliklerinde meydana gelen değişim incelenmiştir. Ayrıca antepfıstığı kabuğu ekstraktı ile ön işlem gören kuru kayısıların toplam fenolik miktarında zamanla sıcaklığa bağlı olarak meydana gelen değişim incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, 5°C’de depolanan ürünlerde kükürt ve β -karoten kaybının 20°C ve 35 °C’de depolanan ürünlere kıyasla daha az olduğu tespit edilmiştir. Kükürtleme ön işleminin depolamada β -karoten parçalanmasını önemli ölçüde engellediği görülmüştür. Fıstık kabuğu ekstraktı ile ön işlem gören kuru kayısıların fenolik madde miktarlarında zamana bağlı olarak önemli bir azalma olduğu ve bu azalmanın en fazla 20°C’de depolanan örneklerde olduğu görülmüştür. Ayrıca fıstık kabuğu ekstraktı uygulamasının mikrobiyal kalite göz önünde bulundurulduğunda depolama açısından avantaj sağladığı saptanmıştır. Güneş enerjisi destekli havalı ön kurutmayı takiben RF kurutma sistemi, geleneksel güneş altında kurutma ile kıyaslandığında daha az kükürt kaybına neden olmuştur. Bu nedenle bu sistem ilk uygulanacak kükürt miktarının düşük olması ve sağlık açısından daha tercih edilebilir ürünler üretilmesine

olanak sunmaktadır. Elde edilen sonuçlar bu sistemin ürünlerin kalitesini koruyarak endüstride farklı meyve ve sebzelerin kurutulmasında alternatif bir teknoloji olabileceğini göstermiştir.

Etik Standart ile Uyumluluk

Çıkar çatışması: Yazarlar bu yazı için gerçek, potansiyel veya algılanan çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Etik izin: Araştırma niteliği bakımından etik izne tabii değildir.

Finansal destek: Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) (Proje No:118O026) tarafından finansal olarak desteklenmiştir.

Teşekkür: -

Açıklama: -

Kaynaklar

Alagöz, 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.075>

Al-Juhaimi, F., Adiamo, O.Q., Alsawmahi, O.N., Gahfoor, K., Islam Sarker, M.Z., Mohamed Ahmed, I.A., Babiker, E.E. (2017). Effect of pistachio seed hull extracts on quality attributes of chicken burger. *CyTA-Journal of Food*, 15, 9-14. <https://doi.org/10.1080/19476337.2016.1193057>

AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (1990). Official Methods of Analysis, 15th edn, Arlington, VA: AOAC. 1st supplement, Method 990.28.

Barba, A.I.O., Hurtado, M.C., Mata, M.C.S., Ruiz, V.F., de Tejada, M.L.S. (2006). Application of a UV-vis detection-HPLC method for a rapid determination of lycopene and beta-carotene in vegetables. *Food Chemistry*, 95(2), 328-336. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.028>

Coşkun, A.L. (2010). Farklı Kükürtleme Yöntemlerinin ve Depolama Sıcaklıklarının Kuru Kayısıların Fiziksel ve Kimyasal Niteliklerine Etkisi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 119.

Coşkun, A.L., Türkyılmaz, M., Aksu, Ö., 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, 3670-3680.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.033>

FAOSTAT 2018. FAOSTAT statistical database. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (accessed 29.04.2020).

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, 3247-3255.

<https://doi.org/10.1007/s11947-012-0988-1>

Horuz, E., Bozkurt, H., Karataş, H., Maskan, M. (2017). Drying kinetics of apricot halves in a microwave-hot air hybrid oven. *Heat and Mass Transfer*, 53(6), 2117-2127.

<https://doi.org/10.1007/s00231-017-1973-z>

Inserra, L., Cabaroğlu, T., Şen, K., Arena, E., Balistreri, 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, 59-68.

<https://doi.org/10.3906/tar-1607-60>

Işınay, B. (2020). Effect of combined radio-frequency and solar assisted air drying on properties of dried apricot. Gıda Mühendisliği ABD Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep, Türkiye.

İncedayi, B., Tamer, C.E., Sinir, G.Ö., Suna, S., Çopur, Ö.U. (2016). Impact of different drying parameters on color, β -carotene, antioxidant activity and minerals of apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Food Science and Technology*, 36, 171-178.

<https://doi.org/10.1590/1678-457X.0086>

Karabulut, I., Topcu, A., Duran, A., Turan, S., Öztürk, B. (2007). Effect of hot air drying and sun drying

on color values and β -carotene content of apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 40, 753-758.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.05.001>

Kayran, S., Doymaz, İ. (2017). Infrared drying and effective moisture diffusivity of apricot halves: Influence of pretreatment and infrared power. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41, e12827.

<https://doi.org/10.1111/jfpp.12827>

Kılıç, I. H., Sarıkürkçü, C., Karagöz, I.D., Uren, M.C., Koçak, M.S., Cilkiz, M., Tepe, B. (2016). A significant by-product of the industrial processing of pistachios: shell skin-RP-HPLC analysis, and antioxidant and enzyme inhibitory activities of the methanol extracts of *Pistacia vera* L. shell skins cultivated in Gaziantep, Turkey. *RSC Advances*, 6, 1203-1209.

<https://doi.org/10.1039/C5RA24530C>

Özbek, H.N., Koçak Yanık D., Fadıloğlu, S., Gögüş, F. (2020). Optimization of microwave-assisted extraction of bioactive compounds from pistachio (*Pistacia vera* L.) hull. *Separation Science and Technology*, 55, 289-299.

<https://doi.org/10.1080/01496395.2019.1577444>

Öztürk, I., Ekici, L., Yetim, H., Sağdıç, O. (2010). Antioxidative, antiradikale und antimikrobielle Aktivitäten des Fruchthüllen-Extrakts von frischen Antep-Pistazien. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 5, 163-167.

<https://doi.org/10.1007/s00003-009-0529-7>

Rajaei, A., Barzegar, M., Mobarez, A.M., Sahari, M.A., Esfahani, Z.H. (2010). Antioxidant, anti-microbial and antimutagenicity activities of pistachio (*Pistacia vera*) green hull extract. *Food and Chemical Toxicology*, 48, 107-112.

<https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.09.023>

Rocha-Parra, D.F., Lanari, M.C., Zamora, M.C., Chirife, J. (2016). Influence of storage conditions on phenolic compounds stability, antioxidant capacity and colour of freeze-dried encapsulated red wine. *LWT-Food Science and Technology*, 70, 162-170.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.038>

Sadeghinejad, N., Sarteshnizi, R.A., Gavlighi, H.A., Barzegar, M. (2019). Pistachio green hull extract as a natural antioxidant in beef patties: Effect on lipid and protein oxidation, color deterioration, and microbial stability during chilled storage. *LWT-Food Science and Technology*, 102, 393-402.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.060>

Sağırılı, F., Tağı, Ş., Özkan, M., Yemiş, O. (2008). Chemical and microbial stability of high moisture dried apricots during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88, 858-869.

<https://doi.org/10.1002/jsfa.3162>

Sağırılı, F.Y. (2006). Orta nemli kayısıların depolanma stabilitesi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.

Salur-Can, A., Türkyılmaz, M., Özkan, M. (2017). Effects of sulfur dioxide concentration on organic acids and β -carotene in dried apricots during storage. *Food Chemistry*, 221, 412-421.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.081>

Sönmezdağ, A.S., Kelebek, H., Selli, S. (2017). Characterization and comparative evaluation of volatile, phenolic and antioxidant properties of pistachio (*Pista-*

cia vera L.) hull. *Journal of Essential Oil Research*, 29, 262-270.

<https://doi.org/10.1080/10412905.2016.1216899>

Türkyılmaz, M., Tağı, Ş., Özkan, M. (2013a). Changes in chemical and microbial qualities of dried apricots containing sulfur dioxide at different levels during storage. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 1526-1538.

<https://doi.org/10.1007/s11947-012-0884-8>

Türkyılmaz, M., Tağı, Ş., Özkan, M., Öztürk, K., Öztürk, B. (2013b). Chemical and microbial differences in dried apricots containing sulfur dioxide at different levels. *Gıda*, 38(5), 275-282.

Wang, W., Wang, W., Jung, J., Yang, R., Tang, J., Zhao, Y. (2020). Investigation of hot-air assisted radio frequency (HARF) dielectric heating for improving drying efficiency and ensuring quality of dried hazelnuts (*Corylus avellana* L.). *Food and Bioprocess Technology*, 120, 179-190.

<https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.01.006>

Zhou, X., Gao, H., Mitcham, E.J., Wang, S. (2018). Comparative analyses of three dehydration methods on drying characteristics and oil quality of in-shell walnuts. *Drying Technology*, 36(4), 477-490.

<https://doi.org/10.1080/07373937.2017.1351452>