

## Kayısı kurutulmasında mikrobiyal yükün azaltılmasında potansiyel uygulama: Ultraviyole C (UVC) + Sıcak hava kurutma\*

Gülsüm Ebru ÖZER UYAR <sup>1</sup>, Ceylan KOÇKAN <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kocaeli Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü

<sup>2</sup>Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Yetiştirme ve Islahı ABD

\*Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2020-2158 numaralı proje ile desteklenmiştir. Çalışmada kullandığımız kayısı çeşitleri Malatya Kayısı Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.

Alınış tarihi: 2 Nisan 2021, Kabul tarihi: 5 Nisan 2022

Sorumlu yazar: Gülsüm Ebru ÖZER UYAR, e-posta: ebru.uyar@kocaeli.edu.tr

### Öz

**Amaç:** Bu çalışmada ultraviyole ışık ve sıcak havayla kurutma uygulamalarının üç farklı kayısı çeşidindeki (*Prunus armenica* L., var. Hacihaliloğlu, *Prunus armenica* L., var. Kabaası, *Prunus armenica* L., var. Şekerpare) yüzey mikroorganizma yüküne (psikrofilik ve mezofilik aerobik bakteriler, maya ve küf) etkileri araştırılmıştır.

**Materyal ve Yöntem:** Ultraviyole ışık ortalama doz oranı 6.70 W/m<sup>2</sup> ve ışımaya maruziyeti (dozaj) 2.01 kJ/m<sup>2</sup> olarak uygulanmıştır. Kurutma 70 °C de kayısuların nem içeriği %19'a düşünceye kadar yapılmıştır.

**Araştırma Bulguları:** Çalışma sonucunda Şekerpare çeşidinin diğer iki kayısı çeşidine göre başlangıç mikrobiyal yükünün açıkça daha yüksek olduğu görülmüştür. Ultraviyole ışık ve sıcak hava ile kurutma uygulamaları kayısuların yüzeyinde bulunan doğal mikroflorayı azaltmıştır. Bu azalma, sıcak hava ile kurutma uygulaması için sadece Şekerpare çeşidinde önemli bulunmuştur. Ultraviyole ışık uygulamasının etkisi maya ve küf açısından tüm çeşitlerde önemsizken, mezofilik ve psikrofilik aerobik bakteriler için sadece Şekerpare çeşidinde, toplam mikrobiyal yük için ise Şekerpare ve Hacihaliloğlu çeşidinde önemli olmuştur. Ultraviyole ışık ve ardından sıcak hava ile kurutma uygulanması durumunda ise meydana gelen azalma mezofilik aerobik bakteriler ile maya ve küf sayıları açısından Şekerpare çeşidinde, psikrofilik aerobik bakteri sayıları ve toplam mikrobiyal yük açısından ise tüm çeşitlerde önemli bulunmuştur.

**Sonuç:** En etkili yöntem UVC ve sıcak hava ile kurutma uygulamasının birlikte uygulanması olduğu sonucuna varılmıştır. Bu yöntemlerin ayrı ayrı kullanılması durumunda etkinlik sırasının değiştiği ve yapılan uygulamaların en fazla psikrofilik aerobik bakteri sayısının azaltılmasında etkili olduğu da tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Kayısı, UVC, Sıcak hava ile kurutma, Doğal mikroflora, Mikrobiyal yük

### A potential application on reducing microorganism load in apricot drying: Ultraviolet C (UVC) + Hot air drying

#### Abstract

**Objective:** In this study, the effects of ultraviolet light and hot air drying applications on surface microbial load (psychrophilic and mesophilic aerobic bacteria, yeast and mold) of three different apricot varieties (*Prunus armenica* L., var. Hacihaliloğlu, *Prunus armenica* L., var. Kabaası, *Prunus armenica* L., var. Şekerpare) investigated.

**Materials and Methods:** The average ultraviolet light dose rate was 6.70 W/m<sup>2</sup> and the radiation exposure (dosage) was 2.01 kJ/m<sup>2</sup>. Drying was carried out at 70 °C until the moisture content of apricots decreased to 19%.

**Results:** As a result of the study, it was observed that the initial microbial load of Şekerpare variety was clearly higher than the other two apricot varieties. Ultraviolet light and hot air drying applications

reduced the natural microflora on the surface of apricots. This reduction was found to be significant only in Şekerpare variety for hot air drying application. While the effect of ultraviolet light application was insignificant in terms of yeast and mold in all varieties, it was important for mesophilic and psychrophilic aerobic bacteria only in Şekerpare variety, and for total microbial load in Şekerpare and Hacıhaliloğlu varieties. In the case of application of ultraviolet light and subsequent hot air drying, the decrease in the number of mesophilic aerobic bacteria, yeast and mold was found to be significant in Şekerpare variety, and in all varieties in terms of psychrophilic aerobic bacteria numbers and total microbial load.

**Conclusion:** The most effective method is to apply UVC and hot air drying application together. It has also been determined that the order of activity changes when these methods are used separately, and the applications are most effective in reducing the number of psychrophilic aerobic bacteria.

**Keywords:** Apricot, UVC, Hot air drying, Native microflora, Microbial load

## Giriş

Kayısı, *Prunus armeniaca* L., Rosaceae familyasının bir üyesi olup kiraz, erik, şeftali gibi sert çekirdekli meyveler arasında yer almaktadır. Anavatanı Rusya sınırının yakınlarında Kuzeydoğu Çin'dir. Buradan batıya, Orta Asya'ya kadar yayılmıştır. Çin'de kültüre alınma tarihi 3000 yıl öncesine dayanmaktadır (Zhebentyayeva, T. ve ark., 2012).

Kayısı Akdeniz ülkeleri, Güney Afrika, Güney ve Kuzey Amerika'da yetiştiriciliği yapılmaktadır. Dünya toplam kayısı üretimi 2000 yılından 2019 yılına kadar %41 artmış ve 2019 yılında toplam kayısı üretimi 4152859 ton olmuştur (FAOSTAT, 2021). Türkiye, dünyada hem yaş hem kuru kayısı üretiminde lider konumundadır (Fan ve ark., 2017). Türkiye'yi, Özbekistan, İran ve İtalya izlemektedir. Türkiye 2019 yılında 846606 ton kayısı üretimiyle dünya genelinde toplam kayısı üretiminin %20'sini karşılamaktadır (FAOSTAT, 2021). 2018 yılı verilerine göre; dünyada toplam 410000 tonluk taze kayısı ihracatı içerisinde İspanya 109000 ton ile birinci sırada yer alırken, Türkiye 71000 ton ihracat ile üçüncü sırada yer almaktadır. Besleyici değeri ve mineral madde içeriği nedeniyle kurutulmuş kayısıya olan talep giderek artmaktadır (İgual ve ark., 2012). Dünyada toplam 120000 tonluk kuru

kayısı ihracatı yapılmakta olup, bunun 94000 tonu (%78.2) Türkiye tarafından gerçekleştirilmiştir. Kayısı üretiminde önemli bir yere sahip olan Malatya 2018-2019 yılları arasında Türkiye üretiminin %52.1'ini gerçekleştirmiştir (TEPGE, 2019).

Kayısı klimakterik bir meyvedir. Solunum hızının yüksek olması ve çabuk olgunlaşmasından dolayı raf ömrü çok kısadır. Raf ömrünü uzatabilmek için konserve, dondurma, kontrollü atmosferde depolama ve kurutma gibi çeşitli muhafaza yöntemleri geliştirilmiştir (Jiménez ve ark., 2008). Bu yöntemlerden birisi olan kurutmanın temel amacı, son ürünün raf ömrünü uzatmaktır. İşlem, ürünün nem içeriğini mikrobiyal büyümeyi ve kimyasal reaksiyonları sınırlayan bir düzeye düşürerek bu hedefi gerçekleştirir. Açık havada güneşte kurutma, sıcak iklimlerde ve tropikal ülkelerde yaygın olarak uygulanan bir kurutma yöntemidir. Güneşte kurutma yönteminde enerji kaynağı bedava ve yenilenebilir olduğu için bu yöntemle önemli ölçüde tasarruf sağlanabilmektedir (Karathanos ve Belessiotis, 1997). Ancak, bu yöntemin hava koşullarına bağlı olmasının yanısıra kontaminasyon ve böcek istilası gibi sorunları da bulunmaktadır (Toğrul ve Pehlivan, 2003). Ayrıca, bu yöntemde gerekli kurutma süresi de kurutulan ürünün miktarına bağlı olarak uzamaktadır (Lüle ve Koyuncu, 2015). Kurutma yavaş olduğunda kurutma süresince mikroorganizma gelişimi kaçınılmaz hale gelmektedir (Liu ve ark., 2019).

Ürünlerin kapalı ortamda sıcak havayla kurutulması ise, güneşte kurutmaya göre daha az mikrobiyal kontaminasyon, daha az kalite bozulması, hava koşullarının en az olumsuz etkisi, daha kısa kurutma süreleri ve daha düşük işçilik maliyetleri gibi birçok yönden daha avantajlıdır (Barbosa-Cánovas ve Vega-Mercado, 1996).

Hasat sonrası ürünlerin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalite özelliklerinin korunması amacıyla kurutmadan önce kükürtleme (Karabulut ve ark., 2007; Türkyılmaz ve ark., 2013), yenilebilir kaplama (Ubeyitoğulları ve Çekmecelioğlu, 2016) gibi uygulamalar kullanılmaktadır. Kükürtleme gıdaların kalite kayıplarını önlemek için ticari olarak uygulanan en yaygın yöntemdir. Ancak sülfidlerin bazı kişilerde astım reaksiyonları gibi sağlık sorunlarına neden olduğu bildirilmiştir (WHO, 2020). Sonuç olarak, gıdaların raf ömrünün uzatılması için kimyasal yöntemlere karşı alternatif koruyucu teknikler düşünülmelidir.

Bu tekniklerden biri olan ultraviyole ışık (UV), dalga boyuna göre UVA (320-400 nm), UVB (280-320 nm), UVC (200-280 nm) ve UVV (100-200 nm) olarak sınıflandırılmaktadır (Perincek ve ark., 2007). UV uygulaması, istenmeyen yan ürünler üretmeyen veya kimyasal kalıntılar bırakmayan fiziksel, termal olmayan/susuz bir yöntemdir (Keyser ve ark., 2008). Bu nedenle, bu teknoloji gıda endüstrisinde havanın dezenfekte edilmesi, bitkilerin ve ambalaj malzemelerinin yüzeyindeki kontaminasyonun kontrolü veya meyve ve sebzelerin hasat sonrası depo ömrünün uzatılması amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Begum ve ark., 2009). UVC kullanımı yüzey dezenfeksiyonu için Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi tarafından da onaylanmıştır (FDA, 2020). UV'nin etki mekanizması türe göre değişiklik gösterebilir. 250-260 nm aralığındaki UV radyasyonu, mantarlar, maya, bakteriler, virüsler, protozoa ve algler dahil olmak üzere çoğu mikroorganizma için öldürücüdür (Begum ve ark., 2009). UVC'nin mikrop öldürücü etkisi esas olarak nükleik asit seviyesinde olup, UVC uygulaması mikroorganizmanın DNA'sındaki bağların kırılmasına ve timin dimerlerinin oluşmasına neden olur (Dai ve ark., 2012). Hasat sonrası ürünlerin raf ömrünü uzatmak amacıyla UVC'nin mikrop öldürücü etkisinin gösterildiği çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Civello ve ark., 2006; Fan ve ark., 2017; Hakgüder Taze ve Ünlütürk, 2018; Usall ve ark., 2016). Ayrıca UVC bitkiye uygulandığında biyolojik stres oluşturmada ve savunma metabolizmasını uyarmaktadır (Aarrouf ve Urban, 2020; Srepong ve ark., 2013). Gıda güvenliği açısından bakıldığında UVC ürün üzerinde herhangi bir kalıntı bırakmamakta ve çalışan personel için yoğun güvenlik önlemlerine de gerek duyulmamaktadır. Bu nedenle UVC, hasat sonrası kullanımı artan muhafaza uygulamalarından biri olmuştur. Literatürde UVC'nin kurutma işleminden önce uygulandığı bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın amacı kurutma öncesi UVC uygulaması ile sıcak havayla kurutmanın kayısı üzerindeki mikroorganizma miktarına ve sıcak hava ile kurutma süresince mikroorganizma gelişimine etkisini göstermektir.

## Materyal ve Yöntem

### Bitkisel Materyal ve Kimyasallar

Bu çalışmada kullanılan üç farklı kayısı çeşidi (*Prunus armenica* L., var. Hacihaliloğlu, *Prunus armenica* L., var. Kabaası, *Prunus armenica* L., var.

Şekerpere) Malatya Kayısı Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü bahçelerinden Temmuz ayının ilk haftasında hasat edilmiştir. Kayıslar hasattan hemen sonra karton kutu içerisine alınmış, 12 saat sonra Kocaeli Üniversitesi Arslanbey Kampüsünde bulunan laboratuvara ulaştırılmış ve deneme başlangıcına kadar iki gün süreyle 4 °C de soğuk hava deposunda tutulmuştur.

Çözelti ve besiyeri hazırlamak için kullanılan tüm kimyasallar Merck (Darmstadt, Germany) firmasından temin edilmiştir.

## Yöntemler

### UVC Uygulaması ve Sıcak Hava ile Kurutma

Sıcak hava ile kurutma ve UVC'nin etkisi bakteri, maya ve küf sayımları ile ölçülmüştür. UVC gruplarında kayısların her iki yüzü beşer dakika boyunca UVC'ye maruz bırakılmıştır. Bunun için kayıslar, bir adet 2.5 x 88 cm 30 W UVC (254 nm) lambanın altına lambadan 20 cm mesafede olacak şekilde yerleştirilmiştir. Bu koşullar altında, ortalama doz oranı 6.70 W/m<sup>2</sup> ve ışımaya maruziyeti (dozaj) 2.01 kJ/m<sup>2</sup> olmuştur. UVC lambası kayıslara uygulama yapılmadan önce 10 dakika açılarak stabilize edilmiştir. UVC uygulaması, oda sıcaklığında (~23 °C) gerçekleştirilmiştir.

UVC yoğunluğu meyveyle aynı mesafede tutulan bir UVX-25 radyometre (UVP Inc., Upland, CA, ABD) kullanılarak ölçülmüştür ve UV dozu aşağıdaki denklemle hesaplanmıştır:

UV dozu (kJ/m<sup>2</sup>) = ışınım (kW/m<sup>2</sup>) x maruz kalma süresi (s).

UVC uygulamasının ardından hem kontrol grubu hem de UVC uygulanan kayıslar etüvde 70 °C sıcaklıkta kurutulmuştur. Sıcak hava ile kurutulan kayıslarda, kurutma sıcaklığı 70 °C'nin üzerinde olduğunda bölgesel yanıkların meydana geldiği belirtildiğinden kurutma sıcaklığı olarak 70 °C seçilmiştir (Karabulut ve ark., 2007). Tüm çeşitlerde örneklerin nem içeriği ağırlık kaybı esasına göre belirlenmiş olup, kayısların nem içeriği %19'a düştüğünde kurutma işlemi durdurulmuştur (Toğrul ve Pehlivan, 2003). Kurutma sonunda ağırlık kaybını tespit etmek için kurutmadan önce ve sonra kayısların ağırlıkları hassas terazide ölçülmüştür.

### Mikroorganizma Gelişiminin Belirlenmesi

Her uygulamadan hemen sonra, oluşturulmuş her gruptan birer tane alınan kayıslar steril 100 mL Saline pepton çözeltisi (8.5 g/L NaCl ve 1 g/L pepton) içinde oda ısısında 10 dakika nazikçe

çalkalanarak bekletilmiştir (Kasım ve ark., 2015). Steril enjektör yardımıyla torbalardan bir mL hacimle alınan örnekler onar kat seyreltilerek 'plate count agar' (PCA) ve 'potato dextrose agar' (PDA) plaklarına yayma yöntemiyle ekilmiştir. Toplam psikrofilik aerobik bakteriler (TPAB) ve toplam mezofilik aerobik bakteriler (TMAB) için PCA plakları, sırasıyla 7 °C'de 15 gün, 25 °C'de yedi gün, toplam maya ve küf (TMK) için PDA plakları ise 25 °C'de 10 gün süre ile inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda koloni sayımı yapılmıştır. Mikrobiyal yükler log KOB/g olarak ifade edilmiştir (KOB: Koloni oluşturan birim). Toplam mikrobiyal yük miktarları TMAB, TPAB ve TMK sayımlarından elde edilen verilerin toplanmasıyla bulunmuştur.

#### Deneme Deseni ve İstatistik Analiz

Uygulamalardan önce her çeşit için üçer adet kontrol ve UVC grubu oluşturulmuştur. Uygulamalar "Uygulama 1: UVC"; "Uygulama 2: UVC + Sıcak hava ile kurutma" ve "Kontrol: Sıcak hava ile kurutma" şeklinde yapılmıştır.

Her gruba rasgele seçilmiş üç adet meyve konulmuş, her çeşit için oluşturulan gruplarda toplam dokuz adet meyve kullanılmıştır. Kontrol grubu kayısılar sıcak hava ile kurutmadan önce doğal mikroflora miktarının belirlenmesi için de kullanılmıştır.

Denemeler tesadüf parselleri deneme desenine göre her çeşit ve koşul için üç tekerrürlü olarak yapılmıştır. Denemelerde kullanılan kayısılar sağlam olanlar arasından rasgele seçilmiştir. Koloni sayımlarından elde edilen veriler IBM SPSS Statistics v.25 programında "Paired samples T-test" kullanılarak  $P<0.05$  önem seviyesinde karşılaştırılmıştır.

#### Bulgular ve Tartışma

Kayısı örneklerinin doğal mikrofloraları ile hasat, paketleme ve nakliye sırasında çevreden kaynaklı olası bulaşlar nedeniyle oluşan başlangıç mikrobiyal yükleri UVC ve sıcak hava ile kurutma uygulamasından önce belirlenmiştir. Bu miktarlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Kullanılan kayısı çeşitlerinin başlangıç mikrobiyal yükleri (log KOB/g)

	Kabaası	Hacıhaliloğlu	Şekerpare
TMAB*	4.06±0.41	4.11±0.28	5.44±0.22
TPAB*	3.64±0.43	4.00±0.65	5.26±0.50
TMK*	3.70±0.26	3.99±0.30	5.13±0.40
<b>Toplam yük</b>	<b>11.40±1.1</b>	<b>12.10±1.23</b>	<b>15.83±1.12</b>

\* TMAB, toplam mezofilik aerobik bakteriler; TPAB, Toplam psikrofilik aerobik bakteriler ve TMK, toplam maya ve küf

Buna göre toplam başlangıç mikrobiyal yükü en düşük olan çeşit Kabaası olarak görülmektedir (11.40 log KOB/g), Hacıhaliloğlu çeşidinin mikrobiyal yükü de yakın düzeydedir (12.10 log KOB/g), ancak Şekerpare çeşidinin diğer iki çeşide göre başlangıç mikrobiyal yükü açıkça daha yüksektir (15.83 log KOB/g).

Meyvelerin hasat sonrası hastalıklarının biyokontrolünde, meyve yüzeyindeki doğal (yerleşik) mikrofloranın bir parçası olan antagonist mikroorganizmaların önemli olduğu konusunda çalışmalar (Droby ve Wisniewski, 2018) olmasına rağmen meyve yüzeyindeki doğal mikrofloranın belirlenmesine dair çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Bu araştırmaların çoğu, üzüm şarabı yapımı nedeniyle üzümde yoğunlaşmıştır (Barata ve ark., 2012). Hasat sonrası hastalıkların biyolojik kontrolü ile ilgili olarak ise daha çok elma, armut ve turuncgil meyveleri ile ilgili çalışmalar mevcuttur (Dukare ve

ark., 2019; Sharma ve ark., 2009). Bu nedenle, kayısıda meyve yüzeylerinin mikrobiyal ekolojisi hakkındaki bilgiler çok sınırlıdır. Yapılan çalışmada kullanılan üç çeşit için elde edilen doğal mikroflora miktarları daha önce Şalak çeşidi kayısı (*Prunus armenica* L., cv Şalak) ile yapılan çalışmalara göre düşük bulunmuştur (Hakgüder Taze ve Ünlütürk, 2018). Şalak çeşidi ile yapılan çalışmada meyve yüzeyindeki doğal TMAB miktarı 6.10 log KOB/g, TMK miktarı ise 5.81 log KOB/g olarak bildirilmiştir. Meyveler olgunlaşmadan önce, aktif yara iyileşmesi ve mantarlar için toksik olan fenolik maddeler olan fitoaleksinlerin üretimi dahil enfeksiyonlara karşı savunma engelleri ile donatılmıştır (Barth ve ark., 2009). Meyvelerin, olgunlaşmanın sonraki aşamalarında patojen saldırısına daha duyarlı hale geldiği genel olarak bilinmektedir. Çalışmada kullanılan çeşitlerden Kabaası ve Hacıhaliloğlu'nun Malatya şartlarında hasat zamanı Temmuz ayının

ikinci haftasıyken (Özelçi ve ark., 2021; Durmaz ve ark., 2009), Şekerpare çeşidinin Temmuz ayının ilk haftasıdır. Çalışmada kullanılan çeşitlerin üçü de Temmuz ayının ilk haftası hasat edildiği için Şekerpare çeşidinin olgunluk derecesi diğer çeşitlere göre daha yüksektir. Şekerpare çeşidindeki başlangıç mikrobiyal yükün diğer çeşitlere göre fazla olmasının nedeni hasat zamanı olabilir. Sıcak hava ile kurutma işlemi öncesi ve sonrasındaki mikrobiyal

yük karşılaştırıldığında sıcak hava ile kurutma işleminin tüm çeşitler için mikrobiyal yükü azalttığı görülmektedir (Çizelge 2). Sıcak hava ile kurutma uygulamasının TMAB, TMK, TPAB ve toplam mikrobiyal yük üzerindeki etkisi Kabaası ve Hacıhaliloğlu çeşitlerinde istatistiksel olarak önemli bulunmazken ( $P>0.05$ ), Şekerpare çeşidinde önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

Çizelge 2\*. Sıcak hava ile kurutma işlemi sonucunda mikrobiyal yükte meydana gelen azalma miktarları (log KOB/g)

	Kabaası	Hacıhaliloğlu	Şekerpare
<b>TMAB**</b>	0.42±0.71a	0.26±0.50a	2.40±0.37b
<b>TPAB**</b>	0.18±0.73a	0.30±0.88a	1.78±0.65b
<b>TMK**</b>	0.16±0.60a	0.13±0.53a	2.25±0.73b
<b>Toplam yük</b>	11.40±1.1	12.10±1.23	15.83±1.12

\* Aynı satırda farklı harflerin bulunduğu ortalamalar önemli ölçüde farklıdır ( $P<0.05$ ).

\*\* TMAB, toplam mezofilik aerobik bakteriler; TPAB, Toplam psikrofilik aerobik bakteriler ve TMK, toplam maya ve küf

Literatüre bakıldığında, Hacıhaliloğlu çeşidi ile yapılan başka bir çalışmada güneşte ve sıcak hava ile kurutmanın mikrobiyal yüke etkisi TMAB ve TMK sayıları bakımından karşılaştırılmış ve önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Sıcak hava ile kurutma sonunda TMAB ve TMK sayılarındaki düşüş sırasıyla 0.75 ve 0.30 log KOB/g olarak rapor edilmiştir (Karabulut ve ark., 2007). Bu değerler mevcut çalışmadaki değerlerden (0.26 ve 0.13 log KOB/g) daha yüksektir. Bu farklılığın muhtemel nedeni mikrobiyal yük analizinden kaynaklanmaktadır. Karabulut ve ark. (2007) mikrobiyal analiz için örneklemede tüm meyve kullanmak yerine meyve parçası kullandıkları için örneklemedeki dış yüzey alanı daha az olmuştur. Ayrıca söz konusu çalışma sıcak hava ile kurutmanın geleneksel güneşte kurutmaya göre kontaminasyonun engellenmesi açısından daha avantajlı olduğunu göstermektedir. *Prunus armenica* L., var. Hacıhaliloğlu yapılan bir

başka çalışmada ise kurutmadan sonra belirlenen TMAB miktarı 3.45 log KOB/g olarak bildirilmiş ve mevcut çalışmaya göre %10.3 oranında düşük bulunmuştur (Türkyılmaz ve ark., 2013). Ancak Türkyılmaz ve ark.'nın (2013) yaptığı çalışmada kurutmadan önceki mikrobiyal yük miktarı ölçülmediğinden kurutmanın taze meyve yüzeyindeki mikrobiyal yükü ne ölçüde azalttığı belirlenmemiştir.

Taze meyvelerde UVC uygulama işlemi öncesi ve sonrasındaki mikrobiyal yük karşılaştırılmış ve UVC uygulamasının aynı sıcak hava ile kurutma işleminde olduğu gibi tüm çeşitler için mikrobiyal yükü azalttığı belirlenmiştir (Çizelge 3). UVC uygulamasının etkisiyle meydana gelen bu azalma TMK için tüm çeşitlerde önemsizken ( $P>0.05$ ), TMAB ve TPAB için sadece Şekerpare çeşidinde, toplam mikrobiyal yük için ise Şekerpare ve Hacıhaliloğlu çeşidinde önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

Çizelge 3\*. UVC işlemi sonucunda mikrobiyal yükte meydana gelen azalma miktarları (log KOB/g)

	Kabaası	Hacıhaliloğlu	Şekerpare
<b>TMAB**</b>	0.34±1.17a	1.04±0.58a	1.58±0.54b
<b>TPAB**</b>	0.54±1.26a	1.40±0.95a	2.33±0.99b
<b>TMK**</b>	0.62±0.87a	0.87±0.88a	1.75±0.84a
<b>Toplam yük</b>	11.40±1.1	12.10±1.23	15.83±1.12

\* Aynı satırda farklı harflerin bulunduğu ortalamalar önemli ölçüde farklıdır ( $P<0.05$ ).

\*\* TMAB, toplam mezofilik aerobik bakteriler; TPAB, Toplam psikrofilik aerobik bakteriler ve TMK, toplam maya ve küf

Taze ürünlere yüzey dezenfeksiyonu amacıyla yapılan UVC uygulamalarında UVC dozuna ve ürüne bağlı olarak bakterilerde en çok 3.72 log KOB/g, maya ve küflerde ise en çok 1.40 log KOB/g'a kadar azalmaya neden olduğu gözlenmiştir (Fan ve ark., 2017). Bazı araştırmacılar UVC uygulamasından sonra bakterilerin bazı metabolik fonksiyonları sürdürdüğünü göstermiştir (Ben Said ve ark., 2010; Kramer ve Muranyi, 2014) Villarino ve ark. (2003), UVC ile inaktive edilen hücrelerin kültür ortamında büyüme yeteneklerini kaybettiğini göstermiştir. Ancak, bu hücrelerin bazıları hem zar bütünlüğünü hem de potansiyellerini koruyarak parçalanmamıştır. Benzer şekilde Yan ve ark. (2017), UVC'nin hücre zarına zarar vermeden *Escherichia coli* O157: H7'yi inaktive ettiğini göstermiştir. Bozulmamış membranlara sahip hücrelerin, belirli koşullar altında, metabolik aktivite ve onarım gösterebildiği ve DNA'ları onarılamayacak kadar hasar görmedikçe çoğalabildiği bilinmektedir (Yan, Liu, Gurtler, Killinger ve Fan, 2017) (Yan, Liu, Gurtler, Killinger ve Fan, 2017) (Yan, Liu, Gurtler, Killinger ve

Fan, 2017). Bu sonuçlara göre dezenfeksiyon etkinliğinin artırılması için UVC'nin başka dezenfeksiyon teknikleri ile birleştirilmesi gerekmektedir.

UVC ve sıcak hava ile kurutma uygulamasının birlikte değerlendirildiği gruplarda uygulamalar sonrasında TMK plaklarında büyüme sadece Hacihaliloğlu çeşidinde saptanmıştır. TMAB plaklarında ise Kabaası ve Hacihaliloğlu çeşidinde büyüme olmuş, Şekerpare çeşidinde büyüme gözlenmemiştir. TPAB plaklarında ise hiçbir kayısı çeşidinde mikrobiyal büyüme olmamıştır. Sonuç olarak UVC ve sıcak hava ile kurutma uygulama işlemi öncesi ve sonrasındaki mikrobiyal yük karşılaştırılarak elde edilen mikrobiyal yük azalma değerleri Çizelge 4'te verilmiştir. Bu bulgulara göre UVC ve sıcak hava ile kurutmanın sinerjik etkisiyle meydana gelen azalma TMAB ve TMK sayıları açısından Şekerpare çeşidinde, TPAB sayıları ve toplam mikrobiyal yük açısından ise tüm çeşitlerde önemli bulunmuştur ( $P < 0.05$ ).

Çizelge 4\*. UVC ve sıcak hava ile kurutma işlemleri sonucunda mikrobiyal yükte meydana gelen azalma miktarları (log KOB/g)

	Kabaası	Hacihaliloğlu	Şekerpare
<b>TMAB**</b>	0.51±0.66a	0,73±0.68a	5,44±0.22b
<b>TPAB**</b>	3.64±0.43a	4,00±0.65b	5,26±0.50c
<b>TMK**</b>	3.70±0.26a	0,89±0.65a	5,13±0.40b
<b>Toplam yük</b>	11.40±1.1	12.10±1.23	15.83±1.12

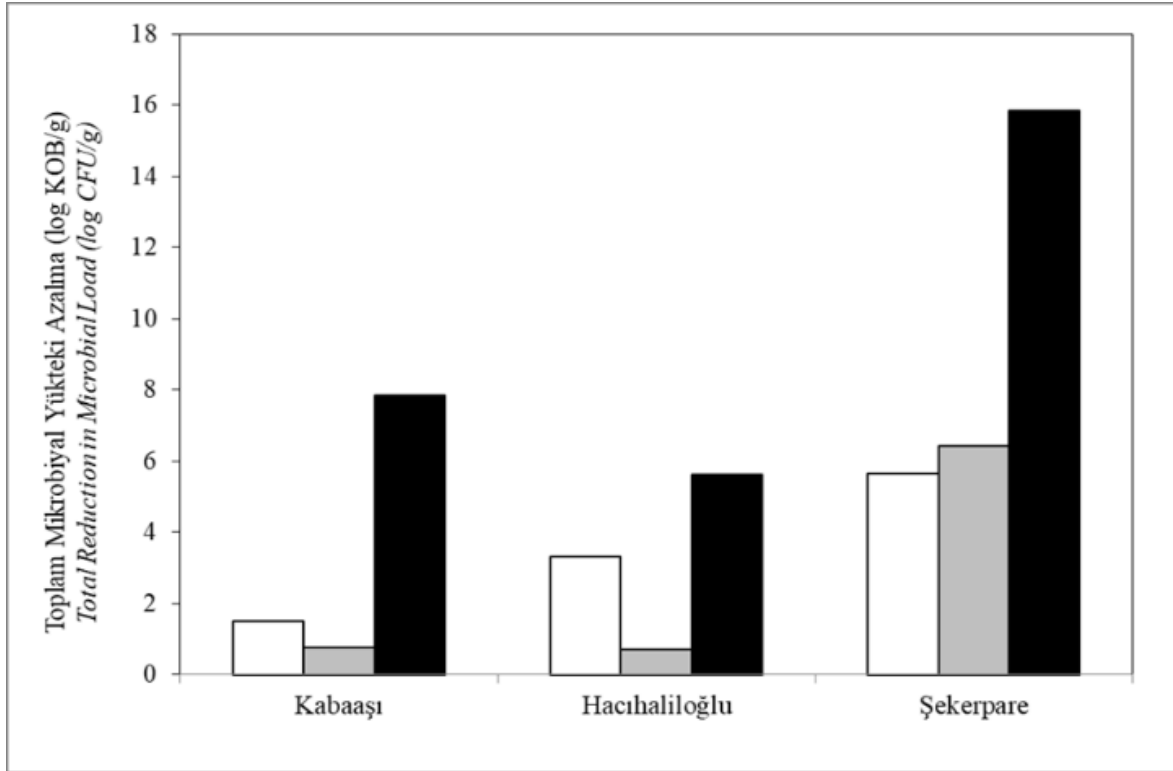
\* Aynı satırda farklı harflerin bulunduğu ortalamalar önemli ölçüde farklıdır (P < 0.05).

\*\* TMAB, toplam mezofilik aerobik bakteriler; TPAB, Toplam psikrofilik aerobik bakteriler ve TMK, toplam maya ve küf

Hacihaliloğlu çeşidi kullanılarak kükürtleme ile kurutmanın birlikte yapıldığı benzer bir çalışmada kükürtleme yapılan örneklerde TPAB, maya ve küf sayısı en düşük saptama sınırının (<0.60 log KOB/g) altında kalırken, ortalama TMAB sayısı 2.09 log KOB/g olarak tespit edilmiştir (Türkyılmaz ve ark., 2013). Başka bir çalışmada ise yine Hacihaliloğlu çeşidi kullanılmış ve TMAB ve TMK sayıları sırasıyla 2.75 ve 2.30 log KOB/g' dan 2.00 log KOB/g'ın altına düşmüştür (Karabulut ve ark., 2007). Uygulanan yöntemlerin etkinliğini değerlendirmek için toplam mikrobiyal yük (TMAB + TPAB + TMK) değerleri kullanılabilir. Buna göre her üç kayısı çeşidi için

hesaplanan toplam mikrobiyal yükteki değişimler Şekil 1'de gösterilmiştir.

Buna göre hem Kabaası hem de Hacihaliloğlu çeşidinde UVC uygulaması sıcak hava ile kurutma uygulamasına göre daha etkilidir. İki yöntemin birarada kullanımı ise en etkili uygulama olarak görülmektedir. Şekerpare çeşidinde ise diğer iki çeşitten farklı olarak sıcak hava ile kurutma uygulaması UVC uygulamasına göre daha etkili olmuştur, iki yöntemin birarada kullanımı ise diğer çeşitlerde olduğu gibi en etkili uygulama olarak bulunmuştur.



Şekil 1. Uygulanan işlemlerin kayısı çeşitlerindeki toplam mikrobiyal yük üzerindeki etkisi (□ UVC, ■ Sıcak hava ile kurutma, ■ UVC ve Sıcak hava ile kurutma)

Tespit edilen mikroorganizma gruplarının uygulanan yöntemlere karşı hassasiyetini belirlemek için ise tüm kayısı çeşitleri birlikte değerlendirilmiş ve her üç uygulama (UVC, sıcak hava ile kurutma, UVC ardından sıcak hava ile kurutma) için hesaplanan mikrobiyal yükteki değişimler mikroorganizma grupları için Şekil 2'de gösterilmiştir. Buna göre UVC uygulamasının en çok TPAB, en az TMAB üzerinde etkili olduğu bulunmuştur. Sıcak hava ile kurutma uygulamasının etkisi UVC'den farklı olarak en çok TMAB, en az TPAB üzerindedir. UVC ve sıcak hava ile kurutmanın arka arkaya kullanımını ise UVC uygulamasına benzer şekilde en çok TPAB, en az TMAB üzerinde etkilidir. UVC ve sıcak hava ile kurutma işlemlerinin arka arkaya uygulanmasındaki sinerjik etki de Şekil 2'de açıkça görülmektedir. Mevcut çalışmada sıcak hava ile kurutma sırasında oluşan ağırlık kaybı her çeşit için ortalama % 76 olmuştur, çeşitler arası fark önemsizdir ( $P < 0.05$ ). Ayrıca UVC uygulamasının ağırlık kaybı üzerinde etkisi olmadığı da ortaya çıkmıştır. Bu bulguyu destekleyecek şekilde, çilek ve domatesle yapılan

başka bir çalışmada da UVC uygulamasının ağırlık kaybı üzerinde bir etkisi olmadığı gösterilmiştir (Cote ve ark., 2013).

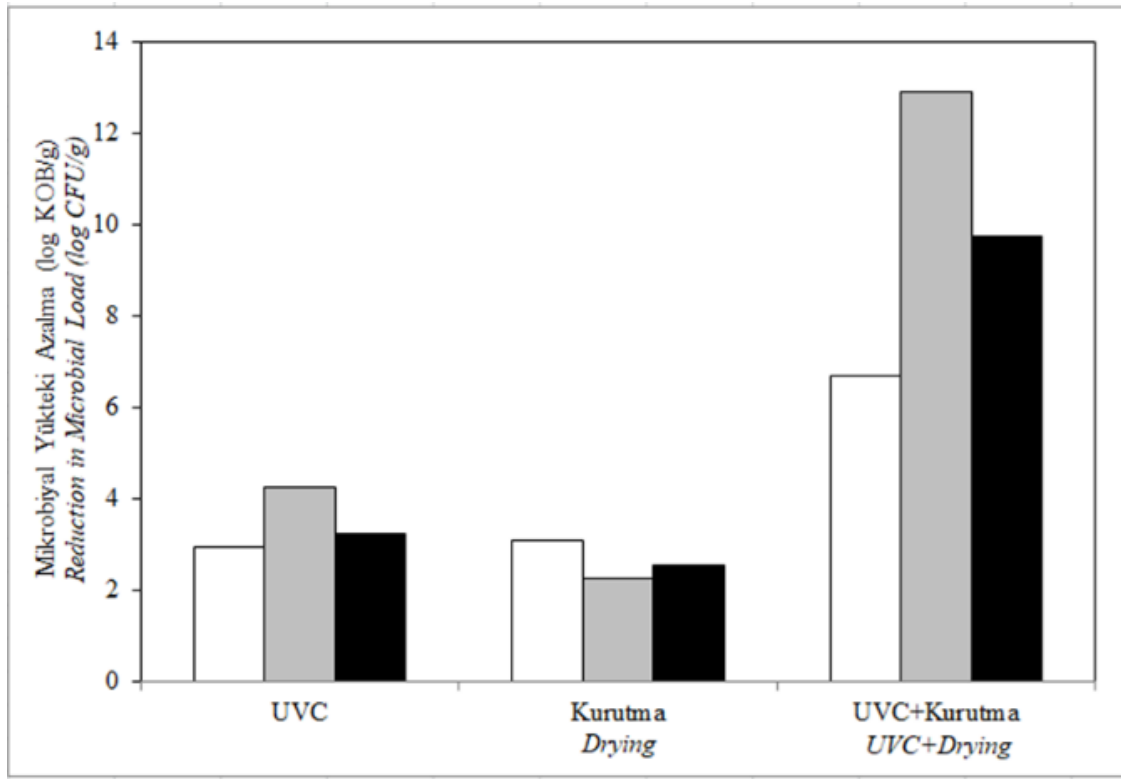
#### Sonuç

Bu çalışmanın sonuçları, kayıslarda UVC ve sıcak hava ile kurutmanın yüzeyde bulunan doğal mikroflorayı azalttığını ve kontaminasyon riskini ortadan kaldırdığını göstermektedir.

Çalışmada uygulanan yöntemlerin etkinliği değerlendirildiğinde en etkili olanı UVC ve sıcak hava ile kurutma uygulamasının birlikte kullanılmasıdır. Bu yöntemlerin tek başına uygulandığı durumlarda ise kayısı çeşidine göre etkinlik sırası değişmektedir.

Çalışmada tespit edilen mikroorganizma gruplarının uygulanan yöntemlere karşı hassasiyetine bakıldığında en güçlü azalma etkisi TPAB üzerinde, en zayıf azalma etki ise TMAB üzerinde olmuştur.

Sonuç olarak, sıcak hava ile kurutmadan önce yapılan UVC uygulamasının mikrobiyal gelişimi engellediği gösterilmiştir.



Şekil 2. Mikroorganizma gruplarının uygulanan işlemlere karşı hassasiyeti (□ TMAB, ■ TPAB, ■ TMK) (TMAB, toplam mezofilik aerobik bakteriler; TPAB, Toplam psikrofilik aerobik bakteriler ve TMK, toplam maya ve küf)

### Çıkar çatışması

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

### Yazarların katkı beyanı

GEÖÜ: Deneme planının hazırlanmasına, mikroorganizma sayımı için besiyerlerinin hazırlanmasına, literatür araştırmasına, istatistiksel analizlerin yapılmasına, sonuçların değerlendirilmesine ve makalenin yazımına katkıda bulunmuştur.

CK: Deneme planının hazırlanmasına, denemede kullanılan kayısı çeşitlerinin seçilmesine, denemede planlanan uygulamaların gerçekleştirilmesine, mikroorganizma sayımı için besiyerlerinin hazırlanmasına ve mikroorganizmaların sayımına ve makale taslağının hazırlanmasına katkıda bulunmuştur.

### Kaynaklar

Aarrouf, J., Urban, L. (2020). Flashes of UV-C light: An innovative method for stimulating plant defences. PLoS ONE, 15(7 July), 1–16. doi:10.1371/journal.pone.0235918

Barata, A., Malfeito-Ferreira, M., Loureiro, V. (2012). The microbial ecology of wine grape berries. International Journal of Food Microbiology, 153(3), 243–259. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2011.11.025

Barbosa-Cánovas, G. V., Vega-Mercado, H., Barbosa-Cánovas, G. V., Vega-Mercado, H. (1996). Cabinet and Bed Dryers. Dehydration of Foods, 157–184. doi:10.1007/978-1-4757-2456-1\_5

Begum, M., Hocking, A. D., Miskelly, D. (2009). Inactivation of food spoilage fungi by ultra violet (UVC) irradiation. International Journal of Food Microbiology, 129(1), 74–77. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2008.11.020

Ben Said, M., Masahiro, O., Hassen, A. (2010). Detection of viable but non cultivable Escherichia coli after UV irradiation using a lytic Q $\beta$  phage. Annals of Microbiology, 60(1), 121–127. doi:10.1007/s13213-010-0017-4

Civello, P. M., Vicente, A. R., Martínez, G. A. (2006). UV-C technology to control postharvest



- diseases of fruits and vegetables. Recent Advances in Alternative Postharvest Technologies to Control Fungal Diseases in Fruits & Vegetables (C. 37).
- Cote, S., Rodoni, L., Miceli, E., Concellón, A., Civello, P. M., Vicente, A. R. (2013). Effect of radiation intensity on the outcome of postharvest UV-C treatments. *Postharvest Biology and Technology*, 83, 83–89. doi:10.1016/j.postharvbio.2013.03.009
- Dai, T., Vrahas, M. S., Murray, C. K., Hamblin, M. R. (2012). Ultraviolet C irradiation: An alternative antimicrobial approach to localized infections? *Expert Review of Anti-Infective Therapy*, 10(2), 185–195. doi:10.1586/eri.11.166
- Droby, S., Wisniewski, M. (2018). The fruit microbiome: A new frontier for postharvest biocontrol and postharvest biology. *Postharvest Biology and Technology*, 140(March), 107–112. doi:10.1016/j.postharvbio.2018.03.004
- Dukare, A. S., Paul, S., Nambi, V. E., Gupta, R. K., Singh, R., Sharma, K., Vishwakarma, R. K. (2019). Exploitation of microbial antagonists for the control of postharvest diseases of fruits: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(9), 1498–1513. doi:10.1080/10408398.2017.1417235
- Fan, Xinguang, Zhao, H., Wang, X., Cao, J., Jiang, W. (2017). Sugar and organic acid composition of apricot and their contribution to sensory quality and consumer satisfaction. *Scientia Horticulturae*, 225(July), 553–560. doi:10.1016/j.scienta.2017.07.016
- Fan, Xuetong, Huang, R., Chen, H. (2017). Application of ultraviolet C technology for surface decontamination of fresh produce. *Trends in Food Science and Technology*, 70(September), 9–19. doi:10.1016/j.tifs.2017.10.004
- FAOSTAT. (2021). No Title. 19 Ocak 2021 tarihinde <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> adresinden erişildi.
- Hakguder Taze, B., Unluturk, S. (2018). Effect of postharvest UV-C treatment on the microbial quality of ‘Şalak’ apricot. *Scientia Horticulturae*, 233(August 2017), 370–377. doi:10.1016/j.scienta.2018.02.012
- Igual, M., García-Martínez, E., Martín-Esparza, M. E., Martínez-Navarrete, N. (2012). Effect of processing on the drying kinetics and functional value of dried apricot. *Food Research International*, 47(2), 284–290. doi:10.1016/j.foodres.2011.07.019
- Jiménez, A. M., Martínez-Tomé, M., Egea, I., Romojaro, F., Murcia, M. A. (2008). Effect of industrial processing and storage on antioxidant activity of apricot (*Prunus armeniaca* v. *bulida*). *European Food Research and Technology*, 227(1), 125–134. doi:10.1007/s00217-007-0701-1
- Karabulut, I., Topcu, A., Duran, A., Turan, S., Ozturk, B. (2007). Effect of hot air drying and sun drying on color values and  $\beta$ -carotene content of apricot (*Prunus armeniaca* L.). *LWT - Food Science and Technology*, 40(5), 753–758. doi:10.1016/j.lwt.2006.05.001
- Karathanos, V. T., Belessiotis, V. G. (1997). Sun and artificial air drying kinetics of some agricultural products. *Journal of Food Engineering*, 31(1), 35–46. doi:10.1016/S0260-8774(96)00050-7
- Kasım, R., Kasım, M. U., Özer Uyar, G. E. (2015). Postharvest ascorbic acid treatments on color and sugar changes on fresh-cut carrot. *International Journal of Research in Agriculture and Food Sciences*, 2(10), 1–8.
- Keyser, M., Muller, I. A., Cilliers, F. P., Nel, W., Gouws, P. A. (2008). Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9(3), 348–354. doi:10.1016/j.ifset.2007.09.002
- Kramer, B., Muranyi, P. (2014). Effect of pulsed light on structural and physiological properties of *Listeria innocua* and *Escherichia coli*. *Journal of Applied Microbiology*, 116(3), 596–611. doi:10.1111/jam.12394
- Liu, B., Jiao, W., Wang, B., Shen, J., Zhao, H., Jiang, W. (2019). Near freezing point storage compared with conventional low temperature storage on apricot fruit flavor quality (volatile, sugar, organic acid) promotion during storage and related shelf life. *Scientia Horticulturae*, 249(July 2018), 100–109. doi:10.1016/j.scienta.2019.01.048

- Lüle, F., Koyuncu, T. (2015). Convective and Microwave Drying Characteristics of Sorbus Fruits (*Sorbus domestica* L.). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 2634–2643. doi:10.1016/j.sbspro.2015.06.467
- Perincek, S. D., Körlü, A. E., Duran, K., Bahtiyari, M. . (2007). Ultraviyole teknolojisi. *Tekstil ve Konfeksiyon*, (4), 219–223.
- Sharma, R. R., Singh, D., Singh, R. (2009). Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables by microbial antagonists: A review. *Biological Control*, 50(3), 205–221. doi:10.1016/j.biocontrol.2009.05.001
- Srepong, K., Jitareerat, P., Uthairatanakij, A., Srilaong, V., Wongs-Aree, C., Tsuyumu, S. (2013). Induction of defense mechanisms on harvested mangoes by UV-C irradiation. *Acta Horticulturae*, 973(March 2016), 89–96. doi:10.17660/actahort.2013.973.10
- TEPGE (2019). Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enst., Kayısı. [https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF Tarım Ürünleri Piyasaları/2019-Temmuz Tarım Ürünleri Raporu/2019-Temmuz Kayısı.pdf](https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tarim%20Ürünleri%20Piyasaları/2019-Temmuz%20Tarım%20Ürünleri%20Raporu/2019-Temmuz%20Kayısı.pdf) (Erişim tarihi: 19 Ocak 2021)
- Toğrul, I. T., Pehlivan, D. (2003). Modelling of drying kinetics of single apricot. *Journal of Food Engineering*, 58(1), 23–32. doi:10.1016/S0260-8774(02)00329-1
- Türkyilmaz, M., Tağı, Ş., Özkan, M., Öztürk, K., Öztürk, B. (2013). Chemical and microbial differences in dried apricots containing sulfur dioxide at different levels. *Gıda /The Journal of Food*, 38(5), 275–282. doi:10.5505/gida.2013.32032
- Ubeyitogullari, A., Cekmecelioglu, D. (2016). Optimization of Hemicellulose Coating as Applied to Apricot Drying and Comparison with Chitosan Coating and Sulfite Treatment. *Journal of Food Process Engineering*, 39(6), 542–552. doi:10.1111/jfpe.12247
- Usall, J., Ippolito, A., Sisquella, M., Neri, F. (2016). Physical treatments to control postharvest diseases of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 122(2015), 30–40. doi:10.1016/j.postharvbio.2016.05.002
- Yan, R., Liu, Y., Gurtler, J. B., Killinger, K., Fan, X. (2017). Sensitivity of pathogenic and attenuated *E. coli* O157:H7 strains to ultraviolet-C light as assessed by conventional plating methods and ethidium monoazide-PCR. *Journal of Food Safety*, 37(4). doi:10.1111/jfs.12346
- Zhebentyayeva, T., Ledbetter, C., Burgos, L. & Llácer, G. (2012). Apricot. *Badenes, M.L. & Byrne, D.H. (eds.), Fruit breeding, Handbook of Plant Breeding* 8. 415-458.