



Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Tarım Bilimleri Dergisi
(YYU Journal of Agricultural Science)

<http://dergipark.gov.tr/yyutbd>



Araştırma Makalesi (Research Article)

Depolama Süresinin Farklı Kurutma Yöntemleri ile Kurutulmuş Kamkat Dilimlerinin Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi**

Demet YILDIZ TURGUT^{*1}, Ayhan TOPUZ²

¹Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 07100, Antalya, Türkiye

²Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 07070, Antalya, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-7486-3701> ²<https://orcid.org/0000-0002-6610-9143>

*Sorumlu yazar e-posta: demet.yildizturgut@tarimorman.gov.tr

Makale Bilgileri

Geliş: 06.11.2019

Kabul: 18.01.2020

Online Yayınlanma 31.03.2020

DOI: 10.29133/yyutbd.643636

Anahtar kelimeler

Askorbik asit,
Depolama,
5-hidroksimetilfurfural,
Kurutma,
Su aktivitesi.

Öz: Bu çalışmada farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş kamkat dilimleri oda sıcaklığında 4 ay depolanmış ve depolama süresinde ürün kalitesi ve stabilitesi incelenmiştir. Bu amaçla, kamkat dilimleri suda haşlama ön işlemi ve ön işlemsiz olarak sıcak hava, vakum, ultrason destekli ozmotik ön kurutma sonrası sıcak hava ve mikrodalga destekli sıcak hava kurutma olmak üzere 4 kurutma yöntemi ile kurutulmuştur. Depolama süresinde kurutulmuş kamkat dilimlerinin nem içerikleri ve su aktivitesi değerleri artış göstermiş, en düşük artış ön işlemsiz sıcak hava kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerde belirlenmiştir. Genel olarak, depolamanın sonunda kurutulmuş kamkat dilimlerinin L*, b*, kroma, hue açısı değerleri azalış göstermiş, a* ve TRD değerleri ise artış göstermiştir. Depolama sürecinde, HMF değerleri 0.39-46.79 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Depolama periyodunda kurutulmuş örneklerin askorbik asit içeriğinin %28.36-75.61 oranında kayba uğradığı gözlenmiştir. Çalışma sonucunda kamkat dilimlerinin ön işlemsiz olarak kurutulmasının 4 aylık depolama süresinde incelenen kalite özellikleri açısından daha uygun olduğu belirlenmiştir.

Effect of Storage Time on Some Quality Characteristics of Dried Kumquat Slices by Different Drying Methods

Article Info

Received: 06.11.2019

Accepted: 18.01.2020

Online Published 31.03.2020

DOI: 10.29133/yyutbd.643636

Keywords

Ascorbic acid,
Storage,
5-hydroxymethylfurfural,
Drying,
Water activity.

Abstract: In this study, dried kumquat slices by different drying methods were stored at room conditions for 4 months and the product quality and stability were investigated during storage. For this purpose, the kumquat slices were dried by four drying methods including hot air, vacuum, ultrasound assisted osmotic pre-drying with hot air, and microwave assisted hot air drying with pretreatment by water blanching and without pretreatment. The moisture content and water activity values of dried kumquat slices increased during storage, and the lowest increase was determined in samples dried by hot air drying method without pretreatment. In general, L*, b*, chroma, hue angle values decreased, while a* and TRD values increased in all dried samples at the end of the storage. HMF values were ranged from 0.39 to 46.79 mg/kg during storage. It was observed that the ascorbic acid content of dried samples lost 28.36-75.61% during storage period. As a result of the study, it has been determined that drying of kumquat slices by without pretreatment is more suitable in terms of the examined quality properties during storage for 4 months.

**Bu çalışma "Farklı Yöntemlerle Kurutulmuş Kamkatın (*Fortunella margarita* Swing.) Bazı Kalite Özellikleri ve Depolamaya Bağlı Değişimi" adlı doktora tezinin bir bölümüdür.

1. Giriş

Meyve ve sebzelerin içerdiği %80-95 oranındaki su bu ürünlerin kısa sürede bozulmalarına neden olabilmektedir. Kurutma işlemi ile gıdaların bileşiminde bulunan, serbest su içeriği azaltılmakta, dolayısıyla gıdaların su aktiviteleri düşürülmekte ve böylece depolama sırasında meydana gelebilecek mikrobiyolojik, kimyasal ve enzimatik bozulmaların engellenmesi mümkün olabilmektedir (Cemeroğlu ve ark., 2003; Us, 2006; Rodriguez ve ark., 2017). Kurutma ile gıda maddelerinin raf ömrünün uzatılması yanında, paketleme, taşıma ve depolama maliyetlerinin düşürülmesi sağlanmaktadır. Meyve ve sebzelerdeki hasat sonrası kayıplar kurutma işlemi ile %70 oranında azaltılabilmektedir (Cemeroğlu ve ark., 2003; Doymaz, 2007; Saçılık, 2007; Darvishi ve ark., 2014).

Kurutma işlemi sırasında ısı ve kütle aktarımı sebebiyle son ürünün renk, yapı, aroma ve besin değeri gibi kalite özelliklerini etkileyen birçok fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal değişiklikler meydana gelmektedir (Di Scala ve Crapiste, 2008; Vega-Galvez ve ark., 2009). Yüksek ve standart kalitede kurutulmuş ürün elde etmeye yönelik olarak birçok endüstriyel kurutma metodu geliştirilmiştir. Bunlar arasında mikrodalga kurutma, vakum kurutma, sıcak hava kurutma, ozmotik dehidrasyon ve dondurarak kurutma en yaygın kullanılan kurutma yöntemleridir (Krokida ve Maroulis, 2000; Marques ve ark., 2006; Sagar ve Kumar, 2010).

Son yıllarda sağlıklı olmaları ve kullanım kolaylıkları nedeniyle kurutulmuş atıştırmalık meyve ürünlerine olan talep giderek artmaktadır (Joshi ve ark., 2011; Jiang ve ark., 2017). Günümüzde gıdaların gerek işlenmesi gerekse depolanması aşamalarında sadece mikrobiyolojik ve kimyasal bozulmaların engellenmesi değil aynı zamanda yararlı bileşenlerin yüksek derecede korunması gıda endüstrisinin en önemli amaçlarından biridir (Methakhup ve ark., 2005; Udomkun ve ark., 2016). Kurutulmuş meyveler depolama ve taşıma sırasında ışık, oksijen, sıcaklık ve nem gibi birçok çevresel etkenlere maruz kalabilmektedir. Bu faktörlerin etkisiyle kurutulmuş ürünlerde esmerleşme ve kimyasal bozulma reaksiyonları sonucu renk, tat, aroma ve besin içeriğinde kayıplar olabilmektedir (Udomkun ve ark., 2016). Kurutulmuş ürünlerin depolanması sırasındaki kalite değişimleri materyalin fiziksel ve kimyasal özellikleri, kurutma yöntemleri, kurutma öncesi uygulanan ön işlemler, ambalaj materyali, depolama sıcaklığı, nemi ve süresi ile çevresel faktörlere bağlıdır (Uddin ve ark., 2002; Yen ve ark., 2008; Topuz ve ark., 2009; Gölükcü, 2015; Udomkun ve ark., 2016).

Rutacea familyasının *Fortunella* cinsi içerisinde yer alan kamkat, ülkemizde Doğu Karadeniz, Ege ve Akdeniz Bölgesi'nde yetiştirilen bir bitki türüdür. Kamkat meyvesi hasattan sonra hem içerdiği %80'in üzerindeki su miktarı hem de yüksek solunum hızı nedeniyle çabuk bozulabilen bir meyvedir ve soğukta muhafaza ömrü ancak birkaç haftadır (Schirra ve ark., 2008). Bu meyve diğer turunçgil meyvelerine benzemekle birlikte, taze tüketim açısından kabuğu ile birlikte tüketilebilmektedir (Koyasaka ve Bernhard, 1983). Kamkat meyvesi endüstride reçel, marmelat, şarap, likör gibi ürünlerin dışında, özellikle yetiştiriciliğinin yaygın yapıldığı Uzak Doğu ülkelerinde kurutulmuş olarak değerlendirilmektedir (Chiu ve Chang, 1998; Wang et al., 2012; Lou ve ark., 2015). Literatürde kamkatın kurutulması ile ilgili sınırlı sayıda araştırmaya rastlanmıştır (Lou ve ark., 2015; İzli ve ark., 2018; Özcan-Sinir ve ark., 2018).

Bu çalışmada ön işlemler (haşlama) ve ön işlemsiz olarak farklı yöntemlerle kurutulmuş kamkat dilimlerinin, 4 aylık depolama süresinde su aktivitesi ve renk özellikleri ile askorbik asit ve 5-hidroksimetilfurfural içeriğindeki değişimlerin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada kullanılan "Nagami" (*Fortunella margarita* Swingle) kamkat çeşidine ait meyveler Antalya Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü (BATEM) parsellerinden 2017 Ocak ayı içerisinde hasat edilmiştir. Kurutma çalışmaları öncesi, hasat edilen meyvelerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir.

2.1. Kurutma öncesi uygulanan ön işlemler

Kurutma çalışmaları öncesinde meyveler musluk suyu ile yıkanıp kurulanmış ve kalınlığı ayarlanabilen paslanmaz çelik bıçaklı dilimleyici (OXO Good Grips, New York, ABD) yardımıyla silindirik olarak 4 mm kalınlığında dilimlenmiştir. Kamkat dilimleri ön işlemler (haşlama) ve ön işlemsiz

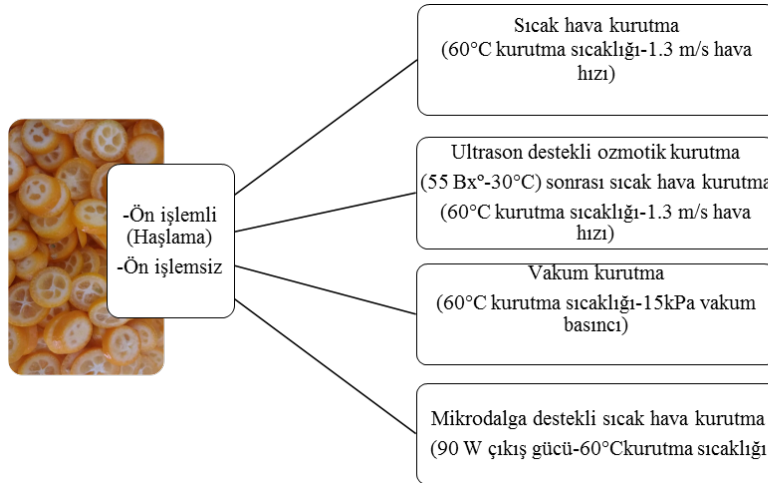
olarak iki gruba ayrılmıştır. Ön işlem olarak kamkat dilimleri 5 dk süre ile 100°C'deki saf su içerisinde meyve su oranı 2:5 olacak şekilde haşlama işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra süzülerek, filtre kâğıdı üzerinde suları giderilmiştir.

2.2. Kurutma yöntemleri ve depolama

Kamkat dilimleri ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak sıcak hava (SH), vakum (V), ultrason destekli ozmotik ön kurutma sonrası sıcak hava ile tamamlayıcı kurutma (US-SH) ve mikrodalga destekli sıcak hava kurutma (M-SH) olmak üzere 4 farklı kurutma yöntemiyle yaş baza göre % 12±1 nem içeriğine kadar kurutulmuştur. Kurutma işlemlerinde her uygulama için 400 g kamkat dilimi kullanılmıştır. Kurutma uygulamaları 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Kurutma çalışmalarına ait diyagram Şekil 1'de verilmiştir.

Kamkat dilimlerinin sıcak hava ile kurutulmasında Laboratuvar tipi tepsili kurutucu (EKSİS Endüstriyel Kurutma Sistemleri, Isparta) kullanılmıştır. Kurutma denemeleri 60°C hava sıcaklığında ve 1.3 m/s sabit hava hızında gerçekleştirilmiştir. Vakum kurutma denemeleri vakumlu kurutucuda (VacuCell VUS-B2V/VU55, MMM Medcenter, Almanya) 60°C sıcaklıkta ve 15 kPa vakum altında gerçekleştirilmiştir. Ultrason destekli ozmotik kurutma işleminde, ön işlemlili ve ön işlemsiz kamkat dilimleri 35 kHz frekansta çalışan ultrasonik su banyosunda (Bandelin, Model RK-510 H, Almanya) %55 şeker çözeltisi içerisinde meyve çözelti oranı 1:5 olacak şekilde 30°C'de 2 saat ön kurutmaya tabi tutulmuştur. İşlem sonrasında çözeltiden çıkarılan dilimlerin yüzeyindeki çözelti kalıntısını uzaklaştırmak amacıyla saf suya daldırılmış ve filtre kâğıdı ile kurulanmıştır. Ultrason destekli ozmotik kurutma sonrası sıcak hava kurutma fırınında 60°C hava sıcaklığında ve 1.3 m/s sabit hava hızında tamamlayıcı kurutma yapılmıştır. Mikrodalga destekli sıcak hava kurutma işlemi çok fonksiyonlu mikrodalga fırında (Siemens HB86K575) 90 Watt (W) güçte (spesifik mikrodalga gücü 4.44 W/g), 60°C hava sıcaklığında ve 1.3 m/s sabit hava hızında gerçekleştirilmiştir.

Kurutma çalışmaları ön işlemsiz kamkat dilimlerinde SH, V, US-SH ve M-SH yöntemleri için sırasıyla 200, 810, 300 ve 75 dk, ön işlemlili kamkat dilimlerinde ise sırasıyla 90, 600, 240 ve 65 dk sürdürülmüştür.



Şekil 1. Kamkat dilimlerinin kurutma uygulamalarına ait diyagram.

Kurutulmuş kamkat dilimleri ticari koşullarda olduğu gibi 100 g'lık düşük yoğunluklu polietilen torbalar içerisinde ve oda sıcaklığında (22-24°C) 4 ay süreyle depolanmıştır. Depolama süresince her ay ürünlerin nem miktarı, su aktivitesi (a_w), renk değerleri (L^* , a^* , b^* , kroma, hue açısı, toplam renk değişimi), HMF (5-hidroksimetilfurfural) ve askorbik asit içerikleri belirlenerek, bu kriterlerin değişimi incelenmiştir.

2.3. Analizler

Kamkat meyvelerinde meyve ağırlığı (g) hassas terazi yardımıyla, meyve çapı (mm) ve boyu (mm) ise dijital bir kumpas ile belirlenmiştir. Meyvelerin pH ve titrasyon asitliği (susuz sitrik asit cinsinden) değerleri ile suda çözünabilir kuru madde miktarı (SÇKM) ise Cemeroğlu (2007) tarafından önerilen yöntemlerle saptanmıştır. Örneklerin nem içerikleri AOAC (2000) (Metot 986.21) nem tayin yöntemine göre belirlenmiştir. Örneklerin su aktivitesi değerleri su aktivitesi ölçüm cihazı (Novasina Lab-swift, İsviçre) ile 25°C’de belirlenmiştir. Kurutulmuş kamkat dilimlerinin CIE (Uluslararası Aydınlatma Sistemi-Commission Internationale de l’Eclairage) L*, a*, b* renk değerleri Minolta CR 400 (Osaka, Japonya) renk ölçüm cihazı ile üç farklı noktadan D65 ışık kaynağı kullanılarak belirlenmiştir. Ölçülen L*, a*, b* değerlerinden kroma (renk doygunluğu) 1 No’lu, hue açısı (renk yoğunluğu açısı) 2 No’lu, TRD (toplam renk değişimi) 3 No’lu eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır (Chen et al., 2005; Pathare et al., 2013; Darvishi et al., 2014; Akdaş and Başlar, 2014; Ghanem Romdhane et al., 2015).

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

$$H^{\circ} = \tan^{-1} \frac{b^{*}}{a^{*}} * \frac{180}{\pi} \quad (2)$$

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

Askorbik asit analizi Sdiri ve ark. (2012)’ ye göre yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla örnekler %3’lük metafosforik asit (H₃PO₃) çözeltisi ile ekstrakte edilmiştir. Elde edilen ekstraktlar santrifüj sonrası, 0.45 µm gözenek çaplı membran filtreden (Cronus, SMI-Labhut Ltd, Gloucester, Birleşik Krallık) geçirilerek HPLC cihazına verilmiştir. Analizde Shimadzu 2030 C 3 d Prominence-i (Japonya) model HPLC cihazı ile aynı model PDA (Photo-diode Array) dedektör kullanılmıştır. Analizde mobil faz olarak pH’sı ortofosforik asit (H₃PO₄) çözeltisi ile pH’sı 2.3’e ayarlanmış %2’lik potasyum dihidrojen fosfat (KH₂PO₄) kullanılmıştır. Analiz İnertsil ODS-3 C-18 kolon (5µm, 250x4.6 i.d.) (GL Sciences, Japonya) ile 243 nm dalga boyunda, izokratik olarak 0.5 mL/dk akış hızında gerçekleştirilmiştir. Kullanılan enjeksiyon hacmi 10 µL, kolon sıcaklığı ise 25°C’dir. Sonuçlar 1-200 mg/L konsantrasyon aralığında hazırlanan standart askorbik asit eğrisi ve bu eğriyi tanımlayan eşitliğe göre mg/100 g km (kuru madde) olarak hesaplanmıştır.

Örneklerin HMF içeriği HPLC cihazı ile Tontul and Topuz (2017) tarafından önerilen yöntemle göre belirlenmiştir. Bu doğrultuda kurutulmuş örnekler saf su ile 10 kat seyreltilmiş, 0.45 µm gözenek çaplı membran filtreden (Cronus, SMI-Labhut Ltd, Gloucester, Birleşik Krallık) geçirilerek HPLC cihazına verilmiştir. Sonuçlar 0.5-20 mg/L konsantrasyon aralığında hazırlanan standart HMF eğrisi ve bu eğriyi tanımlayan eşitliğe göre mg/100 g km olarak hesaplanmıştır. Analiz Shimadzu 20 AD serisi (Shimadzu, Tokyo, Japonya) HPLC cihazında, SPD-M20A model PDA dedektör ile gerçekleştirilmiştir. Mobil faz olarak su:metanol (90:10, v/v) kullanılmıştır. HMF analizi İnertsil ODS-3 C-18 (5µm, 250x4.6 i.d.) (GL Sciences, Japonya) kolon ile 285 nm dalga boyunda, 1 mL/dk akış hızında izokratik olarak gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılan enjeksiyon hacmi 20 µL, kolon sıcaklığı ise 25°C’dir.

Çalışma 3 tekrarlı yürütülmüştür. Analiz sonuçlarına varyans analizi uygulanmış, önemli bulunan farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur. İstatistiksel analizlerde SAS istatistik paket programı (Version 6.12, SAS Institute, Cary, NC, ABD) kullanılmış, sonuçlar ortalama±standart sapma (ort±std) olarak verilmiştir.

3. Bulgular

3.1. Materyal olarak kullanılan kamkat meyvesinin bazı özellikleri

Araştırma kapsamında kullanılan Nagami çeşidi kamkatın incelenen bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1’de yer almaktadır.

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan kamkat meyvelerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellik	Değer (ort±std)
Meyve ağırlığı (g)	12.58 ± 1.60
Meyve çapı (mm)	2.24± 0.11
Meyve boyu (mm)	3.52± 0.26
pH	3.21 ± 0.20
Titrasyon asitliği (g/100 g)	1.84± 0.32
SÇKM (°Bx)	15.11± 1.21
Su aktivitesi	0.903 ± 0.03
Toplam kuru madde (%)	15.25 ± 3.06
Askorbik asit (mg/100 g km)	298.35±0.76
Meyve kabuğunun renk değerleri	
L*	61.26 ±1.52
a*	28.60±2.21
b*	59.95±2.44
Kroma	66.46±2.49
Hue açısı	64.49±1.85
Meyve püresinin renk değerleri	
L*	62.14± 0.16
a*	3.70 ± 0.32
b*	53.99± 0.58
Kroma	54.12± 0.77
Hue açısı	86.07± 0.66

3.2. Nem içeriği ve su aktivitesindeki değişimler

Depolama sürecinde ön işlemin, kurutma yöntemlerinin ve depolama süresinin örneklerin nem içeriğine etkisi önemli ($p<0.05$; $p<0.001$) bulunurken, ön işlem x kurutma yöntemi x depolama süresi interaksyonunun etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 2). Depolamanın başlangıcında örneklerin nem içerikleri (%11.65-12.90) arasında önemli bir fark bulunmazken ($p>0.05$), depolama süresinin sonunda en yüksek nem içeriği ön işlemliler olarak M-SH yöntemi ile kurutulan örneklerde (%15.12), en düşük nem içeriği ise ön işlemliler SH örneğinde belirlenmiştir (Çizelge 3). Depolama süresi içerisinde örneklerin nem içeriği %11.08-25.40 oranında artış göstermiştir. En az artış ön işlemliler SH yöntemi ile kurutulan örneklerde gözlenirken, bu artış önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Depolamanın sonunda nem içeriğinde en yüksek artış ise ön işlemliler US-SH yöntemi ile kurutulan örneklerde belirlenmiştir. Genel olarak ön işlemliler kurutulan örneklerdeki nem artış oranı (%14.01-25.40), ön işlemliler kurutulardan (%11.08-20.29) daha fazla olmuştur.

Kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama süresine bağlı olarak a_w değişimi Çizelge 3'te verilmiştir. Tüm varyasyon kaynaklarının depolama süresince a_w değerleri üzerine etkisi önemli ($p<0.001$) bulunmuştur (Çizelge 2). Depolamanın başlangıcında en yüksek su aktivitesi değerleri ön işlemliler US-SH, M-SH ve ön işlemliler V yöntemi ile kurutulan örneklerde, en düşük su aktivitesi ise ön işlemliler SH yöntemi ile kurutulan örneklerde belirlenmiştir ($p<0.05$). Depolama süresi içerisinde ise en yüksek a_w değerleri ön işlemliler M-SH yöntemi ile kurutulan örneklerde belirlenmiştir. Depolama sonucu en yüksek nem içeriğine sahip örneğin ön işlemliler M-SH yöntemi ile kurutulan örnek olduğu görülmektedir (Çizelge 4). Depolamanın sonunda tüm örneklerin a_w değerleri %34.38-82.22 oranında artış göstermiştir. En yüksek artış oranı ön işlemliler SH, en düşük artış oranı ise ön işlemliler SH yöntemi ile kurutulan örneklerde gerçekleşmiştir. Depolama sonunda nem içeriğindeki değişime benzer şekilde, ön işlemliler kurutulan örneklerdeki a_w artış oranı (%64.85-82.22), ön işlemliler kurutulardan (%34.38-61.67) daha yüksek olmuştur.

Çizelge 2. Depolama sürecinde incelenen kalite özelliklerine ait varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynakları	SD	Nem içeriği	a _w	L*	a*	b*	Kroma	Hue açısı	TRD	HMF	Askorbik asit
Ön işlem (Ö)	1	*	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Kurutma yöntemi (K)	3	***	***	***	***	***	**	***	***	***	***
Depolama süresi (D)	4	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Ö x K x D	12	-	***	***	**	*	**	-	-	***	***
Hata	80										

(***)= $p < 0.001$; (**)= $p < 0.01$; (*)= $p < 0.05$; (-) = Önemli değil

Çizelge 3. Farklı yöntemlerle ön işlemlenmiş ve ön işlemlenmemiş kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama sürecinde nem içeriklerinin ve su aktivitesi değerlerinin değişimi.

	Kurutma Yöntemleri	Depolama süresi (Ay)*					
		0.	1.	2.	3.	4.	
Nem (%)	ÖN İŞLEMSİZ	SH	12.90±1.84 ^{aA}	13.13±0.55 ^{baA}	13.73±0.33 ^{aA}	13.90±0.08 ^{ba}	14.33±0.24 ^{ca}
		V	12.29±0.28 ^{ad}	13.25±0.29 ^{baC}	13.79±0.20 ^{ab}	13.90±0.23 ^{bb}	14.41±0.17 ^{ca}
		US-SH	12.22±0.90 ^{aC}	13.45±0.58 ^{aB}	13.87±0.46 ^{aBA}	14.41±0.39 ^{aBA}	14.70±0.12 ^{bcA}
		M-SH	12.85±0.09 ^{ad}	13.22±0.17 ^{baC}	14.00±0.24 ^{ab}	14.53±0.16 ^{aA}	14.84±0.22 ^{baA}
	ÖN İŞLEMLİ	SH	12.06±0.48 ^{aC}	12.79±0.87 ^{baBC}	13.59±0.48 ^{aBA}	13.72±0.38 ^{baA}	14.59±0.32 ^{bcA}
		V	12.84±0.24 ^{aC}	12.72±0.25 ^{baC}	12.90±0.08 ^{bc}	13.70±0.12 ^{bb}	14.64±0.06 ^{bcA}
		US-SH	11.65±2.10 ^{aC}	12.39±0.38 ^{baBC}	12.83±0.20 ^{baAC}	13.57±0.12 ^{baA}	14.61±0.23 ^{bcA}
		M-SH	12.74±0.62 ^{ad}	13.58±0.12 ^{aC}	14.08±0.20 ^{aBC}	14.64±0.27 ^{aBA}	15.12±0.17 ^{aA}
a _w	ÖN İŞLEMSİZ	SH	0.253±0.00 ^{cd}	0.279±0.00 ^{ec}	0.296±0.00 ^{eb}	0.336±0.01 ^{ea}	0.340±0.00 ^{fa}
		V	0.257±0.02 ^{bcD}	0.273±0.00 ^{edC}	0.286±0.00 ^{fc}	0.332±0.01 ^{eb}	0.372±0.00 ^{ea}
		US-SH	0.280±0.00 ^{ae}	0.354±0.00 ^{ad}	0.365±0.00 ^{bc}	0.390±0.03 ^{eb}	0.417±0.00 ^{da}
		M-SH	0.278±0.00 ^{ae}	0.317±0.00 ^{dcD}	0.374±0.00 ^{bc}	0.419±0.00 ^{bb}	0.450±0.00 ^{ba}
	ÖN İŞLEMLİ	SH	0.236±0.00 ^{de}	0.323±0.00 ^{cd}	0.340±0.00 ^{dc}	0.352±0.00 ^{db}	0.430±0.00 ^{ca}
		V	0.276±0.00 ^{ae}	0.315±0.00 ^{bd}	0.336±0.00 ^{dc}	0.395±0.01 ^{eb}	0.445±0.00 ^{ba}
		US-SH	0.258±0.00 ^{bcE}	0.343±0.00 ^{bd}	0.361±0.00 ^{bc}	0.393±0.00 ^{eb}	0.451±0.00 ^{ba}
		M-SH	0.272±0.00 ^{bcE}	0.361±0.00 ^{ad}	0.419±0.00 ^{ac}	0.459±0.00 ^{ab}	0.475±0.00 ^{aA}

*Aynı sütundaki farklı üstel küçük harflerle aynı satırdaki farklı üstel büyük harfler ortalamaların $p < 0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir (n=3).

3.3. Renk değerlerindeki değişimler

Kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı renk değerleri değişimi Çizelge 4'te yer almaktadır. Varyans analizi sonuçlarına (Çizelge 2) göre varyasyon kaynaklarının kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca L* değerlerine etkisi $p < 0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Depolama başlangıcında ve sonunda en yüksek L* değeri ön işlemlenmiş US-SH yöntemi ile kurutulan örneklerde belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca L* değerleri bazı uygulamalarda dalgalanmalar gösterse de genel olarak başlangıca göre %6.46 ile %29.88 oranında azalış göstermiştir (Çizelge 4). En düşük oranda azalış ön işlemlenmiş US-SH yönteminde, en yüksek oranda azalış ise ön işlemlenmemiş V yönteminde gerçekleşmiştir.

Depolama süresince varyasyon kaynaklarının kurutulmuş kamkat dilimlerinin a* değerlerine etkisi önemli ($p < 0.001$; $p < 0.01$) bulunmuştur (Çizelge 2). Depolama sonunda ön işlemlenmiş ve ön işlemlenmemiş M-SH yöntemi ile kurutulan örnekler hariç, diğer örneklerin a* değerleri %5.40-78.33 arasında artış göstermiştir. a* değerindeki en düşük artış oranı ön işlemlenmiş V, en yüksek artış oranı ise ön işlemlenmemiş US-SH yöntemiyle kurutulan örneklerde gerçekleşmiştir. a* değerindeki artış kırmızılığın artışına yani esmerleşme reaksiyonlarına işaret etmektedir (Krokida ve Maroulis 2000). Depolama sonunda en yüksek a* değeri ön işlemlenmemiş SH örneğinde, en düşük a* değeri ise ön işlemlenmiş US-SH yönteminde tespit edilmiştir.

Çizelge 4. Farklı yöntemlerle ön işlemlenmiş ve ön işlemlenmiş kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama sürecinde renk değerleri değişimi.

Renk parametreleri	Kurutma Yöntemleri	Depolama süresi (Ay)*					
		0.	1.	2.	3.	4.	
L*	ÖN İŞLEMSİZ	SH	69.16±0.97 ^{bc}	72.91±1.11 ^{aA}	70.95±0.87 ^{aB}	65.78±0.62 ^{bD}	53.39±0.89 ^{dcE}
		V	70.29±0.33 ^{ba}	67.17±1.21 ^{cb}	66.80±0.46 ^{bb}	60.44±2.24 ^{dc}	51.39±0.78 ^{dD}
		US-SH	69.09±1.48 ^{ba}	68.27±1.23 ^{cbA}	67.75±1.42 ^{baA}	66.62±0.95 ^{ba}	61.18±2.48 ^{bb}
		M-SH	66.12±0.56 ^{ca}	66.69±1.01 ^{ca}	61.71±0.71 ^{cb}	61.45±1.19 ^{cb}	54.51±0.62 ^{cC}
	ÖN İŞLEMLİ	SH	57.39±0.63 ^{eb}	58.62±0.23 ^{eb}	61.39±2.87 ^{ca}	58.46±1.62 ^{db}	52.34±0.18 ^{dc}
		V	61.66±1.19 ^{da}	61.22±0.44 ^{da}	57.85±1.67 ^{db}	54.77±0.28 ^{cc}	53.49±2.03 ^{dc}
		US-SH	71.35±0.22 ^{aa}	69.77±1.58 ^{baA}	69.87±3.86 ^{baBA}	72.52±1.59 ^{aa}	66.74±0.48 ^{ab}
		M-SH	60.75±0.15 ^{da}	59.02±0.13 ^{eb}	56.10±0.89 ^{dc}	52.14±0.33 ^{fe}	53.78±1.65 ^{dcD}
a*	ÖN İŞLEMSİZ	SH	7.09±0.07 ^{eb}	5.01±0.80 ^{fc}	5.64±0.29 ^{cc}	6.41±0.07 ^{db}	8.78±0.18 ^{ca}
		V	8.94±0.03 ^{db}	8.32±0.05 ^{dc}	10.23±0.26 ^{ba}	10.63±0.61 ^{cbA}	10.26±0.06 ^{ba}
		US-SH	4.57±0.47 ^{fc}	6.49±0.91 ^{eb}	7.09±0.99 ^{cbA}	5.88±0.55 ^{edBC}	8.15±1.19 ^{dcA}
		M-SH	8.84±0.25 ^{dc}	9.78±0.51 ^{cb}	11.19±0.12 ^{ba}	10.13±0.16 ^{cb}	8.28±0.17 ^{dcD}
	ÖN İŞLEMLİ	SH	11.04±1.92 ^{bb}	13.19±0.15 ^{aA}	10.18±1.29 ^{bb}	9.91±0.71 ^{cb}	13.23±0.18 ^{aA}
		V	10.17±0.06 ^{ba}	11.58±0.86 ^{ba}	10.29±0.92 ^{ba}	11.57±0.95 ^{ba}	10.72±0.28 ^{ba}
		US-SH	5.67±0.21 ^{fbA}	7.17±1.40 ^{edA}	6.71±1.77 ^{cbA}	4.76±1.23 ^{eb}	7.54±0.49 ^{da}
		M-SH	13.44±0.23 ^{aA}	13.29±0.08 ^{aBA}	13.36±0.23 ^{aA}	12.85±0.29 ^{ab}	10.46±0.27 ^{bc}
b*	ÖN İŞLEMSİZ	SH	47.87±0.74 ^{da}	49.18±1.35 ^{baA}	48.12±1.47 ^{aA}	42.14±0.80 ^{ab}	30.54±0.95 ^{dc}
		V	50.26±0.28 ^{ba}	50.45±0.12 ^{baA}	47.56±0.16 ^{ab}	41.82±2.04 ^{ac}	29.24±0.31 ^{dD}
		US-SH	50.27±2.95 ^{ba}	50.53±0.91 ^{baA}	47.27±1.45 ^{aA}	40.42±2.43 ^{ab}	36.45±1.03 ^{bc}
		M-SH	54.02±0.93 ^{aA}	51.78±0.47 ^{aB}	45.54±0.45 ^{aC}	39.79±0.64 ^{baD}	29.56±0.49 ^{dE}
	ÖN İŞLEMLİ	SH	43.34±1.06 ^{eb}	47.23±0.09 ^{bcA}	39.22±2.36 ^{bc}	36.15±0.06 ^{dcD}	33.54±0.30 ^{ce}
		V	47.65±0.33 ^{cdA}	45.75±0.87 ^{ca}	41.34±3.63 ^{bb}	37.10±1.22 ^{bcC}	33.28±2.01 ^{cd}
		US-SH	49.47±0.54 ^{cbA}	45.09±4.64 ^{cbA}	41.09±3.04 ^{bbC}	36.01±2.32 ^{dcC}	38.41±0.10 ^{aC}
		M-SH	46.23±0.32 ^{da}	41.70±0.28 ^{db}	39.05±0.14 ^{bc}	33.71±1.16 ^{dd}	30.38±0.80 ^{dE}
Kroma	ÖN İŞLEMSİZ	SH	48.38±0.74 ^{ca}	49.44±1.26 ^{baA}	48.45±1.44 ^{aA}	42.63±0.78 ^{ab}	31.77±0.97 ^{dc}
		V	51.05±0.28 ^{ba}	51.13±0.11 ^{baA}	48.65±0.21 ^{ab}	43.16±1.97 ^{aC}	30.99±0.27 ^{dD}
		US-SH	50.48±2.93 ^{cbA}	50.95±1.01 ^{baA}	47.81±1.42 ^{aA}	40.85±2.37 ^{baB}	37.36±0.87 ^{bc}
		M-SH	54.74±0.89 ^{aA}	52.70±0.50 ^{aB}	46.89±0.41 ^{aC}	41.05±0.63 ^{baD}	30.70±0.43 ^{dE}
	ÖN İŞLEMLİ	SH	44.74±1.43 ^{db}	48.98±0.08 ^{bcA}	40.54±2.28 ^{bc}	37.49±0.15 ^{cd}	36.06±0.34 ^{cdD}
		V	48.72±0.33 ^{cbA}	47.19±1.05 ^{dcA}	42.62±3.32 ^{bb}	38.87±1.45 ^{bcC}	34.96±1.93 ^{cd}
		US-SH	49.79±0.52 ^{cbA}	45.67±4.67 ^{edBA}	41.64±3.27 ^{bbC}	36.34±2.14 ^{cd}	39.15±0.19 ^{aDC}
		M-SH	48.14±0.26 ^{ca}	43.76±0.24 ^{eb}	41.27±0.20 ^{bc}	36.08±1.03 ^{cd}	32.13±0.84 ^{dE}
Hue açısı	ÖN İŞLEMSİZ	SH	81.57±0.08 ^{bb}	84.16±1.08 ^{aA}	83.30±0.51 ^{aA}	81.34±0.25 ^{ab}	73.95±0.18 ^{cc}
		V	79.90±0.03 ^{ca}	80.62±0.07 ^{dcA}	77.86±0.26 ^{cb}	75.71±1.12 ^{bc}	70.66±0.30 ^{dD}
		US-SH	84.78±0.61 ^{aA}	82.68±0.89 ^{baA}	81.46±1.23 ^{baB}	81.68±1.05 ^{ab}	77.37±2.00 ^{bc}
		M-SH	80.69±0.38 ^{cbA}	79.29±0.52 ^{db}	76.19±0.26 ^{cc}	75.71±0.26 ^{bc}	74.34±0.56 ^{cd}
	ÖN İŞLEMLİ	SH	75.74±2.15 ^{ea}	74.39±0.15 ^{ea}	75.42±2.04 ^{ea}	74.67±1.06 ^{cbA}	68.47±0.10 ^{eb}
		V	77.95±0.03 ^{da}	75.79±0.76 ^{ea}	75.90±2.37 ^{ca}	72.69±0.80 ^{cb}	72.10±1.06 ^{db}
		US-SH	83.45±0.27 ^{aA}	80.95±1.65 ^{cbA}	80.80±1.79 ^{baA}	82.37±2.42 ^{aA}	78.89±0.68 ^{ab}
		M-SH	73.78±0.35 ^{fa}	72.32±0.22 ^{fb}	71.11±0.26 ^{dc}	69.11±0.97 ^{dd}	71.00±0.13 ^{dc}
TRD	ÖN İŞLEMSİZ	SH	9.94±0.83 ^{cd}	11.96±0.39 ^{bcB}	10.85±0.38 ^{cdD}	12.69±0.78 ^{db}	25.54±1.14 ^{baA}
		V	10.38±0.25 ^{cc}	7.73±0.77 ^{cd}	10.28±0.28 ^{cc}	14.22±2.12 ^{dcB}	27.77±0.44 ^{aA}
		US-SH	8.37±0.38 ^{cc}	7.66±0.97 ^{cc}	9.54±0.67 ^{cc}	14.52±2.00 ^{dcB}	18.24±1.23 ^{da}
		M-SH	6.56±0.26 ^{fe}	7.96±0.40 ^{cd}	11.31±0.40 ^{bcC}	15.63±0.52 ^{cb}	26.00±0.65 ^{baA}
	ÖN İŞLEMLİ	SH	13.90±0.54 ^{ad}	12.17±0.14 ^{bd}	16.35±2.26 ^{ac}	19.29±0.19 ^{bb}	24.59±0.10 ^{ba}
		V	9.12±0.21 ^{dc}	11.49±0.09 ^{bcB}	14.93±3.89 ^{baB}	20.06±0.75 ^{ba}	23.54±2.48 ^{ca}
		US-SH	10.46±0.06 ^{cc}	12.51±3.90 ^{bcC}	15.59±3.95 ^{ab}	20.90±1.43 ^{ba}	16.69±0.11 ^{dbA}
		M-SH	12.54±0.36 ^{be}	15.89±0.30 ^{ad}	18.79±0.31 ^{ac}	24.39±0.96 ^{ab}	25.97±1.07 ^{baA}

* Aynı sütundaki farklı üstel küçük harflerle aynı satırdaki farklı üstel büyük harfler ortalamaların $p < 0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir (n=3).

Kurutulmuş kamkat dilimlerinin b* değerleri üzerine depolama süresi içerisinde varyasyon kaynaklarının etkisi önemli ($p < 0.001$; $p < 0.05$) bulunmuştur (Çizelge 2). Depolamanın başlangıcında en yüksek b* değeri ön işlemlenmiş M-SH yönteminde belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca tüm uygulamalarda %22.61-45.28 oranları arasında azalış göstermiştir. b* değerindeki en yüksek azalış oranı ön işlemlenmiş M-SH, en düşük azalış oranı ise ön işlemlenmiş SH yöntemiyle kurutulmuş örneklerde gerçekleşmiştir. Depolama sonunda en yüksek b* değeri ön işlemlenmiş US-SH yöntemi ile kurutulmuş örneklerde tespit edilmiştir.

Varyasyon kaynaklarının örneklerin kroma değerleri üzerine etkisi önemli olup (Çizelge 2), kroma değerleri tüm uygulamalarda %19.40-43.91 oranları arasında azalış göstermiştir. Kroma değerindeki en yüksek azalış oranı ön işlemsiz M-SH, en düşük azalış oranı ise ön işlemlili SH yöntemiyle kurutulmuş örneklerde gerçekleşmiştir. Depolama sonunda en yüksek kroma değeri ön işlemlili US-SH yöntemi ile kurutulmuş örnekte belirlenmiştir.

Ön işlem x kurutma yöntemi x depolama süresi interaksyonu dışında diğer varyasyon kaynaklarının depolama süresinde örneklerin hue açısı ve TRD değerlerine etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Hue açısı değerleri tüm kurutma uygulamalarında % 3.76-11.56 oranları arasında azalış göstermiştir. ($p<0.05$). En yüksek azalış oranı ön işlemsiz V, en düşük azalış oranı ise ön işlemlili M-SH yöntemiyle kurutulmuş örneklerde gerçekleşmiştir. Depolama süresinin sonunda en yüksek hue açısı değeri ön işlemlili US-SH yönteminde belirlenmiştir.

Depolama sonunda en yüksek TRD değeri ön işlemsiz V yöntemi ile kurutulmuş örneklerde belirlenirken, TRD değerleri tüm uygulamalarda başlangıca göre depolama sonunda 0.59-2.96 kat artış göstermiştir. En düşük artış ön işlemlili US-SH, en yüksek artış ise ön işlemsiz M-SH yönteminde gerçekleşmiştir.

3.4. HMF içeriğindeki değişimler

Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama süresine bağlı olarak HMF değişimi Çizelge 5'te verilmiştir. Varyasyon kaynaklarının kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca HMF miktarlarına etkisi $p<0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Depolama süresi içerisinde genel olarak ön işlemsiz örneklerin HMF değerleri, ön işlemlili örneklerden yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Ön işlem olarak kullanılan haşlama işlemiyle birlikte HMF'nin oluşumunda yer alan indirgen şekerlerin kısmen azaldığı düşünülmektedir.

Depolamanın başlangıcında HMF değerleri 0.39-12.33 mg/kg arasında olup, depolama sonunda 2.02-46.79 mg/kg değerlerine yükselmiştir. Depolamanın sürecinde genel olarak en yüksek HMF içeriği ön işlemsiz V ile kurutulmuş örneklerde, en düşük HMF içeriği ise ön işlemlili US-SH yöntemi ile kurutulmuş örneklerde tespit edilmiştir. Depolama süresi boyunca örneklerin HMF değerleri tüm örneklerde 2.66-7.17 kat arasında artış göstermiştir ($p<0.05$). En yüksek artış ön işlemsiz US-SH, en düşük artış ise ön işlemsiz M-SH yönteminde gerçekleşmiştir.

Çizelge 5. Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama sürecinde HMF (mg/kg) değişimi.

Kurutma Yöntemleri	Depolama süresi (Ay)*					
	0.	1.	2.	3.	4.	
ÖN İŞLEMSİZ	SH	7.80±0.10 ^{eE}	20.48 ±0.27 ^{bD}	23.33±1.25 ^{bC}	32.64 ±1.21 ^{aB}	34.74±1.35 ^{cbA}
	V	12.33±1.56 ^{aC}	24.97±0.64 ^{aB}	25.75±0.32 ^{aB}	25.98 ±1.47 ^{bB}	46.79±2.11 ^{aA}
	US-SH	1.52±0.23 ^{eD}	3.32± 0.73 ^{fC}	5.26±0.37 ^{fB}	6.06 ±0.58 ^{dB}	12.42±0.53 ^{eA}
	M-SH	9.97±0.69 ^{bE}	12.69± 1.31 ^{cD}	15.37±0.60 ^{dC}	25.50± 1.68 ^{bB}	36.53±1.78 ^{cbA}
ÖN İŞLEMLİLİ	SH	4.57±0.61 ^{dE}	7.45 ±0.64 ^{eD}	11.49±1.23 ^{eC}	23.82±0.62 ^{cbB}	30.85±0.32 ^{dA}
	V	5.67±0.56 ^{dD}	6.39 ±0.29 ^{eD}	12.51 ±0.28 ^{eC}	25.74±1.21 ^{bB}	33.25±3.19 ^{cdA}
	US-SH	0.39±0.02 ^{eE}	0.57 ±0.04 ^{gD}	0.79± 0.06 ^{gC}	1.48±0.07 ^{eB}	2.02±0.05 ^{fA}
	M-SH	7.59±0.40 ^{eE}	11.31±0.97 ^{dD}	17.21±0.69 ^{eC}	23.17±1.58 ^{cbB}	37.27±2.72 ^{bA}

*Aynı sütundaki farklı üstel küçük harflerle aynı satırdaki farklı üstel büyük harfler ortalamaların $p<0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir (n=3).

3.5. Askorbik asit içeriğindeki değişimler

Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama süresine bağlı olarak askorbik asit değişimi Çizelge 6'da verilmiştir. Varyasyon kaynaklarının kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca askorbik asit miktarlarına etkisi $p<0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 2).

Çizelge 6. Farklı yöntemlerle ön işlemlenmiş ve ön işlemlenmiş kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama sürecinde askorbik asit içeriklerinin değişimi (mg/100 g).

Kurutma Yöntemleri	Depolama süresi (Ay)*					
	0.	1.	2.	3.	4.	
ÖN İŞLEMSİZ	SH	233.29±2.71 ^{ba}	216.56±1.35 ^{bb}	175.42±2.46 ^{bc}	158.38±0.82 ^{bd}	141.92±1.45 ^{be}
	V	281.00±1.47 ^{aa}	233.90±2.26 ^{ab}	234.34±1.88 ^{ab}	229.85±0.81 ^{ac}	175.01±1.07 ^{ad}
	US-SH	162.61±0.63 ^{da}	154.55±0.50 ^{db}	129.57±0.52 ^{dc}	123.16±0.41 ^{dd}	116.49±0.62 ^{de}
	M-SH	195.56±2.78 ^{ca}	157.33±0.86 ^{cb}	138.22±0.82 ^{cc}	127.11±0.45 ^{cd}	96.78±1.20 ^{de}
ÖN İŞLEMLİ	SH	128.56±0.60 ^{ea}	117.33±1.17 ^{fb}	107.63±1.02 ^{cc}	100.63±0.63 ^{ed}	67.34±0.29 ^{fe}
	V	123.53±1.04 ^{fa}	121.65±1.14 ^{ea}	93.80±2.47 ^{fb}	87.50±0.35 ^{fc}	74.48±0.66 ^{ed}
	US-SH	45.88±0.83 ^{ha}	40.14±0.34 ^{hb}	36.69±0.44 ^{hc}	17.33±1.08 ^{hd}	11.19±0.43 ^{he}
	M-SH	70.46±0.22 ^{ga}	51.84±0.31 ^{gb}	39.59±1.60 ^{gc}	36.31±0.23 ^{gd}	24.24±0.91 ^{ge}

* Aynı sütündeki farklı üstel küçük harflerle aynı satırdaki farklı üstel büyük harfler ortalamaların $p < 0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir (n=3).

Depolama süresinde ön işlemlenmiş örneklerin askorbik asit değerleri ön işlemlenmiş örneklerden yüksek bulunmuştur. Ön işlemlenmiş kurutulmuş örneklerin başlangıç askorbik asit miktarlarının da düşük olduğu görülmektedir. Depolama süresi boyunca en yüksek askorbik asit içeriği ön işlemlenmiş V, en düşük askorbik asit içeriği ise ön işlemlenmiş US-SH yöntemi ile kurutulmuş örneklerde tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Depolama süresi boyunca kurutulmuş örneklerin askorbik asit içeriğinde %28.36-75.61 oranında kayıplar meydana gelmiştir ($p < 0.05$). En yüksek askorbik asit kaybı ön işlemlenmiş US-SH, en düşük askorbik asit kaybı ise ön işlemlenmiş US-SH yönteminde tespit edilmiştir.

4. Tartışma ve Sonuç

Kamkat dilimlerinin ön işlemlenmiş olarak kurutulması depolama süresi içerisinde su aktivitesi ve nem içeriğini olumsuz etkilemiştir. Ön işlem olarak uygulanan haşlama işlemi ile birlikte su bağlama yeteneğine sahip bazı maddelerin kaybı bu durumu etkilemiş olabilir. Suda çözünür maddelerin yanında, nişasta ve proteinler gibi çözünebilir nitelikte olmayan bazı makro moleküllerin su bağlayabilme özellikleri nedeniyle su aktivitesinin düşmesinde rol oynadıkları bilinmektedir (Cemeroğlu ve ark., 2003; Us, 2007). Bu durumun da ön işlemlenmiş kurutulmuş örneklerin daha fazla nem çekmesine dolayısıyla a_w artışına neden olduğu düşünülmektedir. Kurutma teknoloji açısından suyun buhar basıncına etkili bir faktör de kapılar kuvvetinin etkisidir. Kurumada gıda maddelerindeki su, hücreler arasında oluşmuş bir kapılar sistemiyle yüzeye ulaşarak buradan uzaklaşmaktadır. Buna bağlı olarak kurutma sırasında meyve ve sebzelerde hücreler arasındaki kapılar yapı değişebilmektedir. (Cemeroğlu ve ark., 2003). Bunun yanında depolamanın yapıldığı polietilen torbalar belli oranda nem geçirgenliğine sahip olabilmektedir (Topuz ve ark., 2009). Osmotik dehidrasyon sonrası sıcak hava kurutma ile kurutulmuş papaya meyvelerinin farklı ambalaj materyalleri ile depolanması sonucu nem ve su aktivitesinde artış gözlenmiştir (Udomkun ve ark., 2016). Mikroorganizmalar genel olarak a_w değeri 0.60'ın altında gelişme olanağı bulamazlar. Patojen bakteriler 0.85, maya ve küfler ise 0.62 su aktivite değerinin altında gelişemez. (Rahman, 2007). Diğer yandan enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarından Maillard reaksiyonlarının hızı a_w 0.65-0.80 arasında en üst seviyeye ulaşmaktadır (Pala ve Saygı, 1983). Her ne kadar örneklerde 4 aylık depolama periyodundaki a_w artışı olsa da bu artışlar gerek mikrobiyal faaliyetler gerekse enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarını tetikleyecek seviyeye ulaşmamıştır.

Depolama ile birlikte L^* , b^* kroma, hue açısı değerleri azalış göstermiş, a^* ve TRD değerleri ise artış göstermiştir. L^* değerindeki azalış ve a^* değerindeki artış esmerleşme reaksiyonlarına işaret etmektedir (Krokida ve Maroulis, 2000; Ghanem ve ark., 2012). b^* değerinin azalması sarılıktan uzaklaşma anlamına gelip, bu durumun depolama sürecinde karotenoidlerin oksidasyona bağlı olarak parçalanmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Topuz ve ark., 2009; Darvishi ve ark., 2014; Ghanem Romdhane ve ark., 2015). Hawlader et al. (2006), hue açısı değerlerindeki düşüşün, kahverengileşmenin ve sarılıktan uzaklaşmanın bir göstergesi olduğunu belirtmiştir. Hue açısı değerinin 0° olması kırmızı, 90° olması sarı, 180° olması yeşil ve 270° olması mavi renk tonlarını ifade etmektedir (Veberic ve ark., 2010). Ön işlemlenmiş olarak US-SH yöntemi ile kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama süresinin sonunda taze meyvenin renk değerlerine en yakın değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Esmerleşme reaksiyonlarından Maillard reaksiyonunun oluşumunda indirgen şekerler önemli bir rol oynamaktadır (Michalska ve ark., 2018). Haşlama ve ultrason destekli osmotik dehidrasyon sırasında

indirgen şeker gibi suda çözünebilir bileşenler kayba uğrayabilmektedir. (Gonzalez-Fesler ve ark., 2008; Gonçalves ve ark., 2010; Chavan ve Amarowicz 2012; Wang ve ark., 2017). Çalışmamızda ön işlemler US-SH yönteminde uygulanan haşlama ve ultrason destekli ozmotik dehidrasyon işlemindeki indirgen şeker kaybının kurutma ve depolama sırasında renk kayıplarını kısmen engellediği düşünülmektedir. HMF ısı işlem görmüş çeşitli gıda maddelerinin gerek üretimi gerekse depolanması sırasında ortaya çıkan ve bu ürünlerin kalitesinin belirlenmesinde kullanılan önemli bir göstergedir (Michalska ve ark., 2018). Isıl işlem görmüş gıda maddelerinin su aktivitesi, nem içeriği, depolama süresi ve sıcaklığı HMF oluşumunu etkilemektedir (Toker ve ark., 2013; Touati ve ark., 2014; Udomkun ve ark., 2016). Türk Gıda Kodeksi'nde (TGK) kurutulmuş meyvelerle ilgili HMF limiti bulunmamaktadır. Ancak TGK bal tıbbi (Tebliğ No:2012/58) HMF limiti 40 mg/kg iken, TGK üzüm pekmezi tıbbi (Tebliğ No:2017/8) ise bu miktar 75 mg/kg ile sınırlandırılmıştır. Kurutulmuş kamkat dilimlerinin HMF içerikleri depolama süresinde artış göstermiş, ancak söz konusu değerler mevzuat limitlerini aşmamıştır. Farklı ambalajlama materyali ve depolama süresinin kurutulmuş papayanın fonksiyonel özelliklerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, 9 aylık depolama süresinde HMF içeriğinde artış gerçekleştiği tespit edilmiştir. (Udomkun ve ark., 2016).

Askorbik asit meyve ve sebzelerin depolama ve işleme süreçlerinde besin kayıplarının değerlendirilmesinde kullanılan önemli bir indikatördür. Gıdalarda askorbik asit stabilitesi sıcaklık, pH, oksijen, ışık, metal iyonları, su aktivitesi gibi faktörlere göre değişiklik göstermektedir (Santos ve Silva, 2008; Wang ve ark., 2018). Depolama süresi özellikle ön işlemler kurutulmuş örneklerin askorbik asit içeriğini olumsuz etkilemiştir. Depolama sürecinde en yüksek askorbik asit içeriğine sahip örneklerin V yönteminde tespit edilmiş olmasının sebebi bu yöntemde kurutma esnasında ortamda bulunan düşük seviyedeki oksijen seviyesidir (Sablani, 2006). En fazla oranda askorbik asit kaybının belirlendiği ön işlemler US-SH yönteminde, ön işlem olarak kullanılan haşlama işlemi, hücre yapısının bozulmasına, dolayısıyla askorbik asidin hızlı oksidasyonuna sebep olarak depolama sürecinde daha fazla kayba neden olmuş olabilir. Ayrıca, askorbik asit suda çözünebilir bir bileşen olduğu için haşlama ve ozmotik dehidrasyon sırasındaki kütle transferi sırasında kayba uğrayabilmektedir (Santos ve Silva, 2008). Udomkun ve ark. (2016) depolama sırasında askorbik asit parçalanmasının su aktivitesi ve nem içeriği ile ilişkili olabileceğini bildirmiştir. Söz konusu örnek aynı zamanda depolama sırasında en fazla nem artışının gerçekleştiği örnektir. Depolama sırasında kurutma ve depolama koşullarına bağlı olarak kurutulmuş ürünlerde askorbik asit içeriğinde kayıplar meydana gelebilmektedir (Uddin ve ark., 2002; Del Caro ve ark., 2004; Udomkun ve ark., 2016).

Bu çalışmada suda haşlama işlemi uygulanmış ve ön işlemsiz olarak farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama süresinde bazı kalite değişimleri incelenmiştir. 4 aylık depolama süresinde incelenen kriterler üzerine ön işlemler, kurutma yöntemlerinin ve depolama süresinin etkisi önemli bulunmuştur. Çalışma sonucunda, kamkat dilimlerinin tüm kurutma yöntemleri için ön işlemsiz kurutulmaları depolanmasının incelenen kalite kriterleri açısından daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Depolama stabilitesi açısından farklı depolama koşulları ile ambalaj materyallerinin kurutulmuş kamkat dilimlerinin kalitesi üzerine etkilerinin araştırılacağı daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma Farklı Yöntemlerle Kurutulmuş Kamkatın (*Fortunella margarita* Swing.) Bazı Kalite Özellikleri ve Depolamaya Bağlı Değişimi” adlı doktora tezinin bir kısmıdır. Çalışmayı Doktora Burs Programı kapsamında destekleyen TÜBİTAK-BİDEB’e teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynakça

- Akdaş, S., & Başlar, M. (2015). Dehydration and degradation kinetics of bioactive compounds for mandarin slices under vacuum and oven drying conditions. *J. Food Process. Preserv.*, 39(6), 1098-1107.
- AOAC, (2000). 17th Edi 2000 Official Method 986.21. Moisture in Spices / IS specification No. IS 1797-1985; *Methods of Test for Spices and Condiments*.
- Cemeroğlu, B., Karadeniz, F., & Özkan, M. (2003). *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:28, Ankara. 690 s.

- Cemeroğlu, B. (2007). *Gıda analizleri*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, 535 s.
- Chavan, U. D., & Amarowicz, R. (2012). Osmotic dehydration process for preservation of fruits and vegetables. *Journal of Food Research*, 1(2), 202.
- Chen, H. H., Hernandez, C. E., & Huang, T. C. (2005). A study of the drying effect on lemon slices using a closed-type solar dryer. *Solar Energy*, 78(1), 97-103.
- Chiu, N. C., & Chang, K. S. (1998). *The Illustrated Medicinal Plants of Taiwan*. Taiwan: SMC publishing Ltd, Vol 5, Taipei, Taiwan, 194 p.
- Darvishi, H., Khoshtaghaza, M.H., & Minaei, S. (2014). Drying kinetics and colour change of lemon slices. *International Agrophysics*, 28,1-6.
- Del Caro, A., Piga, A., Pinna, I. P., Fenu, M., & Agabbio, M. (2004). Effect of drying conditions and storage period on polyphenolic content, antioxidant capacity, and ascorbic acid of prunes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(15), 4780-4784.
- Di Scala, K. C., & Crapiste, G. H. (2008). Drying kinetics and quality changes during drying of red pepper. *LWT Food Science and Technology*, 41(5), 789-795.
- Doymaz, İ. (2007). Air-drying characteristics of tomatoes. *J. of Food Engineering*, 78, 1291-1297.
- Ghanem Romdhane, N., Bonazzi, C., Kechaou, N., & Mihoubi, N. B. (2015). Effect of air-drying temperature on kinetics of quality attributes of lemon (*Citrus limon* cv. lunari) peels. *Drying Technology*, 33(13), 1581-1589.
- Ghanem, N., Mihoubi, D., Kechao, N. & Mihoubi, N. B. (2012). Microwave dehydration of three citrus peel cultivars: Effect on water and oil retention capacities, color, shrinkage and total phenols content. *Industrial Crops and Products*, 40, 167-177.
- Gonçalves, E. M., Pinheiro, J., Abreu, M., Brandão, T. R. S. & Silva, C. L. (2010). Carrot (*Daucus carota* L.) peroxidase inactivation, phenolic content and physical changes kinetics due to blanching. *Journal of Food Engineering*, 97(4), 574-581.
- Gonzalez-Fesler, M., Salvatori, D., Gomez, P., & Alzamora, S. M. (2008). Convective air drying of apples as affected by blanching and calcium impregnation. *J. of Food Engin.*, 87(3), 323-332.
- Gölükcü, M. (2015). The effects of drying methods, packaging atmosphere and storage time on dried pomegranate aril quality. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(2), 207-219.
- Hawlder, M. N. A., Perera, C. O. & Tian, M.. (2006). Properties of modified atmosphere heat pump dried foods. *Journal of Food Engineering*, 74(3), 392-401.
- İzli, G., İzli, N., Taşkın, O., & Yıldız, G. (2018). Convective drying of kumquat slices: comparison of different drying temperatures on drying kinetics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity. *Latin American Applied Research*, 48(1), 37-42.
- Jiang, N., Liu, C., Li, D., Zhang, Z., Liu, C., Wang, D., & Zhang, M.. (2017). Evaluation of freeze drying combined with microwave vacuum drying for functional okra snacks: Antioxidant properties, sensory quality, and energy consumption. *LWT-Food Sci. and Tech.*, 82, 216-226.
- Joshi, A. P. K., Rupasinghe, H. P. V., & Khanizadeh, S. (2011). Impact of drying processes on bioactive phenolics, vitamin C and antioxidant capacity of red-fleshed apple slices. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(4), 453-457.
- Koyasako, A., & Bernhard, R. A. (1983). Volatile constituents of the essential oil of kumquat. *Journal of Food Science*, 48(6), 1807-1812.
- Krokida, M. & Maroulis, Z. (2000). Quality changes during drying of food materials. *Drying Technology in Agriculture and Food Sciences*, 4(2), 61-68.
- Lou, S. N., Lai, Y. C., Huang, J. D., Ho, C. T., Ferng, L. H. A., & Chang, Y. C. (2015). Drying effect on flavonoid composition and antioxidant activity of immature kumquat. *Food Chemistry*, 171, 356-363.
- Marques, L.G., Silveira, A.M., & Freire, J.T. (2006). Freze- Drying characteristics of tropical fruits. *Drying Technology*, 24, 457-463.
- Methakhup, S., Chiewchan, N., & Devahastin, S. (2005). Effects of drying methods and conditions on drying kinetics and quality of Indian gooseberry flake. *LWT*, 38, 579-587.
- Michalska, A., Wojdyło, A., Honke, J., Ciska, E., & Andlauer, W. (2018). Drying-induced physico-chemical changes in cranberry products. *Food Chemistry*, 240, 448-455.
- Michalska, A., Wojdyło, A., Lech, K., Łysiak, G. P., & Figiel, A. (2016). Physicochemical properties of whole fruit plum powders obtained using different drying technologies. *Food Chemistry*, 207, 223-232.

- Özcan-Sinir, G., Özkan-Karabacak, A., Tamer, C. E., & Çopur, O. U. (2018). The effect of hot air, vacuum and microwave drying on drying characteristics, rehydration capacity, color, total phenolic content and antioxidant capacity of Kumquat (*Citrus japonica*). *Food Science and Technology* (Campinas), 39(2), 475-484.
- Pala, M., & Saygi, Y. B. (1983). Su Aktivitesi ve Gıda İşletmedeki Önemi. *Gıda Dergisi*, 8(1), 33-39.
- 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.
- Rahman, M. S. (2007). *Food Preservation: Overview*. In: Rahman.M.S. (Ed.). (pp. 3-18) Handbook of Food Preservation Boca Raton, FL, USA, CRC Press.
- Rodríguez, Ó., Gomes, W., Rodrigues, S., & Fernandes, F. A. (2017). Effect of acoustically assisted treatments on vitamins, antioxidant activity, organic acids and drying kinetics of pineapple. *Ultrasonics Sonochemistry*, 35, 92-102.
- Saçılık, K. (2007). Effect of drying methods on thin-layer drying characteristics of hull-less seed pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Journal of Food Engineering*, 79, 23-30.
- Sagar, V. R., & Kumar, P. S. (2010). Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 47(1), 15-26.
- Santos, P. H. S., & Silva, M. A. (2008). Retention of vitamin C in drying processes of fruits and vegetables—A review. *Drying Technology*, 26(12), 1421-1437.
- Schirra, M., Palma, A., Aquino, S.D., Angioni, A., Minello, E.V., Melis, M., & Cabras., P. (2008). Influence of postharvest hot water treatment on nutritional and functional properties of kumquat (*Fortunella japonica* Lour. Swingle Cv. Ovale) Fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 455-460.
- Sdiri, S., A. Bermejo, Aleza, P., Navarro, P., & Salvador, A. (2012). Phenolic composition, organic acids, sugars, vitamin C and antioxidant activity in the juice of two new triploid late-season mandarins. *Food Research International*, 49(1), 462-468.
- Toker, O. S., Doğan, M., Ersöz, N. B., & Yılmaz, M. T. (2013). Optimization of the content of 5-hydroxymethylfurfural (HMF) formed in some molasses types: HPLC-DAD analysis to determine effect of different storage time and temperature levels. *Industrial Crops and Products*, 50, 137-144.
- Tontul, I., & Topuz, A. (2017). Effects of different drying methods on the physicochemical properties of pomegranate leather (pestil). *LWT-Food Science and Technology*, 80, 294-303.
- Topuz, A., Feng, H. & Kushad, M. (2009). The effect of drying method and storage on color characteristics of paprika. *LWT-Food Science and Technology*, 42(10), 1667-1673.
- Touati, N., Tarazona-Díaz, M. P., Aguayo, E., & Louaileche, H. (2014). Effect of storage time and temperature on the physicochemical and sensory characteristics of commercial apricot jam. *Food chemistry*, 145, 23-27.
- Uddin, M. S., Hawlader, M. N. A., Ding, L., & Mujumdar, A. S. (2002). Degradation of ascorbic acid in dried guava during storage. *Journal of Food Engineering*, 51(1), 21-26.
- Udomkun, P., Nagle, M., Argyropoulos, D., Mahayothee, B., Latif, S., & Müller, J. (2016). Compositional and functional dynamics of dried papaya as affected by storage time and packaging material. *Food chemistry*, 196, 712-719.
- Us, F. (2006). *Meyve ve Sebzelerin Kurularak Muhafazası*. In: Acar,J, V.Gökmen ve F. Us. (Eds.). *Meyve veSebze İşleme Teknolojisi Cilt 2*. (s.241-297). Ankara, Türkiye: H.Ü. Yayınları.
- Us, F. (2007). *Su ve Buz*. In: Saldamlı.İ. (Ed.). *Gıda Kimyası*. (s.9-42). Türkiye: H.Ü. Yayın. Ankara.
- Veberic, R., Jurhar, J., Mikulic-Petkovsek, M., Stampar, F., & Schmitzer, V. (2010). Comparative study of primary and secondary metabolites in 11 cultivars of persimmon fruit (*Diospyros kaki* L.). *Food Chemistry*, 119(2), 477-483.
- Vega-Gálvez, A., Di Scala, K., Rodríguez, K., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., López, J., & Perez-Won, M. (2009). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum*, L. var. Hungarian). *Food Chemistry*, 117(4), 647-653.
- Wang, J., Yang, X. H., Mujumdar, A. S., Wang, D. J., Zhao, H., Fang, X. M., & Xiao, H. W. (2017). Effects of various blanching methods on weight loss, enzymes inactivation, phytochemical contents, antioxidant capacity, ultrastructure and drying kinetics of red bell pepper (*Capsicum annuum* L.). *LWT-Food Science and Technology*, 77, 337-347.

- Wang, J., Yang, X. H., Mujumdar, A. S., Fang, X. M., Zhang, Q., Zheng, Z. A., & Xiao, H. W. (2018). Effects of high-humidity hot air impingement blanching (HHAIB) pretreatment on the change of antioxidant capacity, the degradation kinetics of red pigment, ascorbic acid in dehydrated red peppers during storage. *Food Chemistry*, 259, 65-72.
- Wang, Y.W., Zeng, W.C., Xu, P.Y., Lan, Y.J., Zhu, R.X., Zhong, K. Y., Huang, N., & Gao, H. (2012). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of Kumquat (*Fortunella crassifolia* Swingle) Peel. *International Journal of Molecular Sciences*, 13, 3382–3393.
- Yen, Y. H., Shih, C. H., & Chang, C. H. (2008). Effect of adding ascorbic acid and glucose on the antioxidative properties during storage of dried carrot. *Food Chemistry*, 107(1), 265-272.