

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**FARKLI YÖNTEMLERLE KURUTULMUŞ KAMKATIN
(*Fortunella margarita* Swing.) BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİ VE
DEPOLAMAYA BAĞLI DEĞİŞİMİ**

Demet YILDIZ TURGUT

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

ŞUBAT 2019

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**FARKLI YÖNTEMLERLE KURUTULMUŞ KAMKATIN
(*Fortunella margarita* Swing.) BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİ VE
DEPOLAMAYA BAĞLI DEĞİŞİMİ**

Demet YILDIZ TURGUT

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

ŞUBAT 2019

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI YÖNTEMLERLE KURUTULMUŞ KAMKATIN
(*Fortunella margarita* Swing.) BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİ VE
DEPOLAMAYA BAĞLI DEĞİŞİMİ**

Demet YILDIZ TURGUT

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Bu tez 04.02.2019 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

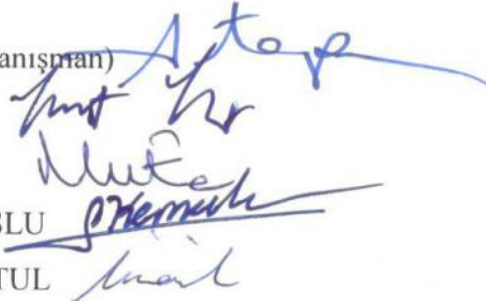
Prof. Dr. Ayhan TOPUZ (Danışman)

Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

Prof. Dr. Mustafa ERKAN

Doç. Dr. Mustafa Kemal USLU

Dr. Öğr. Üyesi İsmail TONTUL



ÖZET

FARKLI YÖNTEMLERLE KURUTULMUŞ KAMKATIN (*Fortunella margarita* Swing.) BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİ VE DEPOLAMAYA BAĞLI DEĞİŞİMİ

Demet YILDIZ TURGUT

Doktora Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

Şubat 2019; 113 sayfa

Bu çalışmada “Nagami” kamkat çeşidinden farklı kurutma yöntemleri ile kamkat kurusu üretimi amaçlanmıştır. Kurutulmuş kamkat dilimleri oda koşullarında 4 ay depolanarak ürün kalitesi ve stabilitesi incelenmiştir. Bu kapsamda dilimlenmiş meyveler suda haşlanıp acılığı giderildikten sonra (ön işlemlili) ve doğrudan (ön işlemsiz) sıcak hava, vakum, ultrason destekli ozmotik ön kurutma sonrası sıcak hava ile tamamlayıcı kurutma ve mikrodalga destekli sıcak hava kurutma olmak üzere 4 farklı kurutma yöntemiyle kurutulmuştur. Ön işlemsiz, ön işlemlili ve kurutulmuş meyve dilimlerinde toplam kuru madde, su aktivitesi, renk özellikleri [L^* , a^* , b^* , C (kroma), H° (hue açısı), TRD (toplam renk değişimi), Eİ (esmerleşme indeksi)], rehidrasyon oranı, toplam fenolik madde, toplam karotenoid, askorbik asit, HMF (5-hidroksimetilfurfural), organik asit ve flavonoid bileşen içerikleri ile antioksidan aktivite [DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikali süpürme aktivitesi ve ORAC (oksijen radikali absorbans kapasitesi)] değerleri belirlenmiştir.

Kurutulmuş örneklerin toplam kuru madde miktarı ve su aktivitesi değerleri sırasıyla %87.09-88.34 ve 0.236-0.280 arasında değişim göstermiştir. Ultrason destekli ozmotik kurutma sonrası sıcak hava kurutma yönteminin L^* , a^* , H° ve Eİ değerleri açısından, mikrodalga destekli sıcak hava kurutma yönteminin ise b^* , C ve TRD değerleri açısından kamkat dilimlerinin renk stabilitesini diğer yöntemlere göre daha iyi koruduğu belirlenmiştir. Ön işlemlili olarak sıcak hava ve mikrodalga destekli sıcak hava kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin en yüksek rehidrasyon oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. Ön işlemlili kurutma yöntemleri, ön işlemsiz yapılan kurutma yöntemlerine göre kamkat dilimlerinin biyoaktif özelliklerinde önemli oranda kayba yol açmıştır. Genel olarak vakum kurutma yöntemi incelenen fonksiyonel özellikler açısından en iyi sonuçları vermiştir. En yüksek toplam fenolik madde, askorbik asit, IC_{50} , organik asit ve flavonoid bileşen değerleri ön işlemsiz olarak vakum kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerde tespit edilmiştir. Ön işlemlili olarak uygulanan ultrason destekli ozmotik kurutma sonrası yapılan sıcak hava kurutma yöntemi kamkat dilimlerinin toplam fenolik, karotenoid, askorbik asit, HMF, organik asit ve flavonoid bileşen içeriğini önemli miktarda azaltmıştır. Kurutulmuş örneklerin 4 ay süre ile oda koşullarında depolanmaları sonucu L^* , b^* , C, H° ve askorbik asit değerleri azalış, su aktivitesi, HMF ve TRD değerleri ise artış göstermiştir.

Araştırma sonuçlarına göre, yüksek biyoaktif bileşen içeriği ve antioksidan özellikler açısından kurutulmuş kamkat üretiminde kullanılabilecek en uygun yöntemlerin sırasıyla n işlemsiz olarak uygulanan vakum kurutma, sıcak hava kurutma ve mikrodalga destekli sıcak hava kurutma olduğu belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Antioksidan, Depolama, Haşlama, Kalite, Kamkat (*Fortunella margarita* Swing.), Kurutma

JRİ: Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

Prof. Dr. Mustafa ERKAN

Do. Dr. Mustafa Kemal USLU

Dr. ğr. yesi İsmail TONTUL

ABSTRACT

SOME QUALITY PROPERTIES OF KUMQUAT (*Fortunella margarita* Swing.) DRIED WITH DIFFERENT DRYING METHODS AND THEIR CHANGES DURING STORAGE

Demet YILDIZ TURGUT

PhD Thesis in Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

February 2019; 113 pages

In this study, dried kumquat production was aimed using different drying methods from “Nagami” variety. The dried kumquat slices were stored at room conditions for 4 months and the product quality and stability were investigated. In this scope, the sliced fruits were dried using four different drying methods including hot air, vacuum, ultrasound assisted osmotic pre-drying with hot air and microwave assisted hot air drying with debittering by water blanching and without pretreatment. Total dry matter, water activity, colour properties [L^* , a^* , b^* , C (chroma), H° (hue angle), TCC (total colour change), BI (browning index)], rehydration ratio, total phenolic, total carotenoid, ascorbic acid, HMF (5-hydroxymethylfurfural), organic acid and flavonoid contents and antioxidant activity [DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenging activity and ORAC (oxygen radical absorbance capacity)] of unblanched, blanched and dried fruit slices were determined.

The total dry matter and water activity values of the dried samples were varied between 87.09-88.34 and 0.236-0.280, respectively. It was determined that, ultrasound assisted osmotic pre-drying with hot air drying method in terms of L^* , a^* , H° and BI values and microwave assisted hot air drying method in terms of b^* , C and TCC values were provided higher colour stability of the kumquat slices than other drying methods. It was determined that the samples dried by hot air and microwave assisted hot air drying methods with pretreatment had the highest rehydration ratio. The drying methods with pretreatment were lead to a significant loss of bioactive properties of kumquat slices compared to the drying methods without pretreatment. Generally, vacuum drying method gave the best results in terms of investigated functional properties. The highest total phenolic, ascorbic acid, IC_{50} , organic acid and flavonoid components values were determined in the samples dried by vacuum drying method without pre-treatment. Ultrasound assisted osmotic pre-drying with hot air drying method with pretreatment was significantly reduced the content of total phenolic, carotenoid, ascorbic acid, HMF, organic acids and flavonoid components of kumquat slices. L^* , b^* , C, H° and ascorbic acid values of dried samples which were stored in room temperature for 4 months decreased, while water activity, HMF and TCC values increased.

According to the results of the research, most suitable methods which can be used in the production of dried kumquat for high bioactive component content and antioxidant properties, were determined as vacuum drying, hot air drying and microwave assisted hot air drying without pre-treatment, respectively.

KEYWORDS: Antioxidant, Blanching, Drying, Kumquat (*Fortunella margarita* Swing.), Quality, Storage

COMMITTEE: Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

Prof. Dr. Mustafa ERKAN

Assoc. Prof. Dr. Mustafa Kemal USLU

Assist. Prof. Dr. İsmail TONTUL



ÖNSÖZ

Ülkemiz bulunduğu coğrafi konum ve ekolojik faktörlerin etkisiyle meyve sebze üretimi ve çeşitliliği açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Kamkat ülkemizde turunçgillerin yetiştirilebildiği iklim koşullarını sağlayan Ege, Akdeniz ve Doğu Karadeniz’de yetiştirilebilmektedir. Özellikle son yıllarda çeşitli tarımsal araştırma kuruluşları ve üniversiteler tarafından kamkat yetiştiriciliği, fidan üretimi ve çeşit geliştirme çalışmalarıyla, ülkemizde bu meyvenin daha fazla tanınması ve üretiminin artırılması hedeflenmekte ve kapama bahçe tesisleri kurulması yönünde üreticiler teşvik edilmektedir.

Kamkat, beslenme açısından öneminin yanında flavonoidler, karotenoidler, askorbik asit, uçucu yağ gibi sağlık açısından yararlı antioksidanları da içermektedir. Meyve ve sebzelerin uzun süre bozulmadan muhafaza edilmeleri için uygulanan yöntemlerden birisi de kurutmadır. Kurutma işlemi sırasında gıdalarda birçok fiziksel ve kimyasal değişimler meydana gelmekte ve bu olaylar son ürünün renk, tekstür, aroma, vitamin içeriği ve daha birçok kalite özelliklerini etkilemektedir. Kurutma işleminde, diğer tüm muhafaza ve işleme yöntemlerinde olduğu gibi, ürünün fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesinin maksimum derecede korunması önemlidir. Kurutulmuş üründe son ürün kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden birisi kurutma yöntemidir. Ülkemizde kurutulmuş meyve üretimi ve ihracatı önemli bir yer tutmaktadır. Tarımsal üretimin artırılması, buna bağlı olarak gıda işleme yöntem ve süreçlerinin geliştirilmesi ve işlenmiş ürün çeşitliliğini artırılması ülkemizin tarım ve gıda alanındaki en önemli hedeflerindendir. Bu gerekçelerden yola çıkarak, bu tez çalışmasında kamkat meyvesinin farklı yöntemlerle kurutma olanakları araştırılmış ve kullanılan yöntemlerin kurutulmuş üründe fiziksel ve kimyasal kalite özelliklerine etkileri ortaya konmuştur.

Doktora tez çalışmam süresince bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof.Dr. Ayhan TOPUZ’a, tez çalışmamı yürütmemde destek veren BATEM (Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü) idarecilerine ve laboratuvar çalışmalarında her türlü ilgi ve yardımlarını esirgemeyen mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim. Doktora eğitimim boyunca her türlü maddi ve manevi desteğini esirgemeyen eşim Osman TURGUT, çocuklarım Hüseyin Alp TURGUT ve Selin TURGUT’a sonsuz teşekkürlerimi ve sevgilerimi sunarım.

Doktora eğitimim boyunca 2211-C Yurt İçi Öncelikli Alanlar Doktora Burs Programı kapsamında eğitimimi destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı’na (TÜBİTAK-BİDEB) teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	4
2.1. Kurutma.....	4
2.1.1. Kurutmanın mekanizması ve kuruma kinetiği.....	4
2.1.2. Kuruma hızını etkileyen faktörler.....	5
2.1.3. Meyve ve sebzelerin kurutulması sırasında meydana gelen değişiklikler.....	6
2.1.4. Meyve ve sebzelere kurutma öncesi uygulanan ön işlemler	11
2.1.5. Başlıca meyve ve sebze kurutma yöntemleri.....	13
2.1.5.1. Güneşte kurutma	13
2.1.5.2. Sıcak hava ile kurutma.....	14
2.1.5.3. Vakum kurutma	14
2.1.5.4. Ozmotik kurutma	15
2.1.5.5. Dondurarak kurutma	16
2.1.5.6. Mikrodalga kurutma.....	17
2.2. Kamkat	17
2.2.1. Kamkatın kimyasal özellikleri.....	19
2.2.2. Kamkatın biyolojik aktiviteleri.....	25
2.2.2.1. Antioksidan aktivite	25
2.2.2.2. Antimikrobiyal aktivite	27
2.2.2.3. Tirozinaz inhibitör aktivite	27
2.2.2.4. Antikanser ve antitümör aktivite.....	28
3. MATERYAL VE METOT	29

3.1. Materyal.....	29
3.2. Metot	29
3.2.1. Kurutulmuş kamkat üretimi	29
3.2.1.1. Sıcak hava kurutma	31
3.2.1.2. Vakum kurutma	32
3.2.1.3. Ultrason destekli ozmotik ön kurutma sonrası sıcak hava kurutma	33
3.2.1.4. Mikrodalga destekli sıcak hava kurutma	34
3.2.2. Depolama	35
3.2.3. Analizler	36
3.2.3.1. Fiziksel analizler	36
3.2.3.2. SÇKM (Suda çözünür kuru madde) içeriği	36
3.2.3.3. pH.....	36
3.2.3.4. Titrasyon asitliği	36
3.2.3.5. Toplam kuru madde içeriği	36
3.2.3.6. Su aktivitesi.....	37
3.2.3.7. Renk değerleri	37
3.2.3.8. Rehidrasyon oranı	38
3.2.3.9. Ekstraksiyon.....	38
3.2.3.10. Toplam fenolik madde içeriği	39
3.2.3.11. Toplam karotenoid içeriği	39
3.2.3.12. Askorbik asit içeriği	39
3.2.3.13. Antioksidan aktivite	40
3.2.3.14. Organik asit bileşimi	41
3.2.3.15. HMF (5-hidroksimetilfurfural)	42
3.2.3.16. Flavonoid bileşenleri.....	43
3.2.3.17. İstatistiksel analizler.....	46
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	47
4.1. Kamkat Meyvesinin Bazı Fiziksel ve Fizikokimyasal Özellikleri	47
4.2. Farklı Kurutma Yöntemleriyle Kurutulmuş Kamkat Dilimlerinin Kalite Özellikleri	47
4.2.1. Kuruma süresi ve toplam kuru madde içeriği	47
4.2.2. Su aktivitesi	49

4.2.3. Renk değerleri.....	50
4.2.4. Rehidrasyon oranı.....	54
4.2.5. Toplam fenolik madde içeriği.....	56
4.2.6. Toplam karotenoid içeriği.....	58
4.2.7. Askorbik asit.....	61
4.2.8. Antioksidan aktivite.....	63
4.2.9. Organik asit bileşimi.....	65
4.2.10. HMF.....	67
4.2.11. Flavonoid bileşenleri	69
4.3. Kurutulmuş Kamkat Dilimlerinin Depolamaya Bağlı Kalite Değişimleri.....	73
4.3.1. Su aktivitesinin depolamaya bağlı değişimi	73
4.3.2. L* değerlerinin depolamaya bağlı değişimi	75
4.3.3. a* değerlerinin depolamaya bağlı değişimi.....	77
4.3.4. b* değerlerinin depolamaya bağlı değişimi.....	79
4.3.5. C değerlerinin depolamaya bağlı değişimi	81
4.3.6. H° değerlerinin depolamaya bağlı değişimi	82
4.3.7. TRD değerlerinin depolamaya bağlı değişimi.....	84
4.3.8. HMF içeriklerinin depolamaya bağlı değişimi	86
4.3.9. Askorbik asit içeriklerinin depolamaya bağlı değişimi	88
5. SONUÇLAR	91
6. KAYNAKLAR	94
7. EKLER.....	111
ÖZGEçMİş	

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Farklı Yöntemlerle Kurutulmuş Kamkatın (*Fortunella margarita* Swing.) Bazı Kalite Özellikleri ve Depolamaya Bağlı Değişimi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

04/09/2019

Demet YILDIZ TURGUT

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece
µg	: Mikrogram
µL	: Mikrolitre
µM	: Mikromolar
µmol	: Mikromol
a _w	: Su aktivitesi
d	: Devir
dk	: Dakika
eV	: Elektrovolt
g	: Gram
GHz	: Gigahertz
H°	: Hue açısı
kcal	: Kilokalori
kg	: Kilogram
kHz	: Kilohertz
kPa	: Kilopaskal
kW	: Kilowatt
m	: Metre
mbar	: Milibar
mg	: Milligram
MHz	: Megahertz
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre

mM	: Milimolar
mmol	: Milimol
nm	: Nanometre
s	: Saniye
W	: Watt
α	: Alfa
β	: Beta

Tezde ondalık yazım kullanımında nokta (.) ondalık ayırıcı kullanılmaktadır.

Kısaltmalar

$^1\text{O}_2$	: Tekli O_2
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
BATEM	: Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
C	: Kroma
CIE	: Uluslararası aydınlatma sistemi (Commission Internationale de l'Eclairage)
CO_2	: Karbondioksit
CoQ10	: Koenzim Q10
D	: Depolama süresi
DGPP	: 3',5'-di-C- β -glukopiranosilfloretin
DNA	: Deoksiribonükleik asit
DPPH	: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
Eİ	: Esmerleşme İndeksi
FRAP	: Demir İyonu İndirgeyici Antioksidan Gücü
GAE	: Gallik asit eşdeğeri
GC-MS	:Gaz kromatografisi-Kütle spektrometresi
H_2O_2	: Hidrojen peroksit

H ₃ PO ₄	: Ortofosforik asit
HMF	: 5-hidroksimetilfurfural
HO [•]	: Hidroksil radikali,
HO ₂ [•]	: Perhidroksil radikali
HOCl	: Hipokloröz asit
HPLC	: Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
HPO ₃	: Metafosforik asit
K	: Kurutma yöntemi
KH ₂ PO ₄	: Potasyum dihidrojen fosfat
km	: Kuru madde
KO	: Kareler Ortalaması
KxD	: Kurutma yöntemi x depolama süresi interaksyonu
LC-MS/MS	: Sıvı kromatografisi-Kütle spektrometresi
MDSHK	: Mikrodalga Destekli Sıcak Hava Kurutma
MeOH	: Metanol
MRM	: Multiple Reaction Monitoring
O ₂ ^{-•}	: Süperoksit radikali,
ORAC	: Oksijen radikali absorban kapasitesi
Ort	: Ortalama
Ö	: Ön işlem
ÖxD	: Ön işlem x depolama süresi interaksyonu
ÖxK	: Ön işlem x kurutma yöntemi interaksyonu
ÖxKxD	: Ön işlem x kurutma yöntemi x depolama süresi interaksyonu
PDA	: Photo-diode array
R [•]	: Alkil radikali
RCOO [•]	: Organik peroksit radikali

RO [•]	: Alkoksil radikali
ROO [•]	: Peroksil radikali
SÇKM	: Suda çözünür kuru madde
SD	: Serbestlik Derecesi
SHK	: Sıcak Hava Kurutma
SO ₂	: Kükürt dioksit
Std	: Standart sapma
TE	: Troloks eşdeğeri
TFM	: Toplam fenolik madde
TRD	: Toplam renk değişimi
US-SHK	: Ultrason Destekli Ozmotik Ön Kurutma Sonrası Sıcak Hava Kurutma
VAR	: Varyasyon Kaynakları
VK	: Vakum kurutma

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Gıdaların Kuruma Eğrisi (Baker 1997)	5
Şekil 2.2. Ozmotik kurutma sırasındaki kütle transfer mekanizması (Us 2006a)	15
Şekil 2.3. Flavonoidlerin temel kimyasal yapısı (Bravo 1998)	22
Şekil 2.4. Kamkatta bulunan başlıca flavonoidlerin kimyasal yapısı; a) apigenin 8-C-neohesperidosid; b) DGPP; c) rhoifolin; d) margariten; e) isomargariten; f) fortunellin; g) ponsirin (Lou ve Ho 2017).....	24
Şekil 3.1. BATEM merkez yerleşkesinde bulunan kamkat parseli ve meyvelerin ağaç üzerindeki görünüşleri	29
Şekil 3.2. Nagami (<i>Fortunella margarita</i> Swing.) kamkat çeşidi	29
Şekil 3.3. a) Kamkat meyvesinin dilimlenmesinde kullanılan dilimleyici; b) Kurutma öncesi kamkat dilimleri.....	30
Şekil 3.4. Kamkat dilimlerine uygulanan haşlama ve süzme işlemleri	30
Şekil 3.5. Ön işlemli ve ön işlemsiz kamkat dilimlerinin kurutma uygulamalarına ait diyagram.....	31
Şekil 3.6. a) Laboratuvar tipi tepsili kurutucu; b) Taze kamkat dilimlerinin kurutma öncesi tepsideki görünümü	32
Şekil 3.7. Sıcak hava kurutma yöntemiyle ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimleri	32
Şekil 3.8. Sıcak hava kurutma yöntemiyle ön işlemli olarak kurutulan kamkat dilimleri	32
Şekil 3.9. a)Vakumlu kurutucu; b) Kamkat dilimlerinin vakumlu kurutucu tepsilerinde yerleşimi	33
Şekil 3.10. Vakum kurutma yöntemiyle ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimleri	33
Şekil 3.11. Vakum kurutma yöntemiyle ön işlemli olarak kurutulan kamkat dilimleri	33
Şekil 3.12. a) Ultrasonik su banyosu; b) Kamkat dilimlerinin ultrason destekli ozmotik kurutulması işlemi.....	34
Şekil 3.13. US-SHK yöntemiyle ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimleri.....	34
Şekil 3.14. US-SHK yöntemiyle ön işlemli olarak kurutulan kamkat dilimleri	34

Şekil 3.15. a) Mikrodalga Fırın; b) Kamkat dilimlerinin MDSHK yöntemiyle kurutulması.....	35
Şekil 3.16. MDSHK yöntemiyle ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimleri.....	35
Şekil 3.17. MDSHK yöntemiyle ön işlemli olarak kurutulan kamkat dilimleri	35
Şekil 3.18. Toplam kuru madde tayini için kullanılan düzenek	37
Şekil 3.19. CIE renk koordinat sistemi (Anonymous 1).....	38
Şekil 3.20. Askorbik asit standardına ait HPLC kromatogramı.....	40
Şekil 3.21. Organik asit standartlarına ait HPLC kromatogramı	42
Şekil 3.22. HMF standardına ait HPLC kromatogramı	42
Şekil 3.23. LC-MS/MS sistemi.....	43
Şekil 3.24. Çalışmada kullanılan standartlara ait MS/MS spektrumları; a) narirutin; b) ponsirin; c) luteolin; d) didymin; e) rhoifolin; f) rutin; g) kuersetin	45
Şekil 4.1. Farklı yöntemlerle ön işlemli ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı a_w değişimi	74
Şekil 4.2. Farklı yöntemlerle ön işlemli ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı L^* değeri değişimi	76
Şekil 4.3. Farklı yöntemlerle ön işlemli ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı a^* değeri değişimi.....	78
Şekil 4.4. Farklı yöntemlerle ön işlemli ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı b^* değeri değişimi	80
Şekil 4.5. Farklı yöntemlerle ön işlemli ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı C değeri değişimi	82
Şekil 4.6. Farklı yöntemlerle ön işlemli ve işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı H° değeri değişimi	83
Şekil 4.7. Farklı yöntemlerle ön işlemli ve işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı TRD değeri değişimi.....	85
Şekil 4.8. Farklı yöntemlerle ön işlemli ve işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı HMF içeriği değişimi.....	87
Şekil 4.9. Farklı yöntemlerle ön işlemli ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı askorbik asit içeriği değişimi	89

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Ön işlemlili ve ön işlemsiz kamkat dilimlerinin kurutulmasında kullanılan yöntemler ve kısaltmaları	31
Çizelge 3.2. LC-MS/MS sisteminde kullanılan standartlara ait parametreler	44
Çizelge 4.1. Araştırmada kullanılan kamkat meyvelerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (ort $\pm$ std)	47
Çizelge 4.2. Ön işlemlili ve ön işlemsiz kamkat dilimlerinin farklı kurutma yöntemleri ile kuruma süreleri	47
Çizelge 4.3. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin toplam kuru madde değerlerine ait varyans analizi sonuçları	48
Çizelge 4.4. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin toplam kuru madde içerikleri (ort $\pm$ std)	48
Çizelge 4.5. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin su aktivitesi değerlerine ait varyans analizi sonuçları	49
Çizelge 4.6. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin su aktivitesi değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları(ort $\pm$ std)	49
Çizelge 4.7. Ön işlemsiz ve ön işlemlili kamkat meyvelerinin (püre halinde) renk değerleri (ort $\pm$ std)	51
Çizelge 4.8. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin L*, a*, b* ve C değerlerine ait varyans analizi sonuçları	51
Çizelge 4.9. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin H°, TRD ve EI değerlerine ait varyans analizi sonuçları	51
Çizelge 4.10. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin renk değerlerine* ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları(ort $\pm$ std)	53
Çizelge 4.11. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin rehidrasyon oranı değerlerine ait varyans analizi sonuçları	54
Çizelge 4.12. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin rehidrasyon oranlarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları(ort $\pm$ std)	55

Çizelge 4.13. Ön işlemsiz ve ön işlemlı kamkat meyvelerinin TFM içerikleri (ort±std).....	56
Çizelge 4.14. Farklı yöntemlerle ön işlemlı ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin TFM içeriklerine ait varyans analiz sonuçları	57
Çizelge 4.15. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlı ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin TFM içeriklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ort±std)	57
Çizelge 4.16. Ön işlemsiz ve ön işlemlı kamkat meyvelerinin toplam karotenoid içerikleri (ort±std)	59
Çizelge 4.17. Farklı yöntemlerle ön işlemlı ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin toplam karotenoid içeriğine ait varyans analizi sonuçları	59
Çizelge 4.18. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlı ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin toplam karotenoid içeriklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ort±std).....	60
Çizelge 4.19. Ön işlemsiz ve ön işlemlı kamkat meyvelerinin askorbik asit içerikleri (ort±std)	61
Çizelge 4.20. Farklı yöntemlerle ön işlemlı ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin askorbik asit değerlerine ait varyans analizi sonuçları	61
Çizelge 4.21. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlı ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin askorbik asit içeriklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ort±std).....	62
Çizelge 4.22. Ön işlemsiz ve ön işlemlı kamkat meyvelerinin IC ₅₀ ve ORAC değerleri (ort±std).....	63
Çizelge 4.23. Farklı yöntemlerle ön işlemlı ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin IC ₅₀ ve ORAC değerlerine ait varyans analizi sonuçları	63
Çizelge 4.24. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlı ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin IC ₅₀ ve ORAC değerlerine* ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ort±std).....	64
Çizelge 4.25. Ön işlemsiz ve ön işlemlı kamkat meyvelerinin organik asit bileşimi (ort±std).....	65
Çizelge 4.26. Farklı yöntemlerle ön işlemlı ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin organik asit bileşimine ait varyans analizi sonuçları	66
Çizelge 4.27. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlı ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin organik asit bileşimine* ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ort±std).....	66

Çizelge 4.28. Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin HMF içeriklerine ait varyans analizi sonuçları	67
Çizelge 4.29. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin HMF içeriklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ort $\pm$ std)	68
Çizelge 4.30. Ön işlemsiz ve ön işlemlili kamkat meyvelerinin flavonoid bileşenleri (ort $\pm$ std)	70
Çizelge 4.31. Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin rutin, kuersetin, rhoifolin ve didymin bileşenlerine ait varyans analizi sonuçları	70
Çizelge 4.32. Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin narirutin, ponsirin ve luteolin bileşenlerine ait varyans analizi sonuçları	70
Çizelge 4.33. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin flavonoid bileşenlerine* ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ort $\pm$ std).....	71
Çizelge 4.34. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca a_w değişimine ait varyans analizi sonuçları	74
Çizelge 4.35. Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresine bağlı olarak a_w değişimine* ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (ort $\pm$ std).....	75
Çizelge 4.36. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca L^* değerlerine ait varyans analizi sonuçları	76
Çizelge 4.37. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresine bağlı olarak L^* değeri değişimine* ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ort $\pm$ std)	77
Çizelge 4.38. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca a^* değerlerine ait varyans analizi sonuçları	77
Çizelge 4.39. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan ön işlemlili ve ön işlemsiz kamkat dilimlerinin depolama süresine bağlı olarak a^* değeri değişimine* ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ort $\pm$ std)	79
Çizelge 4.40. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca b^* değerlerine ait varyans analizi sonuçları	79

Çizelge 4.41. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemli ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresine bağlı olarak b^* değeri değişimine* ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ($ort \pm std$)	80
Çizelge 4.42. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemli ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca C değerlerine ait varyans analizi sonuçları	81
Çizelge 4.43. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemli ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresine bağlı olarak C değeri değişimine* ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ($ort \pm std$)	82
Çizelge 4.44. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan ön işlemli ve ön işlemsiz kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca H° değerlerine ait varyans analizi sonuçları	83
Çizelge 4.45. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemli ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresine bağlı olarak H° değeri değişimine* ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ($ort \pm std$)	84
Çizelge 4.46. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemli ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama boyunca TRD değerlerine ait varyans analizi sonuçları	84
Çizelge 4.47. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemli ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresine bağlı olarak TRD değeri değişimine* ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ($ort \pm std$)	85
Çizelge 4.48. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemli ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca HMF değerlerine ait varyans analizi sonuçları	86
Çizelge 4.49. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemli ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresine bağlı olarak HMF (mg/kg km) içeriklerinin değişimine* ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ($ort \pm std$).....	87
Çizelge 4.50. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemli ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca askorbik asit değerlerine ait varyans analizi sonuçları	88
Çizelge 4.51. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemli ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresine bağlı olarak askorbik asit (mg/100 g km) içeriklerinin değişimine* ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ($ort \pm std$).....	89

1. GİRİŞ

Meyve ve sebzelerin hasattan tüketimine kadar fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesinin korunmasında içerdikleri suyun önemli bir rolü bulunmaktadır. Meyve ve sebzelerin bileşimlerinde yer alan yüksek orandaki (%80-95) su, bu ürünlerin kısa sürede bozulmalarına neden olabilmektedir. Bu nedenle meyve ve sebzeler endüstriyel amaçlı kurutma, dondurma ve konserve gibi çeşitli yöntemlerle muhafaza edilebilmektedir. Bu yöntemler içerisinde kurutma teknolojisi gıda sanayi içerisinde önemli bir yere sahiptir. Kurutma işlemi ile gıdaların bileşiminde bulunan, mikrobiyolojik ve biyokimyasal pek çok reaksiyonun gerçekleşmesine olanak sağlayan serbest su içeriği azaltılmakta, yani gıdaların su aktiviteleri düşürülmekte ve böylece meydana gelebilecek bozulmaların engellenmesi mümkün olabilmektedir (Cemeroğlu vd. 2003; Us 2006a).

Kurutma ile gıdaların dayanıklılığının artırılması yanında, belirli bölgelerde yetiştirilebilen ve dayanma süresi kısa olan meyve ve sebzelerin üretiminin yapılmadığı diğer bölgelerde tüketiciye sunulabilmesi mümkün olmaktadır. Üründe meydana gelen ağırlık ve hacim azalmasından kaynaklanan taşıma, depolama ve paketleme maliyetlerindeki azalmalar kurutma uygulamasının diğer avantajları arasında yer almaktadır. Meyve ve sebzelerdeki hasat sonrası kayıplar kurutma işlemi ile % 70'in üzerinde azaltılabilmektedir. Kurutulmuş gıdalar diğer yöntemlerle muhafaza edilenlerden farklı olarak besin öğeleri açısından yoğunlaştırılmış bir nitelik kazanmıştır. Ayrıca kurutulmuş ürünler doğrudan tüketilmekle beraber hazır çorba, pasta, bebek mamaları gibi farklı gıdalara ilave edilerek değerlendirilebilmektedir (Cemeroğlu vd. 2003; Doymaz 2007; Saçılık 2007; Darvishi vd. 2014).

Epidemiyolojik çalışmalar meyve ve sebze tüketiminin kalp damar hastalıkları, kanser, Alzheimer ve katarakt gibi hastalıkları önlemede etkili olduğunu göstermiştir. Sağlık üzerine olan bu olumlu etkilerin, meyve sebzelerin içerdikleri antioksidan özellikteki fenolikler, karotenoidler, C vitamini, E vitamini ve folik asit gibi biyoaktif bileşenlerden kaynaklandığı vurgulanmaktadır (Rice-Evans vd 1997; Pelli ve Lyly 2003; Huang vd. 2005). İşlenmiş meyve ve sebzelerde taze hallerine göre biyoaktif bileşenlerde kayıplar meydana gelebilmektedir. Son yıllarda değişen tüketici tercihleri ile birlikte gıda işleme endüstrisi daha sağlıklı ve besin değeri yüksek ürünlerin geliştirilmesine yönelmiştir. Dolayısıyla meyve ve sebzelerin işlenmesi ve muhafazasında yeni teknolojiler geliştirilirken, gıda güvenliği, raf ömrünün arttırılması ve duyu özelliklerinin korunması gibi faktörlerin yanında bileşimlerinde yer alan fitokimyasalların korunması hedeflenmektedir. Bu doğrultuda gıdaların işlenmesi, muhafazası ve taşınması sırasında kalite kayıplarını minimuma indirmeye yönelik araştırmalar hız kazanmıştır (Nicolini vd. 1999; Sagar ve Kumar 2010).

Kurutma sırasında, kurutma yöntemi ve koşullarına bağlı olarak meyve ve sebzelerde birçok fiziksel ve kimyasal değişimler meydana gelmekte ve bu olaylar kurutulmuş ürünün renk, yapı, aroma, besin içeriği ve daha birçok kalite özelliklerini etkilemektedir (Vega-Galvez vd. 2009; Demiray ve Tülek 2012). Dolayısıyla kurutma işleminde seçilen parametreler ve kurutma yöntemi ürünün kalite kayıplarını minimize etmeye yönelik olmalıdır (Methakurup vd. 2005). Günümüzde en yaygın kullanılan kurutma yöntemi güneşte kurutma veya doğal kurutmadır. Basit ve ucuz bir yöntem olmasına karşın kurutulmuş üründe fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalite

kayıplarına neden olması gibi olumsuzlukları nedeniyle, endüstriyel kurutma yöntemleri geliştirilmiştir (Cemeroğlu vd. 2003). Bu yöntemlere alternatif olarak güneş enerjili kurutma, tünel ve döner tepsili kurutucularda kurutma, püskürtmeli kurutma, dondurarak kurutma, vakum kurutma, akışkan yatak kurutma, kabin tipi kurutucularda kurutma, mikrodalga kurutma ve radyo frekans destekli kurutmadır (Marques vd. 2006). Geliştirilen kurutma yöntemleriyle daha hijyenik ve standart kalitede ürün elde edilebilmektedir. Aynı zamanda daha az düzeyde renk, tat, yapı ve besin kayıpları meydana gelmektedir (Demiray ve Tülek 2012).

Ülkemizde kurutulmuş meyve üretimi ve ihracatı önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle kurutulmuş incir, üzüm ve kayısı gibi ürünlerin üretiminde dünyada ilk sıralarda yer almaktadır. Ülkemizin 2023 vizyonu doğrultusunda tarım ve gıda alanında en önemli hedeflerinden birisi de gıda işleme yöntem ve süreçlerinin geliştirilmesi ve işlenmiş ürün çeşitliliğini arttırmaktır. Bu doğrultuda ulusal platformlarda yapılan çalışmalarda, kurutulmuş meyve üretimi ve ihracatında ülkemizin dünyadaki payının artırılması, mevcut dış pazarların korunması, kurutulmuş ürün çeşitliliğine giderek sosyoekonomik kalkınmanın sağlanması öngörülmektedir (Anonim 1; Anonim 2).

Ülkemiz, turuncgillerinde dahil olduğu birçok subtropik ve tropik meyvenin yetiştirilmesine olanak sağlayan uygun iklim ve ekolojik koşullara sahiptir. Bu meyvelerden biri olan kamkatın ipek yolu ile Batum'a geldiği, buradan da Doğu Karadeniz ve diğer bölgelere yayıldığı bilinmektedir. Kamkat meyvesi turuncgillerin yetiştirilebildiği iklim koşullarını sağlayan Ege, Akdeniz ve Doğu Karadeniz bölgesinde yetiştirilebilmektedir. Son yıllarda çeşitli tarımsal araştırma kuruluşları ve üniversiteler tarafından kamkat yetiştiriciliği, fidan üretimi ve çeşit geliştirme çalışmalarıyla, ülkemizde bu meyvenin daha fazla tanınması ve üretiminin artırılması hedeflenmektedir. Bunun yanında kamkatın sağlık üzerine olan olumlu etkilerinin anlaşılmasıyla çiftçiler bu bitkinin yetiştirilmesine odaklanmıştır. İlk yıldan itibaren meyve vermeye başlayan kamkat bitkisinden, 4. yılda ağaç başına 15-20 kg ve 7. yılda 40-50 kg meyve alınabilmektedir (Güney vd. 2014; Ünlü 2014).

Kamkat (*Fortunella spp.*) Rutaceae familyasının *Fortunella* cinsine ait bir bitki türüdür. Anavatanı Doğu Asya ve Çin olup, 19. yüzyıl'da Amerika ve Avrupa'ya getirilmiş ve subtropik iklimlere adapte olmuştur. Dünyada Çin, Japonya, Amerika'da yaygın olarak; daha küçük ölçekte Porto Riko, Guatemala, Kolombiya, Brezilya ve Hindistan'ın deniz seviyesindeki bölgelerinde yetiştirilmektedir. Avustralya ve Güney Afrika'da ise sınırlı olarak yetiştirilmektedir (Morton 1987). Kamkat askorbik asit, karotenoidler, uçucu yağlar, diyet lif ve flavonoidler gibi insan sağlığına yararlı fitokimyasallar açısından zengin bir meyvedir (Agócs vd. 2007; Wang vd. 2007; Schirra vd. 2008; Jayaprakasha vd. 2012a; Peng vd. 2013). Yapılan bilimsel çalışmalarla kamkatın antikanser, antienflamatuvar, antioksidan ve antimikrobiyal gibi birçok biyolojik aktiviteye sahip olduğu kanıtlanmıştır (Barreca vd. 2011; Jayaprakasha vd. 2012b; Wang vd. 2012; Tan vd. 2014).

Kamkat meyvesi hasattan sonra hem içerdiği su miktarı hem de yüksek solunum hızı nedeniyle çabuk bozulabilen bir meyvedir ve soğukta muhafaza ömrü ancak birkaç haftadır (Schirra vd. 2008). Bu meyve diğer turuncgil meyvelerine benzemekle birlikte, taze tüketim açısından kabuğu ile birlikte tüketilebilmektedir (Koyasaka ve Bernhard 1983). Taze tüketiminin dışında yetiştiriciliğinin yaygın olarak yapıldığı Çin ve Japonya

gibi Uzak Doğu ülkelerinde şekerleme, reçel, marmelat, likör, şarap ve meyve çayı olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca restoranlarda salata, pasta ve tatlılara koyulmaktadır. Kabuğunda bulunan uçucu yağlar kozmetik, ilaç ve gıda endüstrisinde kullanılmaktadır (Choi 2005; Gölükcü vd. 2011; Wang vd. 2012). Kurutulmuş kamkatın Uzak Doğu ülkelerinde öksürük, boğaz ağrısı ve ses kısıklığı gibi solunum yolu hastalıklarının tedavisinde kullanıldığı bildirilmektedir (Chiu ve Chang 1998).

Yapılan literatür araştırmasında kamkat meyvesi ile ilgili çalışmalar, içeriğindeki antioksidanlar ve bunların ekstraksiyonu ile kabuğunda bulunan uçucu yağ bileşenlerinin araştırılması üzerine yoğunlaşmıştır (Choi 2005; Wang vd. 2007; Wang vd. 2008; Quijano and Pino 2009; Barreca vd. 2011; Wang vd. 2012; Güney vd. 2015; Lou vd. 2016). Bunun dışında kamkatın farklı gıda formülasyonlarında kullanılabilirliği üzerine birkaç araştırma mevcuttur (Mousa vd. 2011; Çakmakçı vd. 2016). Literatürde portakal, limon, mandarin, misket limonu ve greylift gibi turuncu meyvelerinin farklı yöntemlerle kurutulması üzerine çalışmalar olmakla birlikte, kamkatın kurutulmasıyla ilgili konular üzerine sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır (Lou vd. 2015), ancak farklı kurutma yöntemlerinin son ürün kalitesine etkisi ile ilgili kapsamlı bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada, ülkemizde yetiştirilmeye başlayan ve üretimi her geçen gün artan kamkatın farklı yöntemlerle kurutularak atıştırılabilir kamkat kurusu üretimi ve uygulanan yöntemlerin kamkatın bazı fiziksel ve kimyasal kalite özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda kamkat meyveleri dilimlenerek doğrudan ve haşlama ön işleminden sonra sıcak hava ile kurutma, vakum kurutma, ultrason destekli ozmotik ön kurutma sonrası sıcak hava ile tamamlayıcı kurutma ve mikrodalga destekli sıcak hava kurutma olmak üzere 4 farklı kurutma yöntemiyle kurutulmuştur. Uygulanan ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutma yöntemlerinin ürün kalitesi üzerine etkilerini değerlendirebilmek için bu örneklerde ürüne özgü bazı fiziksel ve kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca farklı yöntemlerle kurutulmuş ürünler oda koşullarında 4 ay depolanarak kalite değişimleri açısından incelenmiştir.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Kurutma

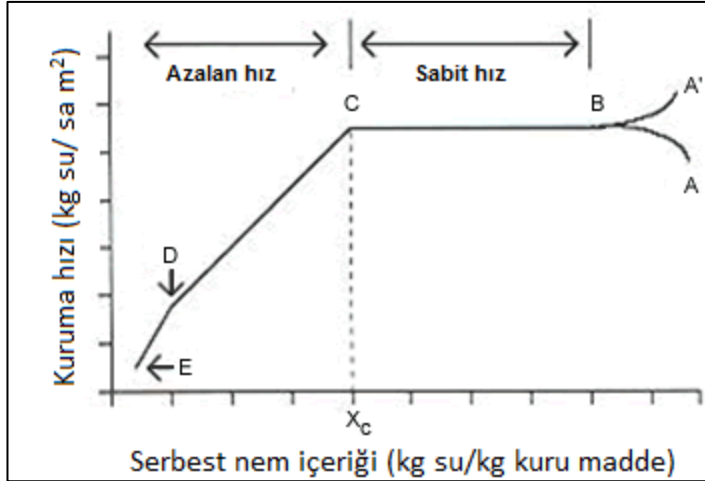
2.1.1. Kurutmanın mekanizması ve kuruma kinetiği

Gıda işleme teknolojisinde önemli bir yer tutan kurutma işlemi, aynı anda gerçekleşen ısı ve kütle aktarımı ile gıdadan suyun uzaklaştırılması işlemidir (Midilli vd. 2002). Termal yöntemlerle yapılan geleneksel kurutma işlemi sırasında gıda sıcak hava ile temas ederek yüzeyden iç kısımlara doğru ısınmaya başlar. Bu sırada yüzeydeki nem uzaklaştıktan sonra iç kısımlardaki nem difüzyon yoluyla yüzeye taşınarak buradan buharlaşır (Krokida vd. 2003). Kurutma işleminde kullanılan havanın sıcaklığı, bağıl nemi, hızı ve akım yönü ısı ve kütle transferini etkileyen en önemli faktörlerdir (Evranoz 1988). Dolayısıyla gıda maddelerinin kuruma kinetiğinin incelenmesinde gıda maddesinin nem içeriği, sıcaklığı, kuruma süresi ve kuruma hızı gibi parametreler arasındaki ilişkiler dikkate alınmaktadır (Yağcıoğlu 1999). Genel olarak kuruma eğrileri deneysel verilerden elde edilen nem içeriklerinin kuruma hızlarına karşı grafiğe geçirilmesiyle oluşturulmaktadır (Okos vd. 2007). Gıdaların kuruma eğrisi Şekil 2.1’de verilmiştir. Gıda maddelerinin kurutulması başlıca 3 evrede gerçekleşmektedir:

1-Isınma periyodu (A-B): Ürünün sıcaklığının artmaya başladığı periyottur. Bu artış kurutma havasının sıcaklığı ile dengeye ulaşmaya kadar sürer. Eğer ürün son sıcaklıktan daha soğuk ise kuruma A noktasından, daha sıcak ise A’ noktasından başlamaktadır. Isınma periyodu genellikle kısadır ve birçok kurutma işleminde ihmal edilmektedir (Barbosa-Canovas and Vega-Mercado 1996; Okos vd. 2007).

2-Sabit hızda kuruma periyodu (B-C): Bu aşamada ürünün yüzeyi ince bir su tabakasıyla kaplıdır ve gıdanın içeriğindeki serbest su, bu tabaka sayesinde kurutma ortamına transfer edilir. Bu aşamada buharlaşma hızı katıdan bağımsızdır. Kuruma hızı sabit bir değerde olup, sadece kullanılan hava hızı, sıcaklığı, toplam basınç ve kısmi buhar basıncı gibi değişkenlerden etkilenmektedir (Okos vd. 2007).

3-Azalan hızda kuruma periyodu (C-D): Sabit hızda kuruma periyodunun sona erdiği C noktası, ürünün yüzeyinde serbestçe buharlaşabilen nemin sona erdiği noktayı belirtir ve bu noktadaki nem miktarına "kritik nem miktarı" denir. Bu noktadan sonra azalan kuruma hızı periyodu başlar. Bu periyod iki aşamada gerçekleşir. D noktasına kadar ürün yüzeyi tamamen kuru hale gelir. D noktasından sonra gıdanın iç kısımlarındaki su, buhar olarak yüzeye taşınarak uzaklaştırılır. Azalan kuruma hızı periyodu, gıdadan uzaklaştırılan su miktarı az olmasına rağmen sabit hızda kuruma periyodundan daha uzun sürer. Azalan kuruma hızı periyodunda kuruma hızı devamlı düşme gösterir (Okos vd. 2007).



Şekil 2.1. Gıdaların Kuruma Eğrisi (Baker 1997)

2.1.2. Kuruma hızını etkileyen faktörler

Kurutulan ürünün bileşimi, nem içeriği yanında kurutma havasının sıcaklığı, akış yönü, hızı ve nemi gibi özellikler ısı ve kütle transferi üzerinde oldukça etkili olup, dolayısıyla kuruma hızını da etkilemektedir (Cemeroğlu vd. 2003).

Şeker ve tuz gibi düşük moleküllü çözülmüş maddelerce zengin bir gıda materyali, bu maddelerce fakir bir gıda materyaline göre daha zor kurumaktadır. Çünkü çözülmüş maddeler suyun buhar basıncını düşürerek, suyun buharlaşmasını güçleştirmektedir. Aynı şekilde, ortamda yağ bulunması kuruma hızını olumsuz etkileyen bir faktördür. Yağın sürekli faz olduğu bir sistemde, yağ damlacıkları su moleküllerinin etrafını sararak, suyun buharlaşmasını sınırlamaktadır. Diğer yandan, katı parçacıklara adsorbsiyonla bağlı olan suyun uzaklaştırılması zor olduğundan, nişasta ve pektin içeren gıda maddelerinin kurutulması da oldukça güçtür. En zor uzaklaştırılan su ise hidrat formundaki kimyasal bağlı sudur. Meyve ve sebzelerde su hem hücre içinde hem de hücreler arasında yer almaktadır. Hücreler arasındaki suyun uzaklaştırılması daha kolaydır. Fakat hücre öldüğü zaman, hücre zarı geçirgenliği artarak, hücre içindeki suyun uzaklaşması kolaylaşır. Haşlama işlemi hücre zarı geçirgenliğini, dolayısıyla kuruma hızını artırır (Cemeroğlu vd. 2003). Bunun yanında kurutulacak gıdanın birim yüzey alanı, şekli ve boyutu da kuruma hızını etkilemektedir. Kuruma hızı, gıdanın yüzey alanı ile doğru, kalınlığı ile ters orantılı olarak değişir (Cemeroğlu ve Acar 1986). Elma dilimlerinin farklı dilim kalınlıklarında (5 ve 9 mm) ve kurutma sıcaklıklarında kurutulması ile ilgili çalışmada kurutma sıcaklıklarının artması ve dilim kalınlıklarının azalması ile kuruma süresinin kısaldığı gözlenmiştir (Saçılık ve Elicin 2006).

Kurutma sıcaklığı ve hava hızı kurutma hızını etkileyen en önemli faktörlerdendir. Kurutma sıcaklığı yükseldikçe gıda maddesindeki suyun buhar basıncı yükselmekte, buharlaşma derecesi artmakta ve dolayısıyla kuruma hızı da artmaktadır (Doymaz ve Aktaş 2018). Kurutma sıcaklığının gereğinden yüksek olması veya çok düşük olması kurutulan ürünün aroma, renk ve besin içeriğinde kayıplara neden olmakta, yığın yoğunluğu ve rehidrasyon kapasitesi gibi özelliklerini olumsuz

etkilemektedir (Darvishi vd. 2014). Genel olarak kurutma hava hızı arttıkça kuruma hızı da artmaktadır. Ancak bu artış belli bir hava hızı sınırına kadar görülmektedir. Kurutma havası hızının belli bir değerin altında olması durumunda ise gıda yüzeyindeki nemin uzaklaştırılması güçleşmektedir (Cemeroğlu ve Acar 1986).

Kivi dilimlerinin 60°C sabit sıcaklıkta 0.5-2 m/s arasında değişen hava hızlarında kurutulması sonucunda, kuruma süresinin hava hızının 1 m/s'ye kadar artan hava hızı ile azaldığı, ancak daha yüksek hava hızlarında kuruma süresinde önemli bir değişim olmadığı gözlenmiştir (Darıcı ve Şen 2011).

Ertekin ve Yıldız (2004) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada patlıcan dilimlerinin sıcak hava ile kurutulmasında kurutma sıcaklığı ve kurutma hava hızının artması ile kuruma süresinin kısaldığı ifade edilmiştir.

Limon dilimlerinin kuruma davranışı ve kütle transfer parametrelerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada limon dilimleri 50, 60 ve 75°C'de kurutulmuş, kurutma sıcaklığındaki artışın kuruma hızı ve kuruma zamanına etkisi önemli bulunmuştur. Kurutma sıcaklığı arttıkça kuruma süresinin kısaldığı gözlenmiştir (Torki Harchegani vd. 2015).

Kurutma ortamının basıncı, suyun buharlaşma sıcaklığı üzerine etki eden diğer bir faktördür. Basıncın düşmesi suyun buharlaşma sıcaklığını düşürmektedir. Böylece belli bir sıcaklıkta ortamın basıncı düştükçe birim zamanda buharlaşan su miktarı da artmaktadır (Yağcıoğlu 1999).

2.1.3. Meyve ve sebzelerin kurutulması sırasında meydana gelen değişiklikler

Kurutma işlemi sırasında ısı ve kütle aktarımının etkisiyle 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). Bu değişiklikler büyük oranda kurutulacak ürünün fiziksel ve kimyasal özellikleri ile kurutma öncesi uygulanan ön işlemler, kurutma koşulları ve kurutma yöntemine bağlıdır (Saravacos 1993; Koca vd. 2007; Rico vd. 2007).

Meyve ve sebzelerde kurutma sırasında çökme, büzülme, çatlama, yapışkanlık, kekleşme, gözenek oluşumu gibi fiziksel değişiklikler meydana gelmektedir (Sagar ve Kumar 2010). Özellikle büzülme gibi yapısal ve hücrel bozukluklar ürünün rehidrasyon kapasitesi, boyut, yapı, renk, tat ve aroma gibi özelliklerini etkilemektedir. Kurutma sırasında büzülmeyi etkileyen faktörler kurutulacak ürünün şekil ve boyutu, hücrel yapısı, gözeneklilik durumu ve kurutma yöntemidir (Nguyen vd. 2018). Meyve ve sebzelerde selülozun kristalizasyonu, pektin degradasyonu ve nişastanın jelatinizasyonu gibi kimyasal değişimler de tekstürel özellikleri etkileyebilmektedir. Kurutmada yüksek sıcaklıklar sert ve camsı dış yüzey ile sonuçlanabilmektedir (Okos vd. 2007).

Kurutulmuş ürün kalitesini etkileyen bir diğer özellik ise rehidrasyon yeteneğidir. Kurutulmuş bir gıda maddesinin rehidrasyon yeteneği, onun suda belli koşullarda bekletilmesi sonucu yeniden su alma kapasitesi ile ilgili bir kavramdır (Cemeroğlu vd. 2003). Kurutulmuş ürünün rehidrasyon yeteneğini kurutma koşulları,

uygulanan ön işlemler ve ürünün yapısal özellikleri gibi birçok faktör etkilemektedir. Kurutma sırasında hidrofilik özelliklerin azalması, kapılar yapının bozulması ve doku bütünlüğünün kaybı ile sonuçlanan geri dönüşsüz hücresel ve yapısal bozukluklar oluşur. Hidrofilik özelliklerin azalması rehidrasyon sırasında, suyun absorblanmasını engelleyerek rehidrasyon yeteneğini olumsuz etkilemektedir (Jayaraman vd. 1990; Krokida ve Maroulis, 2001). Ayrıca kurutmada uygulanan ısı etkisiyle ve kuruma sonucu hücredeki tuzların konsantrasyonuna bağlı olarak proteinler denatüre olmaktadır. Denatüre olan proteinler artık suyu tekrar absorbe etme ve bağlama yeteneğini büyük ölçüde kaybetmektedir. Aynı nedenlerle nişasta ve gam maddeleri de daha az hidrofilik bir nitelik kazanmaktadır. Hücre duvarı da eskisi gibi esnek değildir (Cemeroğlu vd. 2003).

Kurutma gibi muhafaza yöntemleri gıdalardaki su miktarını azaltmayı amaçlamaktadır. Gıdanın su içeriğinin bilinmesi, gıdada bulunan suyun özellikleri ve gıdanın dayanıklılığı konusunda tek başına yeterli değildir. Nitekim aynı nem içeriğine sahip gıdaların dayanıklılıkları farklı olabilmektedir. Bilindiği gibi, gıdaların işlenmesi ve depolanması aşamalarındaki bozulmalar ve kalite kayıpları arasındaki ilişkiler en iyi şekilde su aktivitesi ile ifade edilebilmektedir. Su aktivitesi, gıdadaki suyun yapıya ne şekilde bağlı olduğunu, bazı kimyasal ve enzimatik reaksiyonlarla, mikroorganizmalar tarafından kullanılabilme durumunu ve derecesini belirlemektedir (Us 2007). Termodinamik açıdan incelendiğinde bir gıdanın su aktivitesi (a_w), gıdada bulunan suyun buhar basıncının (P), aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına (P_0) oranı (Mujumdar ve Devahastin 2000) olarak tanımlanmaktadır (Eşitlik 2.1).

$$a_w = \frac{P}{P_0} \quad (2.1)$$

Kurutma işlemi ile birlikte su aktivitesi belli sınırların altına düşürülmektedir. Kurutulmuş meyvelerde genel olarak su aktivitesi değeri 0.60-0.75 arasındadır (Cemeroğlu vd. 2003). Mikroorganizmalar genel olarak su aktivite değeri 0.60'ın altında gelişme olanağı bulamazlar. Patojen bakterilerin faaliyet gösterdikleri su aktivitesi alt sınırı 0.85 iken, birçok maya ve küf 0.62 su aktivite değerinin altında gelişemez (Rahman 2007). Diğer yandan su aktivitesi bazı kimyasal reaksiyonlar üzerinde de etkili bir faktördür. Örneğin su aktivitesi değerinin 0.30 üzerine çıkması enzimatik reaksiyonların artışına neden olmaktadır. Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarından Maillard reaksiyonlarının hızı, su aktivitesi 0.65-0.80 arasında maksimuma ulaşmaktadır (Pala ve Saygı 1983).

Kurutulmuş meyvelerde en önemli değişikliklerden biri de renk esmerleşmesidir. Kurutulmuş ürünün duyusal ve besinsel özelliklerini önemli derecede etkileyen esmerleşme olayı kurutma öncesinde veya sırasında ve depolama aşamasında enzimatik ve enzimatik olmayan reaksiyonlar sonucu oluşmaktadır. Enzimatik esmerleşme reaksiyonlarında fenolik bileşikler ve spesifik oksidasyon enzimleri rol oynamaktadır. Enzimatik esmerleşme reaksiyonlarını etkileyen faktörler uygulanan sıcaklık, pH, su aktivitesi ve gıdanın kimyasal bileşimidir. Kurutma sırasında uygulanan sıcaklık çoğu zaman gıda maddesindeki oksidatif enzimleri inhibe etmeye yetmez. Kurutma öncesi uygulanan haşlama, kükürtdioksit (SO_2) uygulaması, organik asitler ve ozmotik çözeltilere daldırma gibi ön işlemlerle enzimatik esmerleşme reaksiyonlarının kontrolü sağlanabilmektedir. Enzimatik olmayan renk esmerleşmeleri ise Maillard,

karamelizasyon ve askorbik asit oksidasyonu sonucu oluşabilmektedir. Ancak, kurutulmuş gıdalarda görülen enzimatik olmayan esmerleşme daha çok Maillard reaksiyonu ile ilişkilidir. Maillard reaksiyonu genellikle indirgen şekerlerin karbonil grupları ile amino asitler veya proteinlerin amino grupları arasında oluşur. Bu reaksiyonlar kurutulan gıdanın su aktivitesi 0.65-0.70 ve nem içeriği %15-20 nem aralığında en yüksek hıza ulaşır. Bu nedenle kurutma sırasında bu nem aralığı hızlı bir şekilde geçilmelidir (Cemeroğlu vd. 2003; Okos vd. 2007; Wojdyło vd. 2009; López vd. 2010; Sagar ve Kumar 2010). Maillard reaksiyonları sonucu ortaya çıkan ara ürünlerden biri de 5-hidroksimetilfurfuraldır (HMF). Özellikle şeker açısından zengin meyvelerin kurutulması, reçel, marmelat, meyve suyu gibi ürünlere işlenmesi ve depolanması sırasında sıcaklık ve süre gibi faktörlere bağlı olarak HMF oluşmaktadır. Diğer bir deyişle HMF, bu tür ürünlere uygulanan ısıl işlemin şiddetini ve depolama stabilitesini belirleyen bir parametredir (Cemeroğlu 2007).

Kurutma sırasında esmerleşme reaksiyonları sonucu oluşan renk değişimlerinin yanı sıra, meyve ve sebzelerde bulunan karotenoid, antosiyanin gibi renk pigmentlerinin sıcaklık ve oksidasyon etkisiyle kimyasal değişimi sonucu renk kayıpları meydana gelmektedir. Renk kayıpları üzerine kurutma öncesi ön işlemler, kurutma sıcaklığı ve uygulanan kurutma yönteminin etkili olduğu bildirilmiştir (Krokida vd. 1998; Maskan 2001).

Portakal kabuk ve yapraklarının mikrodalga destekli kurutucuda kurutulmasında farklı mikrodalga güçlerinin (100-850 W) ürün rengi, toplam fenol ile su ve yağ tutma kapasitesine etkisinin araştırıldığı çalışmada, 700 W mikrodalga çıkış gücünde yapılan kurutma sonucunda L^* , a^* ve C (kroma) gibi renk parametrelerinde en düşük değerler gözlenmiştir. Bu durumun portakal kabuklarının rengini oluşturan karotenoid ve flavonoidlerin yüksek güçlerde meydana gelen degradasyonundan, ayrıca enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarından kaynaklanabileceği belirtilmiştir. En yüksek renk parametrelerine (L^* , a^* , b^* , C) 600 W mikrodalga çıkış gücü ile yapılan mikrodalga kurutma ile ulaşıldığı sonucuna varılmıştır (Kammoun Bejar vd. 2011).

Akdaş ve Başlar (2014) mandarin dilimlerini sıcak hava fırını ve vakum kurutucuda 55,65 ve 75°C’de kuruttukları çalışmada, L^* , a^* ve b^* değerlerinin taze meyveye göre her iki yöntemde de artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Toplam renk değişimi değerinin 3.73-9.08 arasında değiştiğini saptamışlardır. En fazla renk değişiminin, özellikle de a^* ve b^* değeri değişiminin sıcak hava kurutma yönteminde gerçekleştiğini belirlemişlerdir.

Mikrodalga-konvektif kurutma kombinasyonunun (180, 360, 540 ve 720 W-22°C-1 m/s) limon dilimlerinin kuruma karakteristikleri ve renk üzerine etkileri araştırılmıştır. Mikrodalga çıkış güç seviyelerinin artışıyla L^* , b^* ve hue açısı değerlerinin arttığı, a^* değerinin azaldığı tespit edilmiştir (Darvishi vd. 2014).

Yapılan bir çalışmada mandarinler farklı oranlarda hazırlanan ozmotik çözeltilere (sükröz/gliserol) daldırıldıktan sonra mikrodalga vakum kurutma yöntemiyle kurutulmuşlar ve kurutma sonrası meyveler renk, β -karoten ve sertlik gibi parametreler açısından incelenmiştir. Kurutma sonrası meyvelerin L^* değeri 48.34-55.34, C değeri 46.31-50.66, hue açısı değeri 60.67-62.67, β -karoten içeriği 55.77-1104 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ve sertlik değeri 0.22-0.52 N arasında değişmiştir. Mikrodalga çıkış gücündeki artış ürünün

sertliğinde herhangi bir etki yaratmazken, kuruma hızının artmasına, ozmotik çözeltideki gliserol oranının artışıyla birlikte β -karoten kaybının azalmasına ve dolayısıyla L^* değerinin azalmasına neden olmuştur (Therdthai vd. 2011).

Portakalların kurutulmasında sıcak hava ile kurutma, mikrodalga ile kurutma ve mikrodalga/sıcak hava kombinasyonu kurutma yöntemlerinin kullanıldığı çalışmada en yüksek L^* ve b^* değeri (46.19 ve 41.50) mikrodalga/sıcak hava kombinasyonunun kullanıldığı yöntemde tespit edilmiştir (De Pilli vd. 2008).

Limon kabukları 40, 50 and 60°C'de kurutulmuş, örnek renginin başlangıç durumundan farkını ortaya koyan TRD değerinin (%35) en düşük 40°C'de 296 dk kurutma ile sağlandığı tespit edilmiştir (Ghanem Romdhane vd. 2015).

Meyve ve sebzelerde tat ve aromaya katkıda bulunan uçucu bileşiklerin kaynama noktası sudan daha düşük olduğu için, uçucu bileşiklerin büyük bir kısmı kurutma sırasında kayba uğrayabilmektedir (Okos vd. 2007). Kamal vd. (2011) tarafından farklı kurutma yöntemlerinin turuncgil kabuklarının uçucu yağ miktarı ve bileşenlerini etkilediği belirlenmiştir. Bir diğer çalışmada misket limonu yapraklarının sıcak hava kurutma, düşük nispi nemli hava ile kurutma ve far-infrared kurutma yöntemleri ile kurutulması sonucu sitronellal gibi uçucu bileşenlerde taze yapraklara göre artış gözlenmiştir (Raksakantong vd. 2012).

Kurutma işlemi genellikle sıcaklık ve oksidasyona duyarlı biyoaktif bileşenlerde değişimlere neden olabilmektedir. Park vd. (2006), Trabzon hurması meyvelerinin güneşte ve kabin tipi kurutucuda kurutulması (60°C) sonucu biyoaktif bileşenlerin değişimini incelemişlerdir. Toplam polifenol içeriğinin ve toplam radikal süpürücü aktivitenin taze meyvede kurutulmuş ürünlerden daha yüksek olduğunu, ancak diyet lif, mineral madde ve iz element açısından taze meyve ve kurutulmuş ürünler arasında önemli bir fark olmadığını rapor etmişlerdir.

Citrus japonica var. margarita çeşidine ait olgunlaşmamış kamkatlarda kurutma işleminin flavonoid kompozisyonuna etkisini araştırdığı çalışmada, 0.5 cm olarak dilimlenen meyveler 110°C ve 130°C'de 0.5, 1, 1.5 ve 2 saat, 150°C'de ise 1.5 saat kurutulmuştur. DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikali süpürme aktivitesi tüm kurutma sıcaklıkları ve sürelerinde taze meyveye göre artış göstermiştir. En belirgin artış 130°C'de 1.5 saat kurutma süresinde ve 150°C'de 1.5 saat kurutma sonrası gözlenmiştir. ORAC (Oksijen radikali absorpsiyon kapasitesi) değeri de DPPH radikali süpürme aktivitesine benzer şekilde 130 ve 150°C'de 1.5 saat kurutma sonrası belirgin artış göstermiştir. Toplam fenolik içeriği tüm kurutma sıcaklıkları ve sürelerinde taze meyveye göre artış göstermiştir. 130°C'de 1.5 saat kurutma sonrasındaki artış önemli bulunmuştur. 110°C'de 2 saatlik kurutma prosesinde rhoifolin ve DGPP (3',5'-di-C- β -glukopiranosilfloretin) içeriğinde taze meyveye göre önemli bir değişiklik olmamasına rağmen, margariten, isomargariten, fortunellin, apigenin 8-C-neohesperidosid ve ponsirin içeriğinde 0.5 saatlik kurutma sonrasında artış gözlenmiş ve diğer kurutma sürelerindeki artışlar önemsiz bulunmuştur. Bu durum olgunlaşmamış kamkatta bulunan C-glikozit flavonoidlerin ısıya karşı daha dirençli olmasıyla açıklanmıştır. 130°C'de kurutma prosesinde ise 1.5 saat kurutma sonrasında DGPP ve ponsirin içeriği taze meyveye göre önemli miktarda azalmıştır. Öte yandan ilk 1 saat sonunda margariten, isomargariten, fortunellin, apigenin 8-C-neohesperidosid ve ponsirin içeriği artış

göstermiş, ancak 1.5 saat kurutma sonrası bu bileşenlerde azalma meydana gelmiştir. 150°C’de 1.5 saat kurutma sonrası ise tüm flavonoid bileşenlerinde azalış gözlenmiştir.

Chen vd. (2011), portakal (*Citrus sinensis* L. Osbeck) kabuklarının farklı kurutma sıcaklıklarında (50, 60, 70, 80, 90 ve 100°C) kurutma işleminin flavonoid ve fenolik asit içeriği ile antioksidan aktiviteye etkilerini incelemişlerdir. Toplam fenolik madde içeriği 37.89-65.72 mg GAE/g, flavonoid içeriği 10.46-13.79 mg CE/g arasında belirlenmiş olup, toplam fenolik ve flavonoid madde içeriğinin düşük sıcaklıklarda azaldığı (50-60°C), yüksek sıcaklıklarda (70, 80, 90, 100°C) ise arttığı gözlenmiştir. DPPH ve ABTS yöntemiyle belirlenen antioksidan aktivite değerlerinin ise düşük sıcaklıklarda arttığı, yüksek sıcaklıklarda ise azaldığı, demir (II) şelatlama aktivitesinin ise 100 °C’de artış gösterdiği belirlenmiştir. 100°C’deki kurutma prosesinde fenolik asitler ve flavonoid değerlerinin taze meyveye ve diğer kurutma sıcaklıklarına göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum düşük molekül ağırlıklı fenolik maddelerin sıcaklıkla birlikte serbest forma geçmesi ile açıklanmıştır.

Limon kabuklarının farklı sıcaklıklarda (40, 50 ve 60°C) kurutulmasının bazı kalite parametreleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada 60°C’ de kurutulan limon kabuklarında fenolik ve flavonoid kaybının diğer sıcaklıklara kıyasla daha az olduğu tespit edilmiştir (Ghanem Romdhane vd. 2015).

Akdaş ve Başlar (2014) mandarin dilimlerini sıcak hava akımlı fırın tipi kurutucu ve vakum kurutucuda 55, 65 ve 75°C’de kurutarak, biyoaktif bileşenlerin degradasyonunu incelemişlerdir. Vakum altında daha hızlı kurutma olmasına rağmen toplam fenolik ve flavonoid degradasyonu artmıştır. Fırında kurutmada C vitamini degradasyonunun vakum kurutmaya göre iki kat fazla olduğu, antioksidan kapasitenin düşük sıcaklıklarda daha fazla korunduğu belirlenmiştir.

Kuljarachanan vd. (2009), misket limonu kabuğu posasının haşlama ve kurutma işlemleriyle C vitamini, toplam fenolik madde, limonin, nomilin ve antioksidan kapasitesinde meydana gelen değişimi araştırmışlardır. Haşlama işlemiyle besinsel öğelerde ve antioksidan aktivitede azalma belirlemişlerdir. Kurutma işleminde limonin ve nomilin içeriğinde kurutmanın ilk aşamalarında artış, daha sonra ise azalma belirlemişlerdir. Kurutma ile C vitamini, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitenin azaldığı gözlenmiştir.

Kabuk, pulp ve çekirdekten oluşan limon posası infrared kurutma (50-75°C), konvektif kurutma (50-75°C), mikrodalga kurutma (90-350 W) ve sıcak hava-mikrodalga kombinasyonu (90 W/50°C; 90 W/75°C) olmak üzere 4 farklı yöntemle kurutulmuş ve kuruma kinetiği, fizikokimyasal ve antioksidan özellikler bakımından incelenmiştir. Kuruma süreleri 27 dk (mikrodalga kurutma- 350 W) ile 480 dk (infrared kurutma- 50°C) arasında değişmiştir. Sıcak hava- mikrodalga kombinasyonu (90W-75°C) ve 75°C’de yapılan konvektif kurutmada fenolik ve flavonoid kaybı daha az olmuştur. 75°C’de yapılan infrared kurutma en yüksek su ve yağ tutma kapasitesi ve radikal süpürücü aktiviteye neden olurken, ürünlerin rengi sıcak hava-mikrodalga kombinasyonu (90 W/50°C) sonrası korunmuştur (M’hiri vd. 2018).

Farklı kurutma metotlarının olgunlaşmamış turuncgil meyvelerinin fitokimyasal özellikleri ve antioksidan aktivitelere etkilerinin araştırıldığı çalışmada 0.5 cm

kalınlığında silindirik olarak kesilen meyveler güneşte, hava kurutmalı fırında 60°C’de 2 m/s hava hızında %60 nisbi nemde 10 saat ve -50°C’de 10 kPa basınçta 12 saat dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulmuştur. Dondurarak kurutmanın fenolik bileşikler, sinefrin ve antioksidanlar; sıcak hava ile kurutmanın flavonoidler; her üç kurutma yönteminin de limonoidler üzerinde olumlu etkileri olduğu belirtilmiştir (Sun vd. 2015).

Güneş enerjili, mikrodalga ve sıcak hava ile kurutma yöntemlerinin farklı turuncgil meyvelerinin kabuklarındaki askorbik asit, β -karoten ve flavonoid gibi biyoaktif bileşenler üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, tüm kurutma yöntemlerinin biyoaktif bileşenlerde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Ancak uygulanan kurutma yöntemleri arasında mikrodalga kurutma yönteminin biyoaktif bileşenlerin korunması açısından en iyi yöntem olduğu belirlenmiştir (Abou-Arab vd. 2016).

2.1.4. Meyve ve sebzelere kurutma öncesi uygulanan ön işlemler

Meyve ve sebzelerin kurutulmasında türlere göre değişebilmekle birlikte genel olarak yıkama, kabuk soyma, bölme, dilimleme, doğrama gibi ön işlemler uygulanmaktadır (Cemeroğlu vd. 2003). Bunun dışında kuruma süresini kısaltmak, enzim inaktivasyonu, istenmeyen renk değişimlerini önlemek amacıyla meyve ve sebzeler haşlama, ozmotik uygulama, kükürtleme, askorbik asit ve sitrik asit gibi solusyonlara daldırma, tuzlama, alkali çözeltilere daldırma, etil oleat uygulaması gibi birçok farklı ön işleme tabi tutulabilmektedir (Lewicki 1998; Abano ve Sam-Amoah 2011). Bunların arasında haşlama işlemi kurutma öncesi yaygın kullanılan ön işlemlerden biridir. Haşlama işlemi sıcak suda haşlama, mikrodalga haşlama, buharda haşlama ve infrared haşlama gibi farklı yöntemlerle gerçekleştirilmekle birlikte, günümüzde ticari olarak en fazla kullanılan haşlama yöntemi sıcak su ile haşlama yöntemidir. Tipik olarak bu işlem materyalin 70-100°C’deki sıcak suya birkaç dakika daldırılma işlemidir (Wang vd. 2017). Haşlama işleminin en önemli amaçları meyve ve sebzelerde bulunan peroksidaz ve polifenoloksidaz gibi enzimlerin inaktivasyonunu sağlayarak muhtemel enzimatik bozulma reaksiyonlarını önlemek, mikrobiyal yükü azaltmak ve renk ve aromada istenmeyen değişimlerin engellenmesidir. Bunlara ek olarak uygun bir haşlama işlemi kurutma prosesi sırasında nem transferini sağlayan yüzeysel mikro düzeyde çatlakların oluşumunu sağlamakta ve kurutma prosesini kısaltmaktadır (Lewicki, 1998; Krokida ve Maurolis 2000; Gonzalez-Fesler vd. 2008; Wang vd. 2017). Diğer yandan bu yöntem fazla suya ihtiyaç duyulması ve enerji tüketimi açısından bazı dezavantajlara sahiptir. Haşlama işlemi hücre duvarının şişerek membranların hasar görmesi ve hücrelerarası boşlukların büzülmesi gibi yapısal değişikliklere neden olabilmektedir. Bunun yanında vitaminler, aroma maddeleri, mineraller, karbonhidratlar, şekerler ve proteinler gibi suda çözünebilir besin maddeleri bitki dokularından haşlama suyuna geçebilmekte ve dolayısıyla son üründe besin kayıpları meydana gelebilmektedir (Gonzalez-Fesler vd. 2008; Gonçalves vd. 2010; Wang vd. 2017).

Pitaya meyvesinin kabuklarından diyet lifce zengin toz üretimi için meyveler sıcak suda haşlanarak ve haşlanmadan farklı kurutma sıcaklıklarında kurutulmuştur. Haşlanarak kurutulan örneklerin hiçbir işlem uygulanmadan kurutulan örneklerle göre kuruma süreleri tüm sıcaklık derecelerinde kısalmıştır. Haşlama ön işlemi yapılarak 60 ve 70°C kurutma sıcaklıklarında yapılan kurutma işlemi, antosiyanin ve betasiyanin

içeriğinde ön işlemsiz örneklerle göre azalmaya neden olmuştur. Haşlama işlemi ile birlikte taze örneklerle göre L değeri düşmüş, sarılık azalmıştır. Meyveye kırmızı ve sarı rengini veren pigmentlerin suda çözünerek kayba uğradığı sonucuna varılmıştır. (Sengkhamparn vd. 2013).

90°C'deki suda 2 dk haşlama işlemi ve ardından farklı kurutma sıcaklıkları (50, 60 ve 70°C) ile yapılan kurutma işleminin Trabzon hurması meyvelerinde askorbik asit, toplam fenolik, β -karoten ve antioksidan aktivitede azalmaya neden olduğu, ancak diyet lif açısından haşlanmadan kurutulan örneklerle göre yüksek değerlere neden olduğu belirlenmiştir (Akter vd. 2010).

Sıcak suda ve buharda haşlama uygulaması ve farklı kurutma yöntemlerinin acı kabak ve kırmızıbiberin fizikokimyasal özelliklerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, sıcak suda haşlama uygulaması ile birlikte uygulanan güneş enerjili kurutma işleminin, buharda haşlama uygulaması ile yapılan kurutma işlemine göre flavonoid, fenolik ve klorofilde daha az degradasyona neden olduğu tespit edilmiştir (Mehta vd 2017).

Ön işlem olarak sitrik asit/askorbik asit solüsyonuna daldırma ve kurutma uygulamalarının elma posasının fiziksel ve antioksidan özelliklerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada ön işlemin taze örneklerle göre renk özellikleri ile toplam fenolik ve toplam flavonoid içeriğini önemli oranda koruduğu saptanmıştır. Kurutma işleminin ise ön işlemlili ve ön işlemsiz örneklerin toplam fenolik ve toplam flavonoid içeriğini azalttığı belirlenmiştir (Heras-Ramirez vd. 2012).

Kurutma öncesi etil oleat ve suda haşlama uygulaması yapılarak 65°C'de vakum kurutma yöntemiyle kurutulan dağ çileği meyvelerinde, etil oleat uygulamasının haşlama uygulamasına göre kuruma süresini kısalttığı, daha yüksek β -karoten ağartma aktivitesi ve daha düşük HMF içeriğine neden olduğu belirlenmiştir. Ayrıca etil oleat uygulamasının renk özelliklerini koruduğu sonucuna varılmıştır (Orak vd. 2011).

Turunçgillerde kurutma öncesi haşlama işlemi enzim inaktivasyonunun yanında limonoid ve acı flavonoidler gibi acılık bileşenlerinin azaltılması amacıyla uygulanmaktadır (Kuljarachanan vd. 2009; Wuttiapalakorn vd. 2009; Peerajit vd. 2012). Turunçgil meyveleri ve ürünlerinde limonoidler ve flavonoidler olmak üzere iki tip acılık etmeni bulunmaktadır. Limonoidler triterpenoid metabolizmasının ara ürünleridir. Acılık bileşeni olarak limonin ve nomilin limonoid grubunda yer almaktadır (Aksay ve Ünal 2002). Flavonoidler turunçgil meyvelerinde glikozit veya aglikon formunda bulunmaktadır. Glikozit formundaki flavonoidlerde, şekerler genellikle aglikon kısmında C-3 ya da C-7 pozisyonundaki hidroksil grubuna bağlıdır. Turunçgil meyvelerinde bol miktarda bulunan flavanonlar bu meyvelerdeki tipik tattan sorumludur. Flavanon glikozitler kimyasal yapılarına göre rutinoidler ve neohesperidosidler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Rutinoidler (hesperidin, narirutin ve didymin) C-7 pozisyonuna rutinozun bağlı olduğu kimyasal yapıya sahiptir ve tatsızdırlar. Neohesperidosidler ise C-7 pozisyonuna neohesperidoz bağlıdır ve bu bileşikler acı tada sahiptirler. Narinjin, neohesperidin, ponsirin ve neoeriositrin turunçgil meyvelerinde bulunan acı tattan sorumlu neohesperidosidlerdir. Narinjin ve ponsirin flavanonlar içerisinde en acı olanlardır. Bunları sırasıyla neohesperidin ve neoeriositrin takip etmektedir (Zhang 2007; Igual 2011).

Neohesperidin turunç, üç yapraklı (trifoliate orange) ve ponderosa limonlarında bulunur. Özellikle turunçların karakteristik acılığında rolü olan neohesperidin alkol ve suda çözünebilen bir bileşiktir. Molekül esasına göre hazırlanan çözeltileri karşılaştırıldığında neohesperidinin acılığı naringinin 1/10' u kadardır (Altan 1983). Diğer bir acı flavanon glikozit olan ponsirin üç yapraklı ile altıntopların kabuğunda ve meyve suyunda bulunur. Altıntop suyunda bulunan ponsirin içeriği narinjinin ancak 1/5'i kadar olup altıntop acılığında önemli bir etmen olarak sayılmamaktadır. Narinjin ise altıntop, pummela, turunç ve üç yapraklıda bulunmaktadır (Altan 1983).

Wuttipalakorn vd. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada misket limonu kabuk posaları 95°C'de 5 dk haşlama işleminin ardından farklı konsantrasyonlardaki etanol solüsyonlarına 30 dk süre ile daldırılmış ve farklı kurutma sıcaklıklarında sıcak hava kurutma yöntemi ile kurutulmuştur. Haşlama işlemi ile birlikte L ve b değerinde azalış, a değerinde ise artış gözlenmiştir. Bu durum klorofillerin haşlama suyuna geçişiyle açıklanmıştır. Limonin içeriğinin ön işlem olarak yüksek etanol konsantrasyonlarının uygulandığı ve yüksek sıcaklıklarda kurutulan örneklerde en düşük seviyeye düştüğü belirlenmiştir. Haşlama ve etanol kombinasyonlarının son üründe su tutma ve şişme özelliklerini geliştirdiği ifade edilmiştir.

Turunç meyve kabuklarında haşlama işleminin flavanona ve mikroyapıya etkisinin araştırıldığı çalışmada, 95°C'de 10 dk ve 85°C'de 60 dk suda haşlama işleminin turunç kabuklarındaki acı flavanonları (naringin, neohesperidin ve neoeriositrin) %38 ve %48 oranında azalttığını tespit etmişlerdir (Zid vd. 2015).

Farklı turunçgil kabuklarının farklı yöntemlerle marmelata işlenmesinin araştırıldığı çalışmada, acılık giderme amacıyla 90°C'de 15 dk yapılan suda haşlama işleminin kabuklarda toplam fenolik içeriğinde %67-77 kayba neden olduğu tespit edilmiştir. Fenoliklerin suda çözünebilme özelliğinden dolayı haşlama suyuna geçtiği ifade edilmiştir (Yoshikawa vd. 2006).

Turgut vd. (2016) tarafından farklı haşlama ve suda bekletme uygulamaları ile yapılan acılık giderme yöntemlerinin turunç kabuğu reçelinin toplam fenolik madde ve flavonoid içeriği üzerine olan etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda toplam fenolik, flavonoid, narinjin ve neohesperidin miktarlarında hammaddeye göre reçel örneklerinde sırasıyla %86.78-96.70, %87.24-95.56, %76.70-97.04 ve %24.29-95.89 azalma gerçekleştiği tespit edilmiştir.

2.1.5. Başlıca meyve ve sebze kurutma yöntemleri

2.1.5.1. Güneşte kurutma

Meyve ve sebzelerin güneşte kurutulması en eski ve yaygın yöntemlerden biri olup, ülkemizin belli bölgelerinde kayısı ve üzüm gibi meyvelerin kurutulmasında geniş oranda uygulanmaktadır. Ancak bu yöntemde kurutma prosesinin kontrolü sınırlı olduğundan, her zaman aynı ve yüksek kalitede ürün elde edilememektedir (Chen vd. 2005). Ayrıca her yerde ve her zaman güneş ısısından faydalanarak kurutmanın mümkün olmaması, geniş alanlara gereksinim duyulması, kuruma süresinin oldukça uzun olması, ürünün böcek vb. dış etkilere maruz kalması, mikrobiyal kontaminasyon gibi olumsuzluklara sahiptir. Bu nedenlerle güneşte kurutmaya alternatif olarak

endüstriyel kurutma sistemlerinin önemi daha da artmıştır (Cohen ve Yang 1995; Cemeroğlu vd. 2003; Erbay ve Küçüköner 2008).

2.1.5.2. Sıcak hava ile kurutma

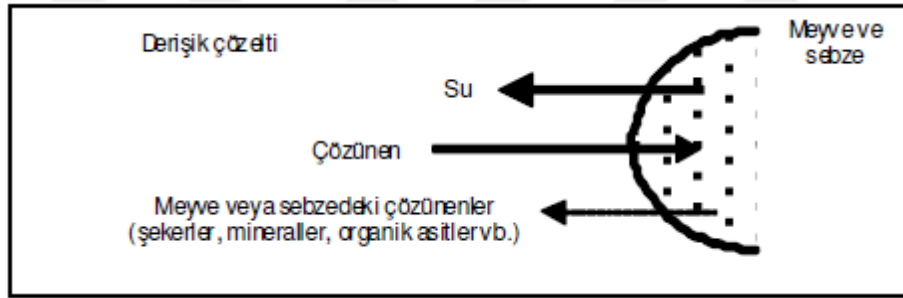
Meyve ve sebzelerin kurutulmasında kullanılan en yaygın yöntemlerden biri olan sıcak hava kurutma yöntemi genellikle basit ve ekonomik bir metottur. Bu yöntemde ürüne ısı transferi konveksiyon yoluyla aktarılır. Bu yöntemde kuruma süresini belirleyen ana etmenler gıdanın boyutu ve şekli, kurutma havasının sıcaklığı, hızı ve nemi ile kurutucu ekipmanın dizaynıdır (Beaudry vd. 2004). Sıcak hava ile kurutmada en yaygın kullanılan kurutucular kabin tipi kurutuculardır. Kurutulacak meyve ve sebzeler alt tarafı ızgara şeklinde bir tür tepsi olan kerevetlere yerleştirilir. Kerevetler kurutma kabine alınır. Sıcak hava, kabinin yan duvarlarından girerek kerevetler arasından geçer ve belli bir kanaldan dışarı atılır (Yağcıoğlu 1999). Bu yöntemde kurutma işleminin hızı diğer yapay kurutma yöntemlerine göre biraz daha uzun olabilmektedir (Beaudry vd. 2004). Ayrıca bu yöntemle kurutmada ürünün besin bileşenlerinde kayıplar, renk kayıpları, sertleşme ve büzüşme gibi kalite özelliklerinde değişimler meydana gelebilmektedir (Di Scala ve Crapista 2008).

2.1.5.3. Vakum kurutma

Vakum kurutma yöntemi ısıya duyarlı meyve ve sebzelerin daha düşük sıcaklıklarda hızlı bir şekilde kurumasını sağlamak amacıyla geliştirilmiştir (Arevalo-Pinedo ve Murr 2007). Atmosferik koşullarda yapılan diğer kurutma yöntemlerine göre, bu yöntem daha düşük kurutma sıcaklığı ve oksijensiz ortamda kurutma gibi bazı özelliklere sahiptir. Kurutma sırasında ortamda hava bulunmadığı için oksidasyon reaksiyonları azalmakta ve vakum kurutucularda kurutulmuş olan ürünlerde renk, tekstür ve aroma özellikleri daha iyi korunabilmektedir (Erbay ve Küçüköner 2008; Şahin vd. 2012). Vakum kurutma yönteminde ürüne ısı kondüksiyonla ve genellikle 50-100 mbar kısmi basınçla aktarılmakta ve ürünün sıcaklığı kolay bir şekilde kontrol edilebilmektedir (Karam vd. 2016; Michalska vd. 2016). Vakum kurutma sırasında su molekülleri yüzeye doğru yayılarak vakum bölmesi içerisinde buharlaşır. Kurutma bölmesinde kısmi vakum işlemi ürün yüzeyindeki su buharı konsantrasyonunu azaltır (Karam vd. 2016). Ancak bu yöntemde dış basınca dayanıklı sağlam ve sızdırmaz bir vakum bölmesi ile vakum sağlayacak düzeneklere gereksinim duyulduğundan vakum kurutucular oldukça pahalı sistemlerdir. Bu nedenle kurutulacak ürünün neminin önce sıcak havalı bir kurutucuda %20-25 seviyelerine indirilmesi ve daha sonra vakum kurutma yöntemi ile istenilen nem düzeyine getirilmesi daha ekonomik bir uygulama olabilir. Ayrıca vakum kurutma yönteminde kurutulmuş ürünün büzülme oranı diğer yöntemlere göre nispeten yüksektir (Beaudry vd. 2004; Saldamlı ve Saldamlı 2004; Nawirska vd. 2009). Günümüzde gıda endüstrisinde vakum kurutma yöntemi mikrodalga ve dondurarak kurutma gibi farklı tekniklerle birlikte kullanılmaktadır (Karam vd. 2016).

2.1.5.4. Ozmotik kurutma

Ozmotik kurutma kurutma öncesi uygulanan bir ön işlem olarak bilinmektedir. Bu yöntem meyve ve sebzelerin bütün veya parçalar halinde hipertonic bir ozmotik çözelti içerisinde daldırılması temeline dayanan, ürünlerdeki suyun kısmen uzaklaştırılması işlemidir. Suyun uzaklaştırılması için itici güç, meyve ve ozmotik çözelti arasındaki ozmotik basınç farkı olup, burada materyalin kompleks hücresel yapısı yarı geçirgen bir membran gibi davranır (Fernandes vd. 2008). Ozmotik basınçtaki farkın etkisiyle, hücre zarı yoluyla gıdadan ozmotik çözeltiye su, ozmotik çözeltiden de gıdaya çözünmüş madde geçişi gerçekleşir. Dolayısıyla uygulama “su ve çözünmüş madde difüzyonu” olarak kabul edilebilir (Cemeroğlu vd. 2003). Bu karşılıklı difüzyon işlemi çözelti ve hücre içindeki su aktivite değerleri eşit oluncaya kadar devam eder (Lenart ve Flink 1984). Ozmotik dehidrasyonda gıda maddesinden çözeltiye su geçişi, çözeltiden gıda maddesine katı geçişi ve gıda maddesinden çözeltiye çözünen madde geçişi olmak üzere üç çeşit kütle aktarımı (Şekil 2.2) mevcuttur (Park vd. 2002). İşlem sırasında gerçekleşen su ve çözünür madde difüzyonu; su kaybı, kuru madde kazanımı ve ağırlık azalışı değerlerinin saptanmasıyla belirlenmektedir (Chavan and Amarowicz 2012).



Şekil 2.2. Ozmotik kurutma sırasındaki kütle transfer mekanizması (Us 2006a)

Ozmotik kurutmada ozmotik ajan olarak genellikle tuz, glukoz, sakkaroz, fruktoz, nişasta, mısır şurubu, gliserol ve bitki hidrojenasyon kolloidleri kullanılmaktadır (Pan vd. 2003). Meyvelerin ozmotik dehidrasyon işleminde ise yaygın olarak 30-70 Brix aralığında şeker çözeltisi ve 30-60°C arasındaki sıcaklıklar kullanılmaktadır (Udomkun vd. 2015). Ozmotik dehidrasyonu etkileyen başlıca faktörler gıda maddesinin çeşidi, olgunluk durumu ve dokusal özellikleri, gıda maddesine uygulanan ön işlemler (haşlama, dondurma vb.), gıda maddesi ozmotik çözelti oranı, ozmotik çözeltinin çeşidi ve konsantrasyonu, işlem süresince kullanılan sıcaklık, süre ve çalkalamadır (Us 2006b; Lertworasirikul ve Saetan 2010; Chavan ve Amarowicz 2012). Ozmotik geçişten sorumlu hücre zarı seçici geçirgen olmadığı için gıdadan ozmotik çözeltiye organik asit, şeker, vitamin, mineral madde gibi suda çözünen küçük molekül ağırlıklı maddeler geçebilmektedir. Bu durum gıda maddesinin besinsel ve organoleptik özelliklerini etkilemektedir (Chavan ve Amarowicz 2012).

Ozmotik dehidrasyonda ürün nemi ancak belli sınırlara kadar düşürülmektedir. Bu nedenle ozmotik kurutma, sıcak hava ile kurutma, dondurarak kurutma, mikrodalga kurutma, dondurma, konserveleme gibi işlemlerden önce bir ön işlem olarak kullanılmaktadır. İşlem sıcaklığının düşük olması (30-50°C) sayesinde duyuusal özellikleri daha üstün ve besin değeri daha yüksek kurutulmuş gıda üretimi mümkün

olabilmektedir. Ayrıca ozmotik kurutma, konvektif kurutma ve dondurarak kurutmaya göre daha düşük enerji gereksinimi olan bir işlem olarak kabul edilmektedir (Sagar ve Kumar 2010; Eroğlu ve Yıldız 2011).

Ozmotik dehidrasyon sırasında kütle transfer hızı genellikle düşüktür. Kütle transfer hızının artırılması amacıyla ozmotik dehidrasyon işlemi ile birlikte kısmi vakum, ultra yüksek hidrostatik basınç, yüksek yoğunluklu vurgulu elektriksel alan, mikrodalga, süperkritik CO₂, merkezkaç kuvveti ve ultrason gibi teknikler uygulanabilmektedir (Sagar ve Kumar 2010).

Ultrason destekli ozmotik kurutma son yıllarda üzerinde en çok çalışılan konulardandır. Ultrason, frekansı 20 kHz den 100 kHz'e kadar değişen ses dalgaları olarak tanımlanmaktadır (Nowacka vd. 2018). Ultrasonik dalgalar bir süngerin sıkıştırılıp serbest bırakılması gibi materyalin içinde bir dizi sıkıştırma ve genleşmeye neden olur. Bu mekanizma ile oluşan etkinin, suyu materyalin içinde tutan yüzey geriliminden daha büyük bir kuvvet oluşturması sonucunda meydana gelen mikroskobik kanallar sayesinde suyun uzaklaştırılması kolaylaşmaktadır. Buna ek olarak ultrason enerjisinin oluşturduğu kavitasyonun da materyalden suyun uzaklaştırılmasına katkısı olduğu düşünülmektedir (Fernandes vd. 2008).

Ultrason destekli ozmotik kurutma prosesi düşük çözelti sıcaklıklarında çalışmaya olanak sağlarken, aynı zamanda yüksek su kaybı ve katı kazanımı sağlamakta ve kurutulan gıda materyalinin doğal lezzet, renk ve ısıya duyarlı bileşenlerinin de muhafazasını sağlamaktadır (Topdaş ve Ertugay 2013). Yapılan bir çalışmada kayısı meyveleri 25, 50 ve 70 Briks'lik sakkaroz çözeltilerinde, meyve:çözelti oranı 1:4 olacak şekilde 30°C sıcaklıkta ve farklı işlem sürelerinde (20, 40, 60, 80 ve 100 dk) ultrason destekli ve tek başına ozmotik kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Ultrason destekli ozmotik kurutma işleminin tek başına uygulanan ozmotik kurutma işlemine göre tüm konsantrasyonlarda su kaybı, şeker kazanımı ve ağırlık kaybı değerleri üzerine önemli düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir (Topdaş ve Ertugay 2013).

2.1.5.5. Dondurarak kurutma

Dondurarak kurutma işlemi, gıdada bulunan suyun süblimasyon yoluyla uzaklaştırılması ilkesine dayanmaktadır. Kurutulacak materyal önce -20°C değerlerine kadar dondurulmakta, ardından vakum altında veya atmosferik basınçta donmuş suyun sıvı fazı atlayarak doğrudan buhar fazına geçmesi (süblimleşme) sağlanmaktadır. Daha sonra kalan donmamış bağlı su kurutulmuş ürün gözeneklerinden taşınarak uzaklaştırılır (Ratti 2001; Sadıkoğlu ve Özdemir 2003; Karam vd. 2016).

Liyofilizasyon olarak da bilinen dondurarak kurutma yüksek kaliteli ürünlerin elde edilmesinde kullanılan ideal bir yöntemdir. Dondurarak kurutma yönteminde işlemin düşük sıcaklıklarda ve oksijensiz ortamda gerçekleşmesi nedeniyle bozulma reaksiyonları en aza indirilmekte ve diğer kurutma yöntemlerine göre tat, aroma, renk, rehidrasyon özellikleri, tekstürel özellikler, vitaminler ve diğer besin öğeleri açısından üstün kalitede ürün elde edilebilmektedir (Ratti 2001; Sagar ve Kumar 2010; Karam vd. 2016).

2.1.5.6. Mikrodalga kurutma

Mikrodalgalar, elektromanyetik spektrumda dalga boyları 1 mm ile 1m ve frekansları 300 MHz ile 300 GHz arasında değişen elektromanyetik dalgalar (Rattanadecho ve Makul 2016). Gıda ürünlerinin kurutulmasında 14, 27-56, 12-40, 68-896, 915 ve 2450 MHz frekanslı mikrodalgalar kullanılabilirken mikrodalga fırınlarda 2450 MHz frekanslı dalgalar kullanılmaktadır (Yoğurtçu 2014).

Sıcak hava ile kurutma gibi geleneksel kurutma yöntemlerinde ısı kurutulan gıda maddesinin yüzeyinden iç kısımlara doğru kademeli olarak iletilmektedir. Böylece gıda maddesinin yüzeyi iç kısımlardan daha önce kurumakta, yüzeyde oluşan sert tabaka ısının iç kısımlara, iç kısımlardaki nemin yüzey dışına transferini engellemektedir. Mikrodalga ile kurutma yönteminde ise geleneksel kurutma yöntemlerinden farklı olarak, doğrudan ürün bünyesindeki su molekülleri hedef alınarak seçici bir ısıtma yapılmaktadır. Ürün içerisindeki nem çok kısa sürede ısınarak buharlaşmakta ve iç ve dış ortamda oluşan buhar basıncı farkı nedeniyle nem transferi içten dışa doğru olmaktadır. Bunun yanında, kurutulan materyalin bünyesindeki suyun çok hızlı ısınması sonucu oluşan buhar basıncı nedeniyle, hücre zarı gözenek boyutu artarak nem difüzyonu daha kolay gerçekleşmekte ve kuruma hızı artmaktadır. Ancak sabit yatırım masraflarının yüksek olması, daha etkin emniyet tedbirlerini gerektirmesi, şekil ve kalite açısından homojen bir kurutma sağlamaması bu yöntemin dezavantajlarındandır. (Soysal vd. 2009; Karaaslan 2012).

Mikrodalga ile kurutma yönteminin etkinliğinin artırılması amacıyla, bu yöntem sıcak hava, vakum, dondurarak ve ozmotik kurutma yöntemleri ile birlikte kullanılabilir. Bu yöntemlerden mikrodalga destekli sıcak hava kurutma yöntemi gıda endüstrisinde kurutma süresini kısaltması, gıda kalite özelliklerini geliştirmesi ve dokularda büzülmeyi önlemesi açısından yaygın olarak tercih edilmektedir (Karam vd. 2016). Mikrodalga destekli sıcak hava ile kurutma yönteminde, sıcak hava ile kurutmanın ürünün fiziksel, kimyasal ve duyu özelliklerinde meydana getirdiği istenmeyen değişikliklerin önüne geçilebilmektedir (Karaaslan 2012).

2.2. Kamkat

Turunçgillerin küçük mücevheri olarak nitelendirilen, Çince'de cumquat veya comquot olarak hecelenen ve altın portakal (gold orange) anlamına gelen kamkat, Japonca'da kin kan veya kin kit, İngilizce'de kumquat olarak adlandırılmaktadır. Güneydoğu Asya ve Brezilya'da ise kin, kin kuit, kuit xu, chu tsu, chantu, kunquat, laranjade ouro, dos orientais gibi isimlerle bilinmektedir. Kamkatın dünyaya Çin'den yayıldığına inanılmaktadır. İlk kez milattan sonra 1178'de Çin literatüründe tanımlanmıştır. 1646'da bir Avrupalı yazar, bu meyvenin, 22 yıldır Çin'de çalışan Portekizli bir misyoner tarafından kendisine tanıtıldığını belirtmiştir. 1712'de ise kamkat, Japonya'da yetiştirilen bitkiler listesine dahil edilmiştir. Hong Kong ve Çin'de araştırmalar yapmak üzere görevlendirilen Robert Fortune isimli bir botanikçi; İngiltere'ye geri dönüşünde kamkatı ilk kez Avrupalılara tanıtmıştır. 1915 yılına kadar *Citrus* cinsinde yer alan kamkat, daha sonra Dr. Walter T. Swingle tarafından 6 türü içine alan *Fortunella* cinsine dahil edilmiştir (Morton 1987).

Kamkat ağacı yavaş gelişen, herdem yeşil, 2.5-4.5 m arası boylanabilen, yoğun bir dal yapısına sahip ve seyrek dikenlidir. Dallar açık yeşildir ve genç dallar köşelidir. Yaprakları koyu parlak yeşil, birbiri ardını izleyen mızrak şeklinde, 3.25-8.6 cm uzunluğundadır. Güzel kokulu, beş parçalı beyaz çiçekleri vardır. Meyveleri yuvarlak veya oval, 1.6-4 cm genişliğindedir. Meyve kabuklarının rengi çeşide göre altın sarısından kırmızımsı turuncuya kadar değişebilmektedir (Morton 1987). Kamkatın pulp kısmı oldukça ekşidir. Kabuk kısmı ise terpenoidler ve flavonoidler nedeniyle tipik bir aromaya sahip olup, tatlıdır. Bu nedenle kamkat meyvesi diğer turuncgillerden farklı olarak kabuğu ile birlikte tüketilebilmektedir (Koyasaka ve Bernhard 1983).

Kamkat turuncgillerin yetiştiği bütün bölgelerde süs bitkisi olarak saksıda veya meyve bahçesi olarak arazide yetiştirilebilmektedir. Her ne kadar -5°C'ye kadar dayanabilse de 0°C'nin altındaki sıcaklıklarda zarar görebilmektedir. Ülkemizde özellikle Doğu Karadeniz, Ege ve Akdeniz bölgesi sahil şeridi açık arazide kamkat yetiştiriciliği için uygun koşulları sağlayabilmektedir. Diğer bölgelerde ise sıcaklığın 0°C'nin altına düşmediği ışık alan mekânlarda saksı içerisinde yetiştirilebilmektedir. Kamkat, Troyer ve Carizo sitranjları ile Volkameriana gibi farklı turuncgil anaçları üzerine aşılansarak üretilebilmektedir. Toprak isteği açısından pH'sı 5.5-6.5, taban suyu olmayan, iyi drenajlı, tınlı, derin topraklar tercih edilmelidir (Ünlü 2015).

Kamkat beslenme açısından değerlendirildiğinde çeşit ve yetiştirme koşullarına göre değişmekle birlikte 100 g meyvede 71 kcal enerji, 1.88 g protein, 0.86 g yağ, 15.90 g karbonhidrat, 6.59 g lif ve 0.52 g kül bulunmaktadır. Minerallerden kalsiyum, potasyum ve magnezyum açısından zengindir (Anonim 3). Beslenme açısından öneminin yanında flavonoidler, karotenoidler, askorbik asit, uçucu yağ gibi sağlık açısından yararlı antioksidanları da içermektedir (Wang vd. 2012).

Kamkatın dünya üzerinde bilinen en yaygın çeşitleri "Hong Kong" (*F. Hindsii* Swing.), "Marumi" (*F. japonica* Swing., syn. *Citrus maduremis* Lour.), "Meiwa" (*F. crassifolia* Swing.), "Nagami" (*F. margarita* Swing.) olarak belirtilmiştir (Morton 1987).

Fortunella margarita- Nagami veya Oval Kamkat: Dünyada ve Türkiye'de en yaygın olarak yetiştirilen kamkat çeşididir. Botanikçi Robert Fortune'nin Avrupa'ya getirdiği kamkat çeşidinin "Nagami" olduğu bilinmektedir. Ağaç 4 metre yüksekliğe kadar büyür. İç mekanlarda mayıs sonu, dış mekanlarda haziran sonunda çiçeklenmeye başlar ve ağustos sonuna kadar birkaç kez çiçeklenebilir. Oval meyveleri 4-5 cm uzunluğunda, 2-3 cm eninde, çiçeklenmeden hemen sonra yeşil, zamanla portakal sarısı rengini alır. Turuncgiller içinde soğuğa en dayanıklı türlerdendir. Gerek süs bitkisi, gerek meyve ağacı olarak yetiştirilebilmektedir. Bu çeşit ülkemizde Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü (BATEM) adına tescillenmiştir.

Fortunella hindsii- Hong Kong: Hong Kong'da doğal olarak bulunan bir türdür. 1.5-2 cm çapında yuvarlak meyvelidir. Çinliler tarafından yenilmekle birlikte, bu çok dikenli bitki, diğer ülkelerde yalnızca saksıda süs bitkisi olarak yetiştirilmektedir.

Fortunella japonica- Marumi veya Yuvarlak Kamkat: Meyveleri 1.5-2 cm çapında, yuvarlaktır. Ağaç 2.5-3 m yüksekliğe kadar ulaşabilir. Nagami' ye benzemekle birlikte, ondan daha fazla dikenlidir.

Fortunella crassifolia- Meiwa veya Büyük Yuvarlak Kamkat: Yuvarlak meyveleri 4 cm çapında, portakal sarısı renktedir ve birkaç çekirdek içerir. Bu bodur ağacın dalları dikensiz veya çok küçük dikenlidir. Kamkat çeşitleri içerisinde meyvesi taze olarak tüketime uygun olan çeşitlerdendir.

2.2.1. Kamkatın kimyasal özellikleri

Kamkatın bileşimi ile ilgili yapılan çalışmalarda kamkatın kimyasal özelliklerinin çeşide, yetiştirildiği bölgeye, olgunluğa, iklim ve diğer ekolojik faktörlere göre değiştiği belirlenmiştir.

Schirra vd. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada *Fortunalle japonica* Lour. Swingle kamkat çeşidinde suda çözünür kuru madde (SÇKM) 15.70° Bx, titrasyon asitliği 3 g/100 g, glukoz 2.68 g/100 g, früktoz 2.44 g/100 g, sakkaroz 5.65 g/100 g, toplam şeker 10.79 g/100 g olarak saptanmıştır.

Allam vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada kamkatın (*Fortunella margarita*) bütün, pulp ve kabuk kısımlarının nem içeriği sırasıyla %77.24, 72.68 ve 77.23, protein içeriği %6.01, 3.66 ve 7.68, yağ içeriği %12.21, 8.45 ve 7.36, diyet lif içeriği %25.57, 24.26 ve 22.04, kül içeriği %3.17, 2.97 ve 3.43 ve karbonhidrat içeriği %53.04, 60.66 ve 59.49 olarak belirlenmiştir.

Kamkatın reçele işlenmesi ile ilgili bir çalışmada, “Nagami” çeşidi kamkatın SÇKM içeriği 12.25 °Bx, pH 2.98, titrasyon asitliği %2.05, toplam kuru madde içeriği %15.90, toplam kül içeriği ise %0.44 olarak belirlenmiştir. Aynı çalışmada kamkatın kalsiyum, potasyum ve magnezyum gibi mineral maddeleri önemli oranda içerdiği tespit edilmiştir (Yıldız Turgut vd. 2015).

Turunçgil kabuk yağları gıda kozmetik, eczacılık, parfümeri ve kimya endüstrisi gibi pek çok alanda geniş bir kullanım alanına sahiptir (Turhan vd. 2006). Turunçgil kabuklarındaki uçucu yağların kumarinler, flavonoidler, karotenler ve uçucu bileşenler gibi biyoaktif bileşenlerin zengin bir kaynağı olduğu bildirilmektedir (Mondello vd. 2005). Kamkat kabuğu da diğer turunçgiller gibi önemli oranda yağ içermektedir. Schirra vd. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada *Fortunalle japonica* Lour. Swingle kamkat çeşidinde kabuk uçucu yağ miktarı %0.18 olarak belirlenmiştir. Bir diğer çalışmada kamkatın flavedo kısmından hidrodistilasyon yoluyla elde edilen uçucu yağ oranı %1.2 olarak belirlenmiştir (Quijano ve Pino 2009). Kamkat uçucu yağının bileşiminde yer alan alkoller, ketonlar, asitler ve esterlerin, meyvenin karakteristik tat ve aromasına katkıda bulunmasının yanı sıra insan sağlığına da yararlı etkileri olduğu ifade edilmektedir (Schirra vd. 2008). Kamkat kabuk yağının bileşimi çeşide ve ekstraksiyon yöntemine göre değişmekle birlikte, kabuk uçucu yağının ana bileşeninin limonen olduğu farklı çalışmalarda rapor edilmiştir. Bu konuda yapılan ilk çalışmada Bernhard ve Scrubis (1961) buhar distilasyonu ile elde edilen kamkat uçucu yağında α -pinen, mirisen, terpen esterleri, aldehitler, ketonlar ve serbest alkollerin bulunduğunu tespit etmişlerdir. En yüksek miktarda bulunan uçucu bileşenin ise limonen olduğu belirlenmiştir. Koyasako ve Bernard (1983) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise kamkat uçucu yağında 71 bileşen tespit edilmiş olup, en yüksek miktarda bulunan bileşenin %93 oran ile limonen olduğu belirlenmiştir.

Choi (2005) tarafından, Kore’de yetişen *Fortunella japonica* Swingle çeşidine ait kamkat kabuklarından soğuk pres yöntemiyle elde edilen yağda GC ve GC-MS (Gaz kromatografisi-Kütle spektrometresi) ile toplam 82 bileşen tanımlanmıştır. Kamkat kabuk yağındaki majör uçucu bileşenlerin limonen (%93.73), mirisen (%1.84) ve etil asetat (%1.13) olduğu tespit edilmiştir. Limonen oranının mandarin, misket limonu, limon, portakal gibi turunçgil kabuk yağlarındaki limonen oranından daha fazla olduğu belirtilmiştir. Kamkat kabuk yağının karakteristik aromasının sitronellil asetatın kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Wang vd. (2012) tarafından *Fortunella crassifolia* çeşidine ait kamkat kabuğundan hidrodistilasyon yöntemiyle elde edilen uçucu yağda GC-MS ile toplam 25 bileşen tespit edilmiştir. Elde edilen uçucu yağın Gram-negatif (*E. coli*, *S. typhimurium*) ve Gram-pozitif (*S. aureus*, *B. cereus*, *B. subtilis*, *L. bulgaricus*, *B. laterosporus*) bakterilere karşı antimikrobiyal etkili, ayrıca *Candida albicans*’a karşı antifungal etkili olduğu tespit edilmiştir.

Güney vd. (2014) tarafından 5 farklı kamkat çeşidinde (*Fortunella margarita* (Lour.) Swingle, *F. crassifolia* Swingle, *F. obovata* Hort. ex Tanaka, *F. hindsii* [Champ. ex Benth.] Swingle ve limequat [*Citrus aurantifolia* × *F. japonica* (Thumb.)]) GC-MS/headspeace tekniğiyle 20 adet terpen, 5 adet aldehit, 8 adet alkol, 5 adet ester, 1 adet keton ve aminler olmak üzere 39 adet uçucu aroma bileşeni belirlenmiştir. En yüksek miktarda bulunan bileşenin D-limonen (%67.78-88.72) olduğu ortaya konmuştur.

Turunçgiller karotenoidlerin önemli bir kaynağıdır. Karotenoidler, turunçgil meyvelerinin kabuk ve suyunun renginden sorumlu renk pigmentleridir (Fanciullino vd. 2006). Epidemiyolojik çalışmalar karotenoidce zengin meyve sebze tüketiminin kanser, kalp damar hastalıkları ve göz hastalıkları riskini azalttığını bildirmektedir. Karotenoidlerin insan sağlığı açısından başlıca fonksiyonu A vitaminin ön maddesi olmasıdır. 40’dan fazla karotenoidin A vitaminin ön maddesi olduğu bilinmektedir. Turunçgillerde ise A vitaminin ön maddesi olan 16 adet karotenoid belirlenmiştir. Bununla birlikte en yaygınları β -karoten, β -kriptoksantin, α -karotendir (Silalahi 2002). Karotenoidler renk ve provitamin A fonksiyonunun yanında güçlü bir antioksidan aktiviteye de sahiptir. Karotenoidler singlet oksijen molekülünü ($^1O_2$) baskılayarak ve zararlı serbest radikalleri elimine etmek suretiyle antioksidan etki gösterirler (Zou vd. 2016).

Turunçgil çeşitlerinde kabuk ve pulp kısımlarının karotenoid içerikleri farklılık göstermektedir. Agócs vd. (2007) tarafından altı farklı turunçgil türünün karotenoid içerikleri üzerine yapılan çalışmada, turunçgillerin kabuk kısmında en fazla bulunan karotenoid bileşenlerinin violaksantin (%8-33), β -sitraurin (%11-28) ve β -kriptoksantin (%3-23); pulp kısımlarında ise β -kriptoksantin (%4.3-30.6) ve lutein (%5.7-14.9) olduğu tespit edilmiştir. Aynı çalışmada kamkatın kabuk kısmında β -sitraurin (%16.6), violaksantin (%16.9) ve β -kriptoksantin (%11.4), pulp kısmında ise β -kriptoksantin (%26.4), lutein (%10.6) ve mutatoksanin (%5.7) başlıca karotenoid bileşenleri olarak belirlenmiştir. Ayrıca kamkatın kabuk kısmının karotenoid içeriğinin pulp kısmına göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Wang vd. (2007), tarafından yapılan çalışmada kamkatta tespit edilen başlıca karotenoidlerin β -kriptoksantin (1.83 $\mu\text{g/g}$), β -karoten (1.31 $\mu\text{g/g}$), lutein (0.099 $\mu\text{g/g}$), zeaksantin (0.104 $\mu\text{g/g}$) olduğu tespit edilmiştir. Kamkatta toplam karotenoid içeriği 0.105 mg/g olarak belirlenmiştir. Farklı turuncgil çeşitlerinin de yer aldığı bir diğer çalışmada, kamkatın kabuk kısmının toplam karotenoid içeriği 0.737 mg/g olarak saptanmış, karotenoid bileşenleri ise β -kriptoksantin 37 $\mu\text{g/g}$, β -karoten 2.79 $\mu\text{g/g}$, lutein 36.4 $\mu\text{g/g}$, zeaksantin 36.4 $\mu\text{g/g}$ olarak tespit edilmiştir. Kamkat kabuğunun β -karoten dışındaki karotenoid bileşikleri diğer turuncgil meyvelerinden daha fazla içerdiği belirlenmiştir (Wang vd. 2008).

Fortunalle japonica Lour. Swingle kamkat çeşidinde yapılan bir çalışmada meyvede karotenoid bileşenlerinden β -karoten 0.33 mg/100 g, β -kriptoksantin 0.26 mg/100 g, lutein 0.44 mg/100 g, zeaksantin 0.24 mg/100 g, toplam karotenoid içeriği ise 1.27 mg/100 g olarak tespit edilmiştir (Schirra vd. 2008).

Turuncgillerde yüksek oranda bulunan askorbik asit, suda çözünebilen önemli bir antioksidandır (Silalahi 2002). Turuncgil meyveleri çeşide ve yetiştirildiği bölgeye göre değişmekle birlikte 21.3-83 mg/100 g askorbik asit içermektedir. Askorbik asit içeriği kabuk kısmında pulp kısmına oranla daha fazladır (Lee ve Kader 2000; Liu vd. 2012). Turuncgil meyvelerinin antioksidan potansiyelinin %40-54'ünün askorbik asitten kaynaklandığı rapor edilmiştir (Turner ve Burri 2013). Aralarında "Nagami" çeşidi kamkatın da yer aldığı, 21 farklı turuncgil çeşidinin pulp ekstraktlarının polifenolik kompozisyonu, C vitamini ve antioksidan aktivitesinin incelendiği çalışmada kamkatın en yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu, portakal, mandarin ve limon gibi turuncgillerden daha fazla C vitamini (>500 $\mu\text{g/mL}$) içeriğine sahip olduğu ortaya konmuştur (Ramful vd. 2011).

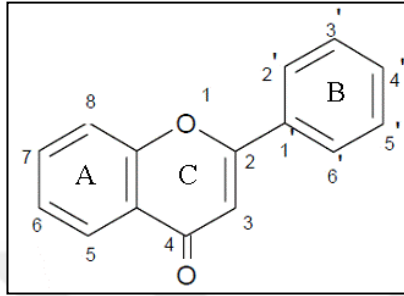
Wang vd. (2007), 8 turuncgil çeşidinde biyoaktif bileşiklerin düzeylerini belirledikleri çalışmada; askorbik asit içeriklerinin 5.97 mg/g ile 12.5 mg/g arasında değiştiği belirlenmiştir. Araştırmada en yüksek askorbik asit içeriği Tonkan çeşidinde, en düşük ise Liucheng çeşidinde bulunmuştur. Kamkatta ise askorbik asit içeriği 6.77 mg/g olarak saptanmıştır.

13 farklı tropikal meyvenin C vitamini içeriklerinin belirlendiği bir çalışmada kamkatın C vitamini içeriği 55.29 mg/100 g bulunmuştur. Aynı çalışmada C vitamini içeriği limonda 51.30 mg/100 g, portakalda ise 49.80 mg/100 g olarak tespit edilmiştir (Vinci vd. 1995).

Fenolik bileşikler yapısal olarak bir aromatik halka, bu halkaya bağlı bir veya daha fazla hidroksil gruba sahip sekonder metabolitlerdir ve bitkiler aleminde bulunan fitokimyasalların en yaygın grubunu oluşturmaktadırlar. Fenolik bileşikler meyve ve sebzelerde tat ve renk gibi özelliklere katkıda bulunmasının yanı sıra, bitkilerin büyüme ve gelişmesi, patojen ve yırtıcılara karşı korunmasında önemli rol oynamaktadırlar (Balasundram vd. 2006). Meyve ve sebzeler fenolik bileşiklerin önemli bir kaynağıdır ve yüksek miktarda meyve ve sebze tüketiminin insan sağlığına olumlu etkileri olduğu bildirilmiştir. Fenolik bileşikler doğal antioksidanlar olup, antioksidan etkilerinin, serbest radikalleri tutma, hidrojen veya elektron verme, singlet oksijeni tutma, diğer antioksidanlarla reaksiyona girme, metal iyonlarını bağlama veya süperoksit anyonu

için uygun substrat oluşturma gibi değişik mekanizmalardan kaynaklandığı düşünülmektedir (Rice-Evans vd. 1997; El vd. 1999; Balasundram vd. 2006).

Fenolik bileşikler içerisinde yer alan flavonoidler, 15 karbon atomu içeren, iki aromatik halka (A ve B) ve bir heterosiklik halkadan (C) oluşan $C_6-C_3-C_6$ yapısındaki (Şekil 2.3) düşük molekül ağırlıklı bileşiklerdir. Bitkilerde genellikle glikozit türevleri halinde bulunmalarının yanı sıra aglikon şeklinde de bulunabilirler (Bravo 1998; Balasundram vd. 2006).



Şekil 2.3. Flavonoidlerin temel kimyasal yapısı (Bravo 1998)

Flavonoidler turuncgil meyvelerinde bulunan fenolik bileşenlerin en yaygın grubunu oluşturmaktadır (Hunlun vd. 2017). Turuncgillerde bulunan flavonoidlerin dört tipinin [flavanonlar, flavonlar, flavanoller ve antosiyaninler (kan portakalı)] 60'tan fazla çeşidi tanımlanmıştır (Benavente-Garcia vd. 1997). Turuncgil meyveleri yüksek oranda flavonoid içermektedir. Olgun meyvelerin toplam flavonoid konsantrasyonunun %30-50'sinin albedoda, %30-50'sinin göbek ve pulpta, %10-20'sinin flavedoda olduğu belirlenmiştir. Meyve suyunda ise bu oran %1-5 düzeyinde bulunmaktadır. Turuncgillerde bulunan başlıca flavonoidler flavanon glikozitleri ve polimetoksilleşmiş flavonlardır (Bocco vd. 1998). Turuncgillerde en yaygın flavonoid glikozitleri narirutin, naringin, hesperidin, neohesperidin, didymin ve ponsirin; polimetoksile flavonlar ise sinensetin, hexametoksiflavon, nobiletin, skutellarein, heptametoksiflavon ve tangeretindir (Baghurst 2003).

Kamkat fenolikler, özellikle de flavonoidler açısından zengin bir meyvedir. Kamkatın bütün meyve, kabuk ve pulp kısımlarının fenolik ve flavonoid içeriğinin araştırıldığı bir çalışmada, kurutulmuş olarak hazırlanan ekstraktlarda kamkatın pulp kısmının en yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip olduğu (0.406 mg gallik asit eşdeğeri/g kuru ağırlık), bütün kamkatın ise en yüksek flavonoid içeriğine sahip olduğu (0.0068 mg kuersetin eşdeğeri/g kuru ağırlık) tespit edilmiştir (Allam vd. 2015).

Kamkatın flavonoid bileşimi üzerine yapılan çalışmalarda, diğer turuncgil meyvelerinden farklı olarak kamkatın dihidrokalkonlar ve C-glikozit flavonoidler açısından zengin olduğu bildirilmiştir (Lou ve Ho 2017). İlk olarak, 1958 yılında Matsuno tarafından yapılan bir çalışmada asasetin-7-O-neohesperidosid (fortunellin) adlı O-glikozit flavon kamkattan izole edilerek, uzun yıllar kamkatın major flavonoidi olarak tanımlanmıştır (Matsuno 1958). Daha sonra Kumomato vd. (1985) tarafından kamkatın kabuk kısmının sıcak su ekstraktlarında 6,8-di-C-glukozilapigenin, 3,6-di-C-glukozilasasetin, 2''-O- α -L-ramnosil-4'-O-metilviteksin, 2''-O- α -L-ramnosil-4'-O-metilzoviteksin, 2''-O- α -L-ramnosilviteksin, 2''-O- α -L-ramnosilorientin, 2''-O- α -L-

ramnosil-4'-O-metilorientin ve ponsirin olmak üzere 8 adet flavonoid glikozit belirlenmiştir.

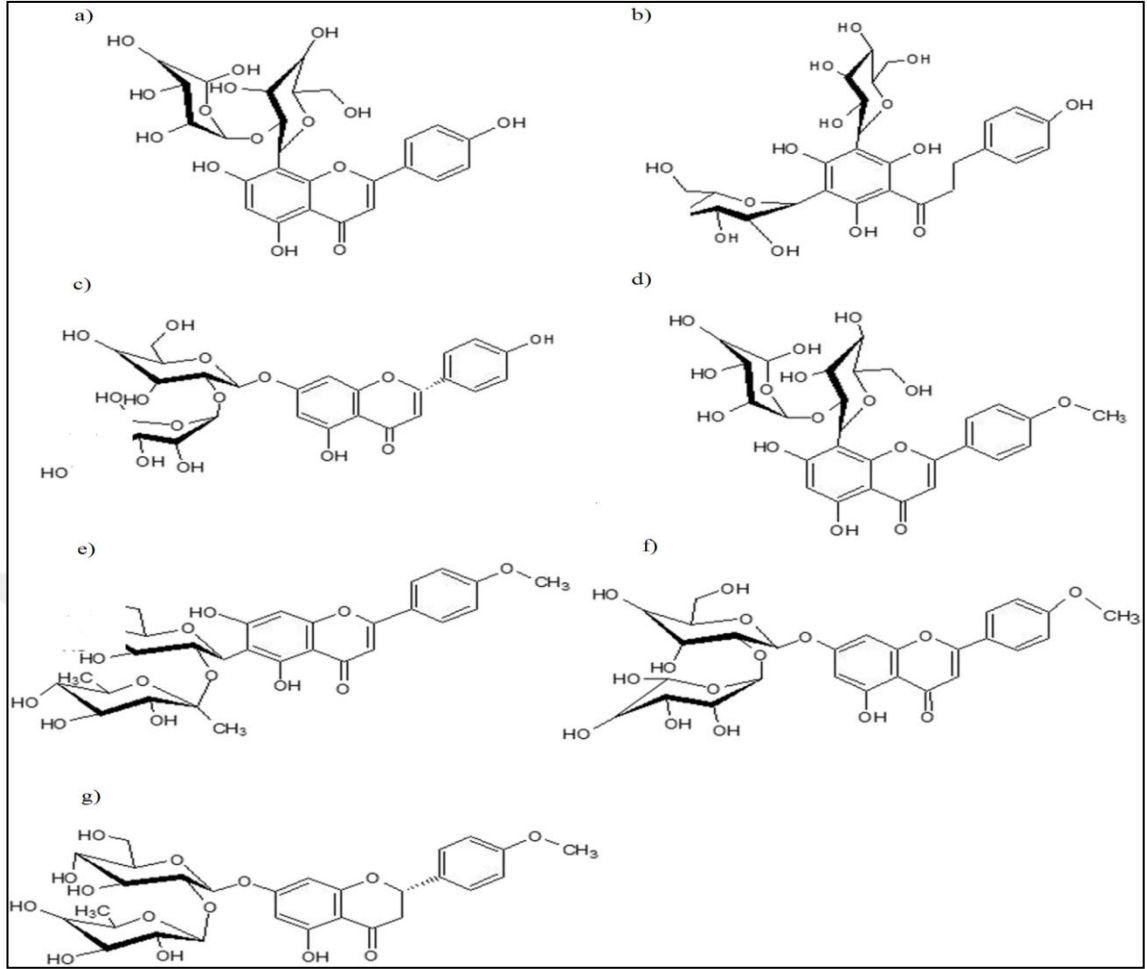
Kawail vd (1999) tarafından farklı kamkat çeşitlerinin (*F. japonica*, *F. margarita* ve *F. crassifolia*) metanol/dimetil sülfoksit ekstraktlarında eriositrin, narirutin, hesperidin, neohesperidin, luteolin, neoponsirin, ponsirin ve kampferol olmak üzere 8 adet majör flavonoid belirlenmiştir. Kurutulmuş örnekte en yüksek miktarda bulunan flavonoidin 289-460 µg/100 mg ile narirutin olduğunu kaydetmişlerdir. Daha sonra tekrar inceleme sonucu DGPP (3',5'-di-C-β-glukopiranosilfloretilin) dihidrokalkon glikoziti majör flavonoid olarak kamkattan izole edilmiştir. Diğer majör bileşikler ise 2'-O-α-L-ramnopiranosilsitisosid, 2'-O-α-L-ramnopiranosilisitisosid ve fortunellin olarak tanımlanmıştır.

Asasetin 8-C-neohesperidosid (margariten) ve asasetin 6-C-neohesperidosid (isomargariten) DGPP'den sonra kamkatta en fazla bulunan C-glikozil flavonlardır. Fortunellin (acasetin 7-O-neohesperidosid) ise kamkatta bulunan başlıca O-glikozit flavondur. Aglikon içeriği margariten ve isomargaritenle aynıdır. Özetle kamkatta bulunan başlıca flavonoidlerin dihidrokalkon, flavon ve flavanon olduğu, aglikonların ise floretin, asasetin ve apigenin olduğu bildirilmiştir. Ayrıca kamkatta ferulik ve sinapik asit gibi fenolik asitlerin varlığından bahsedilmektedir (Lou ve Ho 2017).

Lou vd. (2016) tarafından olgunlaşmamış ve olgunlaşmış kamkat meyvesinin kabuğunda DGPP [2082-1348 mg/100 g kuru madde (km)], fortunellin (234-97.8 mg/100 g km) margaritene (372-179 mg/100 g km), isomargariten (205-101 mg/100 g km), apigenin 8-C-neohesperidosid (56.5-21.4 mg/100 g), ponsirin (33-14.8 mg/100 g km) ve apigenin 7-O-neohesperidosid (rhoifolin) (7.4-5.5 mg/100 g km) kantitatif olarak belirlenmişti (Şekil 2.4). Olgunlaşmamış kamkatin toplam flavonoid içeriğinin yaklaşık % 70'ini DGPP'nin, %10'unu ise O-glikozil bileşiklerin (fortunellin, ponsirin, rhoifolin) oluşturduğu, olgunlaşmış kamkatta ise flavonoidlerin %93.2'sini C-glikozil bileşiklerin, %6.8'ini O-glikozil bileşiklerin oluşturduğu bildirilmiştir. Şekil 2.4'de kamkatta bulunan başlıca flavonoidlerin yapısı verilmiştir.

Citrus japonica var. *margarita* çeşidine ait olgunlaşmamış taze meyve örneklerinde 7 flavonoid DGPP (285.9 mg/100 g), margariten (136.2 mg/100 g), isomargariten (119.1 mg/100 g), fortunellin (28.5 mg/100 g), apigenin 8-C-neohesperidosid (16.9 mg/100 g), ponsirin (5.1 mg/100 g) ve rhoifolin (2 mg/100 g) belirlenmiştir (Lou vd. 2015).

Wang vd. (2007), yaptıkları çalışmada 8 turuncgil çeşidinde biyoaktif bileşiklerin düzeylerini belirlemişlerdir. Araştırmada toplam fenolik asit ve flavonoid içerikleri toplam karotenoid içeriklerinden daha yüksek bulunmuştur. Kamkatta toplam fenolik ve flavonoid içeriği sırasıyla 52.3 mg GAE/g ve 8.41 mg RE/g olarak bulunmuştur. Flavonoidlerden rutin (0.043 mg/g), kuersetin (0.308 mg/g), kampferol (0.235 mg/g), diosmin (0.699 µg/g), sinensetin (1.64 µg/g), narinjin (27.9 µg/g) ve hesperidin (0.366 µg/g), fenolik asitlerden klorojenik asit (50 µg/g), ferulik asit (4.92 µg/g), sinapik asit (11.5 µg/g) ve *p*-kumarik asit (22.1 µg/g) belirlenmiştir. Kamkatin diğer turuncgillerden daha fazla diosmin içeriğine sahip olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 2.4. Kamkatta bulunan başlıca flavonoidlerin kimyasal yapısı; **a)** apigenin 8-C-neohesperidosid; **b)** DGPP; **c)** rhoifolin; **d)** margariten; **e)** isomargariten; **f)** fortunellin; **g)** ponsirin (Lou ve Ho 2017)

8 farklı turunçgil çeşidinin kabuklarında yapılan çalışmada kamkat kabuğunun toplam flavonoid içeriği 41 mg GAE/g olarak bulunmuştur. Kamkat kabuğunda flavonoidlerden rutin (0.09 mg/g), kuersetin (0.78 mg/g), kampferol (0.15 mg/g), diosmin (1.12 mg/g), sinensetin (0.01 mg/g), narinjin (0.21 mg/g) ve hesperidin (0.10 mg/g), fenolik asitlerden klorojenik asit (145 µg/g), ferulik asit (52.7 µg/g), sinapik asit (49.7 µg/g), *p*-kumarik asit (41.7 µg/g) ve kafeik asit (17.3 µg/g) bulunduğu tespit edilmiştir (Wang vd. 2008).

Fortunalle japonica Lour. Swingle kamkat çeşidinde yapılan bir çalışmada flavonoidlerden narirutin 107 mg/100 g, rhoifolin 36.66 mg/100 g, toplam flavonoid içeriği 143.70 mg/100 g, toplam fenolik madde içeriği 290.60 mg/100 mL, DPPH inhibisyon yüzdesi ise 12.60 olarak belirlenmiştir (Schirra vd. 2008).

Ramful vd. (2011) ise *Fortunella margarita* çeşidinin %80'lik metanolik ekstraktlarında ponsirin 3.93 mg/g taze ağırlık, didymin 15.53 mg/g taze ağırlık, isorhoifolin 0.03 mg/g taze ağırlık, hesperidin 13.97 mg/g taze ağırlık ve narirutin 5.11 mg/g taze ağırlık olarak belirlenmiştir.

Bir diğerk çalışmada ise kamkatta DGPP, ponsirin, narirutin, rutin ve apigenin 8-C-rutinosid belirlenmiştir (Jayaprakasha vd. 2012a). Ogawa vd. (2001) tarafından ise kamkatta DGPP, margaritene, isomargariten, fortunellin kalitatif olarak belirlemiştir.

Nogata vd. (2006) farklı turunçgil çeşitlerinin flavonoid kompozisyonunu inceledikleri çalışmada “Oval” ve “Meiwa” kamkat çeşitlerinde narirutin (399-279 mg/100 g), narinjin (3.1-3.4 mg/100 g), hesperidin (1.6-0.9 mg/100 g), neoponsirin (19.5-11.8 mg/100 g), ponsirin (27.8-23.2 mg/100 g) ve rhoifolin (3.9-4.6 mg/100 g) flavonoid bileşenleri tespit edilmiştir.

2.2.2.Kamkatın biyolojik aktiviteleri

2.2.2.1. Antioksidan aktivite

Canlılarda hücresel faaliyetler için gerekli enerjinin üretilebilmesini sağlayan oksijen metabolizması sonucunda reaktif oksijen türleri olarak adlandırılan serbest radikaller oluşmaktadır. Bu radikaller hücre membranlarında doymamış yağ asitleri ile reaksiyona girerek, lipidlerin peroksidasyonuna ve protein ve DNA (Deoksiribonükleik asit) hasarına yol açarak hücre inaktivasyonuna neden olmaktadır (Chidambara Murthy vd. 2002). Bunun sonucunda insanlarda bağışıklık sistemi zayıflamakta, çeşitli kanser türleri, kalp-damar rahatsızlıkları, diyabet, katarakt, sinir ve sindirim sistemi ile ilgili birçok hastalık oluşabilmektedir (Koca ve Karadeniz 2003; Erbaş vd. 2008). Bu radikallerin başlıcaları $O_2^{\cdot-}$ (Süperoksit) radikali, H_2O_2 (Hidrojen peroksit), $HO^{\cdot}$ (Hidroksil) radikali, $HOCl$ (Hipokloröz asit), tekli O_2 ($^1O_2$), $R^{\cdot}$ (Alkil radikali), $ROO^{\cdot}$ (Peroksil radikali), $RCOO^{\cdot}$ (Organik peroksit radikali), $HO_2^{\cdot}$ (Perhidroksil radikali) ve $RO^{\cdot}$ (Alkoksil radikali) olarak bilinmektedir (Schöneich 1999; Chidambara Murthy vd. 2002). İnsan vücudu serbest radikallere karşı antioksidan savunma mekanizmalarına sahiptir. Bu savunma mekanizmaları vücutta bulunan ve diyetle alınan antioksidanları içermektedir. Vücutta bulunan antioksidan mekanizmaları enzimatik ve enzimatik olmayan mekanizmalardır. Enzimatik olan antioksidan mekanizmasında süperoksit dizmutaz, glutatyon peroksidaz, katalaz ve peroksidaz gibi enzimler rol oynamaktadır. Enzimatik olmayan antioksidan mekanizmasında ise glutatyon, transferin, ferritin, dihidrolipoik asit, ubikuinol, koenzim Q10 (CoQ10), ürik asit ve melatonin yer almaktadır (Pietta 2000).

Antioksidanlar serbest radikallerin oluşumuna yol açabilecek zincir reaksiyonlarda kendileri okside olarak radikallerin oluşumundaki artışı dengelemekte, yavaşlatıp durdurabilmektedirler. Eğer reaktif oksijen türlerinin oluşumu biyolojik sistemlerin antioksidan kapasitesini aşarsa oksidatif stres oluşmaktadır. Bu nedenle gıdalarla antioksidanların vücuda alımı bazı hastalıkları önlemede ve yaşlanma sürecini geciktirmede önemli rol oynamaktadır (Demirbüker Kavak 2010; Albayrak vd. 2010). Meyve ve sebzelerde bulunan başlıca antioksidan bileşikler askorbik asit, E vitamini, karotenoidler ve fenolik bileşiklerdir (Pelli ve Lyly 2003).

Kamkatın sağlık açısından önemi, öncelikle ihtiva ettiği askorbik asit ve flavonoidler gibi antioksidanlardan kaynaklanmaktadır. Askorbik asit süperoksit ve hidroperoksil radikalleri, sulu peroksi radikalleri, singlet oksijen, ozon, peroksinitrit, nitrojen dioksit, nitroksit radikalleri ve hidroklorik asit gibi reaktif oksijen ve nitrojen türlerini temizleyerek protein, yağ asidi ve DNA'nın oksidasyonunu engellemektedir.

Böylece kanser, katarakt, kalp damar hastalıkları gibi kronik hastalık riskini azaltmaktadır. Askorbik asitin kansere karşı diğer koruyucu mekanizması karsinojen nitrozaminler gibi mutajenik bileşiklerin oluşumunu engellemesidir. Askorbik asit ayrıca vitamin A ve E'nin oksidasyonunu engellemektedir (Silalahi 2001).

Guo vd. (2003) tarafından yapılan 28 farklı meyvenin pulp, kabuk ve çekirdeklerinin FRAP (Demir İyonu İndirgeyici Antioksidan Gücü) yöntemiyle antioksidan aktivitelerinin araştırıldığı çalışmada, kamkatın pulp, kabuk ve çekirdek kısmının antioksidan aktiviteleri sırasıyla 0.50, 0.25 ve 0.66 mmol/100 g olarak belirlenmiştir. Araştırılan tüm meyvelerde sadece kamkatın çekirdek kısmının pulp ve kabuk kısmına göre daha fazla antioksidan aktivite gösterdiği belirtilmiştir. Pulp kısmında antioksidan aktiviteye C vitamini içeriğinin %80 oranında katkıda bulunduğu ifade edilmiştir. Farklı turuncgil çeşitlerinin pulp ekstraktlarının polifenolik kompozisyonu, C vitamini ve antioksidan aktivitesinin incelendiği bir diğer çalışmada "Nagami" çeşidi kamkatın en yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu ortaya konmuştur (Ramful vd. 2011).

Farklı meyve sularının toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasitelerinin araştırıldığı çalışmada santrifüj edilmiş ve edilmemiş kamkat suyu örneklerinde toplam fenolik madde içeriği sırasıyla 15.02 mg GAE/100 mL ve 11.65 mg GAE/100 mL olarak tespit edilmiştir. ORAC yönteminin kullanıldığı antioksidan kapasite ise 38.16 µmol TE/ 100 mL ve 133.50 µmol TE/ 100 mL olarak belirlenmiştir (Keskin-Sasic vd. 2012).

Flavonoidlerin yüksek antioksidan ve radikal yakalama aktivitesi ile birçok kronik hastalığa yakalanma riskini azaltıcı, bazı kardiyovasküler düzensizlikleri ve kanseri önleyici etkiler gösterdiği bildirilmiştir. Flavonoidler süperoksit, hidroksil, nitrik oksit, alkoksil, peroksil gibi radikalleri temizleyerek, demir ve bakır gibi metallerle şelat oluşturarak, bazı enzimleri inhibe ederek antioksidan özellik gösterirler (Garcia-Lafuente vd. 2009). Flavonoidlerin antioksidan özellikleri B halkasındaki hidroksil gruplarının pozisyonu ve sayısına bağlıdır. Özellikle B halkasında 3', 4' ve 5' pozisyonunda hidroksil gruplarının varlığı antioksidan aktivite üzerinde etkili olmaktadır. Bunun yanında C halkasındaki 4-oxo formundaki çift bağlar antioksidan aktiviteyi etkilemektedir (Balasundram vd. 2006).

Kamkatta başlıca antioksidan etkili flavonoidlerin DGPP ve apigenin 8-C-neohesperidosid olduğu bildirilmiştir. DGPP'nin antioksidan aktivitesi A halkasının fonksiyonundan kaynaklanmaktadır. Ayrıca DGPP, B halkasında C-4' pozisyonunda hidroksi grup içermekte, bu da antioksidan aktiviteye katkıda bulunmaktadır. Apigenin 8-C-neohesperidosidin yapısında yer alan aglikon apigeninin yapısı 4-oxo grubu ve C₂-C₃ çift bağı içermesi, B halkasında uzun bir zincir konjugasyon sistemi sağlar. Bu durum B halkasının elektron dekolizasyonuna katkıda bulunur. Bunun dışında bu bileşiğin C-4' pozisyonunda hidroksi grup içermesi antioksidan aktivitede etkilidir. Diğer flavonoidlerden isomargariten, margariten, fortunellin ve ponsirin B halkasının 4' pozisyonunda bir metoksi grubu içermektedir. B halkasındaki 4' pozisyonundaki hidroksi grubunun bloke edilmesi, flavonoidlerde antioksidan aktivitenin kaybına sebep olabilmektedir (Lou ve Ho 2017).

C-glikozitler insan sağlığı açısından geniş bir etkiye sahiptir. C-glikozil flavonoidlerin O-glikozil flavonoidler ve aglikonlardan daha yüksek antioksidan aktivite potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir. C-glikozitlerin diğer bir önemli bir özelliği de, O-glikozitlere göre genellikle asidik ve enzimatik hidrolize karşı dayanıklı olmalarıdır. Ayrıca C-glikozil flavonlar O-glikozil flavonlardan daha güçlü antienflamatuvar potansiyele sahiptir. C-glikozil flavonların antienflamatuvar etkisi A halkasındaki glikolizasyonla artmakta, flavon halkasındaki hidroksil gruplarının metoksilasyonu ise bu etkiyi azaltmaktadır (Lou ve Ho 2017).

O-glikozit flavonoidlerden rhoifolin ve fortunellin HIV-1 proteaza karşı inhibitör etki göstermekte ve hepatositik otofajinin korunmasını sağlamaktadır. Ek olarak fortunellinin antibakteriyel etkisi rapor edilmiştir. Diğer bir majör O-glikozit flavonoid ponsirinin gastrik hastalıklar üzerine koruyucu etkisi ve antienflamatuvar etkisi çalışılmıştır. Ponsirinin adipogenezi inhibe ederken osteoblast farklılaşmasını teşvik ederek mezenkimal kök hücreleri üzerinde etkili olduğu kanıtlanmıştır. Ponsirinin osteoporozun tedavisinde ve obezitenin önlenmesinde bir ajan olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Lou ve Ho 2017).

2.2.2.2. Antimikrobiyal aktivite

Dai (2015) tarafından olgunlaşmamış kamkatın sıcak su ekstraktlarının anitmikrobiyal etkisi araştırılmıştır. Kamkat ekstraktının Gram pozitif bakterilere karşı Gram negatif bakterilerden daha iyi inhibitör etki gösterdiği gözlenmiştir. *Bacillus cereus*'a karşı en etkili minimum inhibisyon konsantrasyonunun 25 mg/mL olduğu belirlenmiştir. Araştırcılar ayrıca C-18 kolonla ekstraktları 6 farklı fraksiyona ayırarak antimikrobiyal aktiviteyi değerlendirmişlerdir. Fraksiyon IV'n *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes* ve *Staphylococcus aureus*'a karşı antibakteriyel aktivite gösterdiği belirlenmiştir. 100 g kuru fraksiyonun 41.1g DGPP, 22.3 g margariten, 1.5 g fortunellin, 1.4 g isomargariten, 0.5 g rhoifolin ve 0.2 g ponsirin içerdiği tespit edilmiştir.

Barreca vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada kamkattaki dihidro kalkonların özellikle *S. aureus*, *L. monocytogenes* ve metisiline dirençli *S.aureus* gibi Gram pozitif bakterilerin gelişmesini önlediği ortaya konmuştur.

2.2.2.3. Tirozinaz inhibitör aktivite

Tirozinaz inhibitörleri meyvelerde enzimatik esmerleşmenin ve insan cildinde istenmeyen hiperpigmentasyonların baskılanmasında geniş bir uygulama alanına sahiptir. Olgunlaşmamış kamkatın sıcak su ekstraktlarının tirozinaz inhibitör aktiviteleri incelenmiş ve 2.5 mM konsantrasyonda %75.5 tirozinaz inhibisyon etkisi gösterdiği kanıtlanmıştır (Huang 2013). DGPP, tirozinaz inhibitör aktivite için kamkatta bulunan başlıca etkili bileşiktir. DGPP'nin aynı konsantrasyonda %71.7 inhibitör etki gösterdiği rapor edilmiştir (Lou ve Ho 2017). DGPP'nin tirozinaz inhibitör etkisi 2,6-dihidrokiyasetofenon çekirdeğinin hareketinden, ayrıca B-halkasındaki 4' pozisyonundaki hidroksi grubundan kaynaklanmaktadır (Lou vd. 2012).

2.2.2.4. Antikanser ve antitümör aktivite

Kamkatın n-hekzan ekstraktlarının, 100 mg/ml konsantrasyonunda insan prostat kanser (LNCaP) hücrelerinin 96 saat sonunda en yüksek inhibisyonu (%86.4) sağladığı bildirilmiştir. Bunu sırasıyla etanol ekstraktı (%82.8), metanol ekstraktı (% 76.7) ve metanol:su ekstraktı (%68.2) takip etmiştir. Araştırmacılar ayrıca etanol, metanol ve metanol:su ekstraktlarının farklı seviyelerde sitotoksikite gösterdiğini, bu durumun ekstraktlarda bulunan rutin, narirutin, ponsirin, apigenin 8-C-rutinosid ve DGPP gibi flavonoidlerden kaynaklanabileceğini öne sürmüşlerdir. Ancak maksimum hücre üreme inhibisyon aktivitesini sağlayan n-hekzan ekstraktlarının bu etkisinin β -karoten, β -kubeben ve heksadekanoik asit ile bunların kümülatif etkilerinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Barreca vd. 2011).

Nagahama vd. (2015) kamkatın perikarp kısmından elde edilen aseton ekstraktlarının in vitro ve in vivo ortamda doğal öldürücü (NK-Natural killer) hücre aktivitesini araştırmışlardır. İnsan KHYG-1 NK hücrelerinde interferon-g üretimi ve doğal öldürücü sitotoksik aktivitenin arttığı gözlenmiştir. Ayrıca aseton ekstraktlarının ağız yoluyla alımı stres altındaki farelerde splenosit başına hem plazma interferon-g seviyelerini hem de doğal öldürücü sitotoksik aktivitenin gelişmesine neden olduğu belirlenmiştir. Doğal öldürücü hücrelerin aktivasyon etkisinin β -kriptoksantin gibi karotenoidlerden kaynaklanabileceği öne sürülmüştür.

Kamkatın antimetabolik rahatsızlıklara etkisinin araştırıldığı çalışmada, kamkat etanol ekstraktlarının yüksek yağlı diyetle beslenen obez farelerde hiperglisemi, hiperlipidemi ve hepatik lipid birikimi üzerine iyileştirici etki yaptığı kanıtlanmıştır. Kamkatın etanolik ekstraktlarının obezite ve obezite ile ilgili hastalıkların tedavisinde kullanılabileceği önerilmiştir (Tan vd. 2014).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışmada materyal olarak “Nagami” (*Fortunella margarita* Swing.) kamkat çeşidi kullanılmıştır. Meyveler Antalya Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (BATEM) merkez yerleşkesinde bulunan kamkat parsellerinden (Şekil 3.1) 2017 Ocak ayı içerisinde hasat edilmiştir. Hasat olgunluğunun belirlenmesinde kabuk renginin turuncu ve ŞÇKM/titrasyon asitliği oranının 5’in üzerinde olması (Schirra vd. 2008) dikkate alınmıştır. Bu çeşit Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü adına tescil edilmiş olup, çekirdekli, sulu, hafif pürüzlü, turuncu renkte ve şekli ovaldir (Şekil 3.2). Kurutma çalışmalarına başlamadan önce hasat edilen meyvelerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Meyveler kurutma çalışmaları süresince 4 gün +4°C’ de muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.1. BATEM merkez yerleşkesinde bulunan kamkat parseli ve meyvelerin ağaç üzerindeki görünüşleri

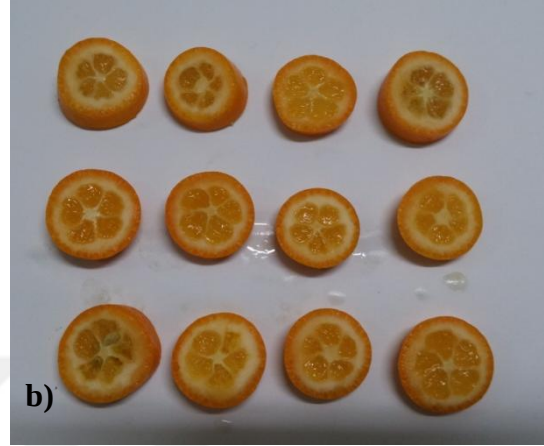


Şekil 3.2. Nagami (*Fortunella margarita* Swing.) kamkat çeşidi

3.2. Metot

3.2.1. Kurutulmuş kamkat üretimi

Kurutma çalışmaları öncesinde kamkat meyveleri musluk suyu ile yıkanıp kurulanmış ve kalınlığı ayarlanabilen paslanmaz çelik bıçaklı dilimleyici (OXO Good Grips, New York, ABD) (Şekil 3.3a) yardımıyla silindirik olarak 4 mm kalınlığında dilimlenmiştir (Şekil 3.3b).



Şekil 3.3. a) Kamkat meyvesinin dilimlenmesinde kullanılan dilimleyici; **b)** Kurutma öncesi kamkat dilimleri

Kamkat dilimleri ön işlemlili (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 (Kuljarachanan vd. 2009). Daha sonra süzülerek, soğuk saf su ile yıkanmış ve filtre kağıdı üzerinde suları giderilmiştir (Şekil 3.4).

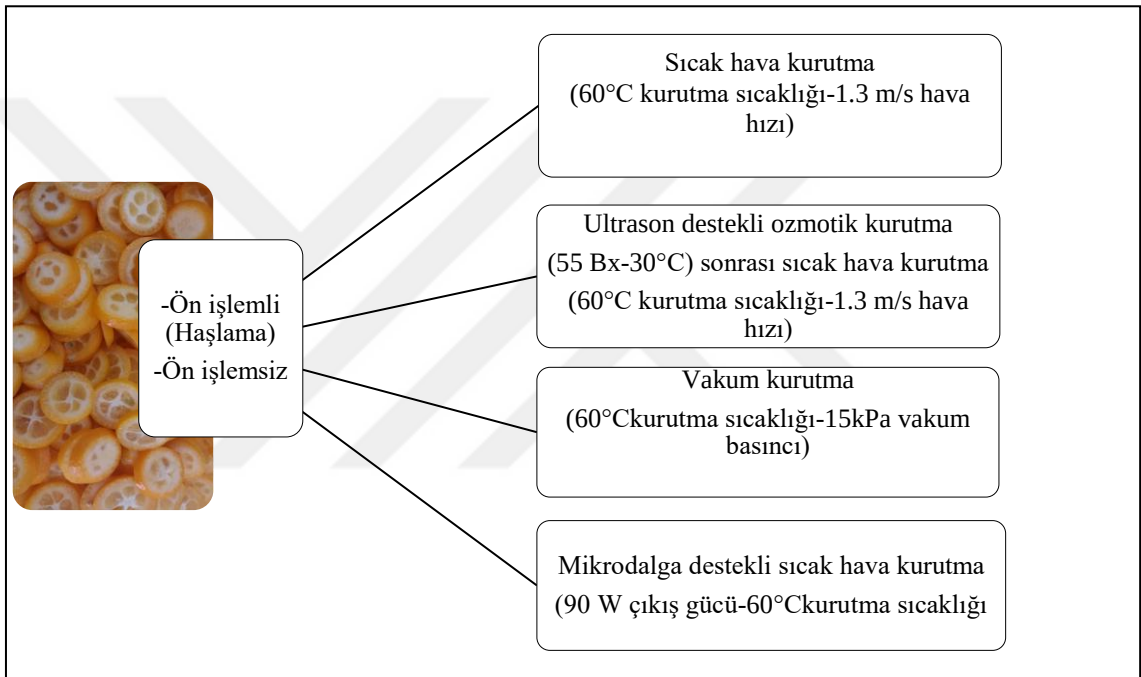


Şekil 3.4. Kamkat dilimlerine uygulanan haşlama ve süzme işlemleri

Kamkat dilimleri ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak sıcak hava, vakum, ultrason destekli ozmotik ön kurutma sonrası sıcak hava ile tamamlayıcı kurutma ve mikrodalga destekli sıcak hava kurutma olarak 4 farklı kurutma yöntemiyle yaş baza göre %12-13 nem içeriğine (Sadeghi vd. 2013) kadar kurutulmuştur. Çizelge 3.1'de kullanılan kurutma yöntemleri ve bunlara ait kısaltmalar verilmiştir. Kurutma çalışmalarındaki parametreler ön denemeler ve literatür bilgileri kullanılarak seçilmiştir. Kurutma işlemlerinde her uygulama için 400 g kamkat dilimi kullanılmıştır. Kurutma çalışmalarında belirli zaman aralıklarında tartım yapılarak kamkat dilimlerinin ağırlık değişimi takip edilmiştir. Kurutma uygulamaları 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Kurutma çalışmalarına ait diyagram Şekil 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.1. Ön işlemlili ve ön işlemsiz kamkat dilimlerinin kurutulmasında kullanılan yöntemler ve kısaltmaları

Kurutma Yöntemleri	Kısaltmalar
Sıcak hava kurutma	SHK
Vakum kurutma	VK
Ultrason destekli ozmotik ön kurutma sonrası sıcak hava kurutma	US-SHK
Mikrodalga destekli sıcak hava kurutma	MDSHK

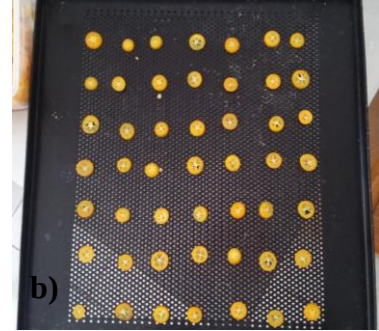


Şekil 3.5. Ön işlemlili ve ön işlemsiz kamkat dilimlerinin kurutma uygulamalarına ait diyagram

3.2.1.1. Sıcak hava kurutma

Kamkat dilimlerinin sıcak hava ile kurutulmasında EKSİS Endüstriyel Kurutma Sistemleri Limited Şirketi (Isparta) tarafından imal edilen Laboratuvar tipi tepsili kurutucu kullanılmıştır (Şekil 3.6a). Kurutma sistemi paslanmaz çelik iç ve dış kabin, 10 adet tepsili yerleştirmeye uygun raf sistemi, 5 kW elektrikli ısıtma sistemi, devir kontrollü sirkülasyon fan sistemi, hız kontrollü raf döndürme sistemi, nem ve sıcaklık sensörü, nem kontrollü egzoz fanı, PLC kontrol panosundan oluşmaktadır. Kurutma işlemi için kamkat dilimleri 45x45 cm boyutlarındaki 10 adet delikli teflon tepsiye hava akımının geçebileceği şekilde belirli aralıklarla tek sıra halinde yerleştirilmiştir (Şekil 3.6b). Kurutma denemeleri 60°C hava sıcaklığında ve 1.3 m/s sabit hava hızında gerçekleştirilmiştir (Akdaş ve Başlar 2014; Torki-Harchegani vd. 2015; Sun vd. 2015). Raf döndürme sistemli raflara yerleştirilen tepsilerin dönme hızı 5 d/dk'ya

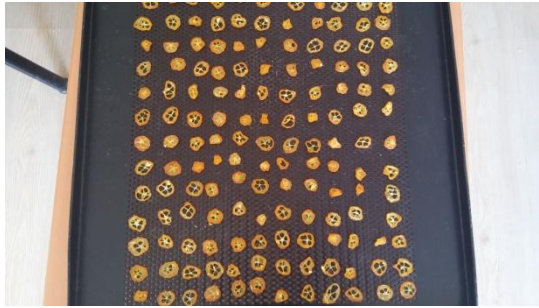
ayarlanmıştır. Sıcak hava kurutma yöntemiyle ön işlemsiz ve ön işlemli olarak kurutulan kamkat dilimlerinin görünümü sırasıyla Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’de verilmiştir.



Şekil 3.6. a) Laboratuvar tipi tepsili kurutucu; **b)** Taze kamkat dilimlerinin kurutma öncesi tepsideki görünümü



Şekil 3.7. Sıcak hava kurutma yöntemiyle ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimleri



Şekil 3.8. Sıcak hava kurutma yöntemiyle ön işlemli olarak kurutulan kamkat dilimleri

3.2.1.2. Vakum kurutma

Vakum kurutma denemeleri vakumlu kurutucuda (Vacucell VUS-B2V/VU55, MMM Medcenter, Almanya) gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.9a). Ön işlemli ve ön işlemsiz hazırlanan meyve dilimleri tepsiye tek sıra halinde yerleştirdikten sonra (Şekil 3.9b) 60°C sıcaklıkta ve 15 kPa vakum altında (Arévalo-Pinedo ve Murr 2007) nem içeriği %12-13’e düşene kadar kurutulmuştur. Vakum kurutma yöntemiyle ön işlemsiz ve ön işlemli olarak kurutulan kamkat dilimlerinin görünümü sırasıyla Şekil 3.10 ve Şekil 3.11’de verilmiştir.



Şekil 3.9. a) Vakumlu kurutucu; **b)** Kamkat dilimlerinin vakumlu kurutucu tepsilerinde yerleşimi



Şekil 3.10. Vakum kurutma yöntemiyle ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimleri



Şekil 3.11. Vakum kurutma yöntemiyle ön işlemlili olarak kurutulan kamkat dilimleri

3.2.1.3. Ultrason destekli ozmotik ön kurutma sonrası sıcak hava kurutma

Kamkat dilimlerinin ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak ultrason destekli ozmotik kurutulması işleminde 35 kHz frekansta çalışan ultrasonik su banyosu (Bandelin, Model RK-510 H, Almanya) kullanılmıştır (Şekil 3.12a). Kamkat dilimleri %55 şeker çözeltisi içerisinde meyve çözelti oranı 1:5 olacak şekilde 30°C'de 2 saat ön kurutmaya (Peiró vd. 2006) tabi tutulmuştur (Şekil 3.12b). İşlem süresince sürekli sıcaklık kontrolü yapılarak sıcaklığın 30°C'nin üzerine çıkmasına engel olunmuştur. İşlem sonrasında çözeltiden çıkarılan dilimlerin yüzeyindeki çözelti kalıntısını uzaklaştırmak amacıyla

saf suya daldırılmış ve filtre kağıdı 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. Tamamlayıcı kurutma işlemi meyve dilimlerinin nem içeriği %12-13 olana kadar sürdürülmüştür. US-SHK yöntemi ile kurutulmuş ön işlemsiz ve ön işlemlili kamkat dilimlerinin görünümü sırasıyla Şekil 3.13 ve Şekil 3.14'te verilmiştir.



Şekil 3.12. a) Ultrasonik su banyosu; b) Kamkat dilimlerinin ultrason destekli ozmotik kurutulması işlemi



Şekil 3.13. US-SHK yöntemiyle ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimleri

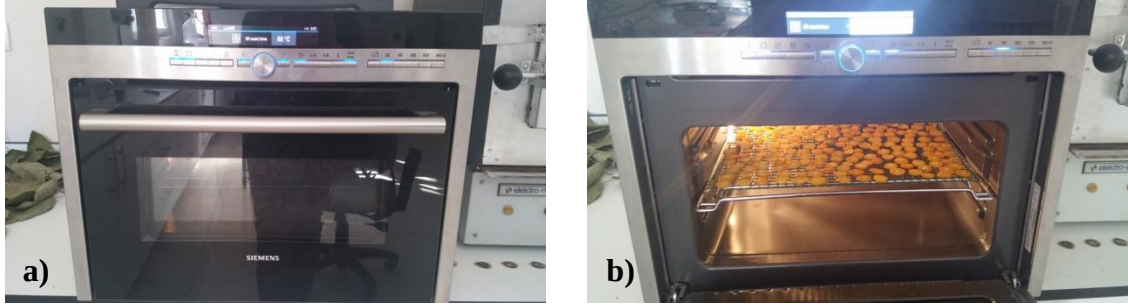


Şekil 3.14. US-SHK yöntemiyle ön işlemlili olarak kurutulan kamkat dilimleri

3.2.1.4. Mikrodalga destekli sıcak hava kurutma

Kamkat dilimlerinin MDSHK yöntemiyle kurutulması amacıyla çok fonksiyonlu mikrodalga fırın (Siemens HB86K575) kullanılmıştır (Şekil 3.15a). Kamkat dilimlerinin kurutulmasında farklı mikrodalga güçleri (90, 180, 600, 800 W) denenmiş, ancak 90 W'ın üzerindeki mikrodalga güçlerinde kamkat dilimlerinin yüzeyinde yanmalar gözlenmiştir. Ön denemeler sonrası kamkat dilimleri ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak 90 W güçte (spesifik mikrodalga gücü 4.44 W/g) 60°C hava sıcaklığında ve 1.3 m/s sabit

hava hızında kurutulmuştur (Şekil 3.15b). MDSHK yöntemi ile ön işlemsiz ve ön işlemlili olarak kurutulan kamkat dilimlerinin görünümü sırasıyla Şekil 3.16 ve Şekil 3.17’de verilmiştir.



Şekil 3.15. a) Mikrodalga Fırın; b) Kamkat dilimlerinin MDSHK yöntemiyle kurutulması



Şekil 3.16. MDSHK yöntemiyle ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimleri



Şekil 3.17. MDSHK yöntemiyle ön işlemlili olarak kurutulan kamkat dilimleri

3.2.2. Depolama

Çalışmanın ikinci kısmında ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak farklı kurutma yöntemleri ile 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 su aktivitesi, renk değerleri (L^* , a^* , b^* , C , H° , TRD), 5-hidroksimetilfurfural ve askorbik asit içerikleri belirlenerek, bu kriterlerin değişimi belirlenmiştir.

3.2.3. Analizler

3.2.3.1. Fiziksel analizler

Hasat edilen kamkat meyvelerinde meyve ağırlığı (g) rastgele alınan 60 meyvenin hassas terazi yardımıyla tartılmasıyla, meyve çapı (mm) ve boyu (mm) ise dijital bir kumpas ile ölçülmesiyle belirlenmiştir.

3.2.3.2. SÇKM (Suda çözünür kuru madde) içeriği

Taze meyve örneklerinde SÇKM içeriği digital refraktometre (A. Krüss Optronic GmbH, DR6000 series, Almanya) ile oda sıcaklığında ölçülmüş ve sonuçlar Briks derecesi (° Bx) olarak ifade edilmiştir (Cemeroğlu 2007).

3.2.3.3. pH

Meyvelerin pH değeri potansiyometrik olarak Cemeroğlu (2007) tarafından önerilen yöntemle göre pH-metre (WTW Inolab 720, Almanya) kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.3.4. Titrasyon asitliği

Taze meyve örneklerinin titrasyon asitliği 0.1 sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi ile pH 8.1'e ulaşmaya kadar titre edilmiş ve sonuçlar aşağıda verilen formül (Eşitlik 3.1) ile susuz sitrik asit cinsinden hesaplanarak yüzde (%) olarak ifade edilmiştir (Cemeroğlu 2007).

$$\text{Titrasyon asitliği (\%)} = \frac{V \times E \times F \times 100}{M} \quad (3.1)$$

Burada;

V: Harcanan 0.1 N NaOH miktarı (mL)

F: 0.1 N NaOH' un faktörü (1)

E: 1 mL 0.1 N NaOH' un eşdeğer olan sitrik asit miktarı (0.006404)

M: Titrasyona alınan örnek miktarı (g)

3.2.3.5. Toplam kuru madde içeriği

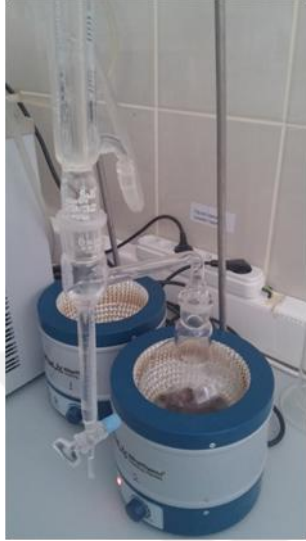
Taze, haşlanmış ve kurutulmuş örneklerin kuru madde içeriğini belirlemek için AOAC (2000) (Metot 986.21) nem tayin yönteminden yararlanılmıştır. Bu yöntem, su ile karışmayan organik bir çözücü yardımıyla materyaldeki suyun damıtma ile alınıp dereceli bir bölümde toplanması ve miktarının belirlenmesi ilkesine dayanmaktadır. Yaklaşık 10 g örnek tartılarak balona alınmış ve üzerini kaplayacak şekilde ksilen ilave edilmiştir. Balon Şekil 3.18'deki cihazın ısıtıcı bölmesine yerleştirilmiştir. Cihazın dereceli nem toplama bölmesine de balonun içerisine akacak şekilde ksilen doldurulmuştur. Isıtıcı açılmış ve nem toplama bölmesinde biriken su seviyesi sabit kalıncaya kadar damıtma işlemi sürdürülmüştür. Daha sonra dereceli kısımda biriken suyun hacmi okunarak aşağıda verilen 3.2 No'lu eşitlik yardımıyla nem içeriği ve buna bağlı olarak kuru madde içeriği yaş baz esasına göre ağırlıkça % (yüzde) olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Nem (\%)} = (V/M) \times 100 \quad (3.2)$$

Burada;

V: Toplanan su hacmi (mL)

M: Analizde kullanılan örnek kütlesi (g)



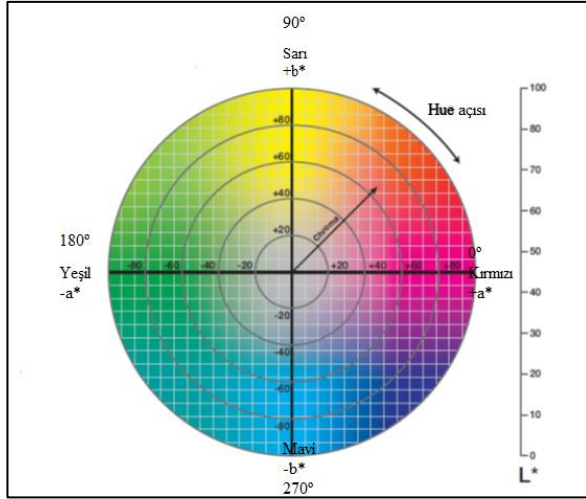
Şekil 3.18. Toplam kuru madde tayini için kullanılan düzenek

3.2.3.6. Su aktivitesi

Taze, haşlanmış ve kurutulmuş örneklerin su aktivitesi değerleri su aktivitesi ölçüm cihazı (Novasina Lab-swift, İsviçre) ile 25°C de belirlenmiştir.

3.2.3.7. Renk değerleri

Taze, haşlanmış ve kurutulmuş örneklerde 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. Renk ölçümleri taze ve haşlanmış örneklerde püre halinde, kurutulmuş örneklerde ise toz halinde gerçekleştirilmiştir. Ölçülen L^* , a^* , b^* değerlerinden C (Kroma-renk doygunluğu) 3.3 No'lu, H° (hue açısı-renk yoğunluğu açısı) 3.4 No'lu, toplam renk değişimi (TRD) 3.5 No'lu ve esmerleşme indeksi (EI) 3.6 ve 3.7 No'lu eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır (Chen vd 2005; Pathare vd. 2013; Darvishi vd 2014; Akdaş ve Başlar 2014; Ghanem Romdhane vd. 2015). CIE renk koordinat sistemine göre (Şekil 3.19) L^* değeri beyazlık-siyahlık göstergesi olup 0 (siyah) ile 100 (beyaz) arasında, a^* değeri yeşillik-kırmızılık olup -60 (yeşil) ile +60 (kırmızı) arasında ve b^* değeri mavilik-sarılık göstergesi olup i -60 (mavi) ile +60 (sarı) arasında değişim göstermektedir. H° rengin niteliğini belirtmekte olup 0° veya 360° kırmızı, 90° sarı, 180° yeşil, 270° mavi rengi temsil etmektedir (Pathare vd. 2013). Kroma değeri ise, rengin canlılığını ve doygunluğunu ifade etmekte olup, 0 değeri griakromatik (renksiz) renkleri ifade ederken, değer arttıkça rengin canlılığı artmaktadır (Dönmez vd. 2016).



Şekil 3.19. CIE renk koordinat sistemi (Anonymous 1)

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (3.3)$$

$$H^\circ = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} * \frac{180}{\pi} \quad (3.4)$$

$$TRD = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3.5)$$

$$EI = \frac{100(x-0.31)}{0.17} \quad (3.6)$$

$$x = \frac{a^* + 1.75L^*}{5.645L^* + a^* - 3.012b^*} \quad (3.7)$$

3.2.3.8. Rehidrasyon oranı

Kurutulmuş kamkat dilimleri, üzerine meyve: su oranı 1:30 olacak şekilde saf su ilave edilerek 25°C’de 24 saat bekletilmiştir. Rehidre edilen örnekler süzölmüş ve filtre kâğıdı üzerinde suları giderilerek tartılmıştır. Rehidrasyon oranı rehidre edilmiş örnek ağırlığının (g) kuru örnek ağırlığına (g) bölünmesiyle hesaplanmıştır (Quintero-Ramos vd. 1992).

3.2.3.9. Ekstraksiyon

Toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve flavonoid bileşenlerinin analizi amacıyla taze, haşlanmış ve kuru örneklerde ekstraksiyon işlemi Wang vd. (2007) ve Ramful vd. (2011) tarafından belirtilen yöntemlere göre modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon işlemi için öncelikle taze ve haşlanmış örnek blender (Waring) ile homojenize edilerek pulp haline getirilmiş, kuru örnekler ise bıçaklı bir

öğütücü (Retsch Grindomix GM200, Retsch GmbH & Haan, Almanya) ile 10000 d/dk'da 20 saniye öğütülerek toz haline getirilmiştir. Plastik tüplere taze ve haşlanmış örneklerden 5 g, kuru örneklerden 2 g tartılarak üzerine ekstraksiyon çözeltisi olarak 10 mL %80'lik metanol (MeOH) ilave edilmiş ve orbital çalkalayıcıda (Unimax 2010, Heidolph, Almanya) 200 d/dk hızda 1 saat ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Süre sonunda tüpler 4°C' de 4500 d/dk hızda 15 dk santrifüj edilerek üst faz ayrı bir tüpe alınmıştır. Bu işlem 2 kez daha tekrarlanarak üst fazlar biriktirilmiş ve ekstraksiyon çözeltisi ile 30 mL'ye tamamlanmıştır. Elde edilen ekstraktlar analiz anına kadar -18°C'de muhafaza edilmiştir.

3.2.3.10. Toplam fenolik madde içeriği

TFM (Toplam fenolik madde) içeriği Spanos ve Wrolstad (1990) tarafından önerilen yöntemle, Folin-Ciocalteu çözeltisi kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla cam tüpler içerisine 100 µL örnek ekstraktı alınmış üzerine sırasıyla 900 µL saf su, 5 mL 0.2 N Folin-Ciocalteu çözeltisi ve 4 mL %7.5'lik Na₂CO₃ (sodyum bikarbonat) çözeltisi ilave edilip, tüpler vortekste karıştırılmış ve 25°C'de karanlıkta 2 saat bekletilmiştir. Bu süre sonunda karışımın absorbans değerinin, spektrofotometrede (Shimadzu UV-Vis 160A, Japonya) 765 nm dalga boyunda okunmasıyla TFM içeriği tespit edilmiştir. Kalibrasyon eğrisi 0-600 mg/L aralığında gallik asit çözeltisi kullanılarak çizilmiştir. Sonuçlar spektrofotometrede belirlenen absorbans değerlerinin gallik asit kalibrasyon eğrisini tanımlayan eşitlikte ($y=0.0011x+0.0114$; $r^2=0.9984$) yerine konmasıyla mg GAE (gallik asit eşdeğeri)/100 g kuru madde olarak hesaplanmıştır.

3.2.3.11. Toplam karotenoid içeriği

Örneklerin toplam karotenoid içeriği Wang vd. (2008) tarafından uygulanan spektrofotometrik yöntemle göre belirlenmiştir. Bu amaçla 5 g örnek tüp içerisine alınarak, üzerine 50 mL ekstraksiyon çözeltisi (hekzan: aseton: etanol; v/v; 50:25:25) ilave edilmiş ve orbital çalkalayıcıda (Unimax 2010, Heidolph, Almanya) 200 d/dk hızda 10 dk oda sıcaklığında inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra 4°C'de 6500 d/dk hızda 5 dk santrifüj edilerek berrak kısım başka bir tüpe alınmış ve ekstraksiyon çözeltisiyle 50 mL'ye tamamlanmıştır. Ekstraktların absorbansları spektrofotometrede (Shimadzu UV-Vis 160A, Japonya) 450 nm dalga boyunda ölçülerek sonuçlar aşağıda verilen formül (Eşitlik 3.8) aracılığıyla β-karoten cinsinden mg/100 g kuru madde olarak hesaplanmıştır [$E^{1/2}$ (Ekstinksiyon katsayısı)= 2505; S_f : Seyreltme faktörü].

$$\text{Toplam karotenoid içeriği} = (\text{Absorbans} \times S_f \times 10 / E^{1/2}) \times 100 \quad (3.8)$$

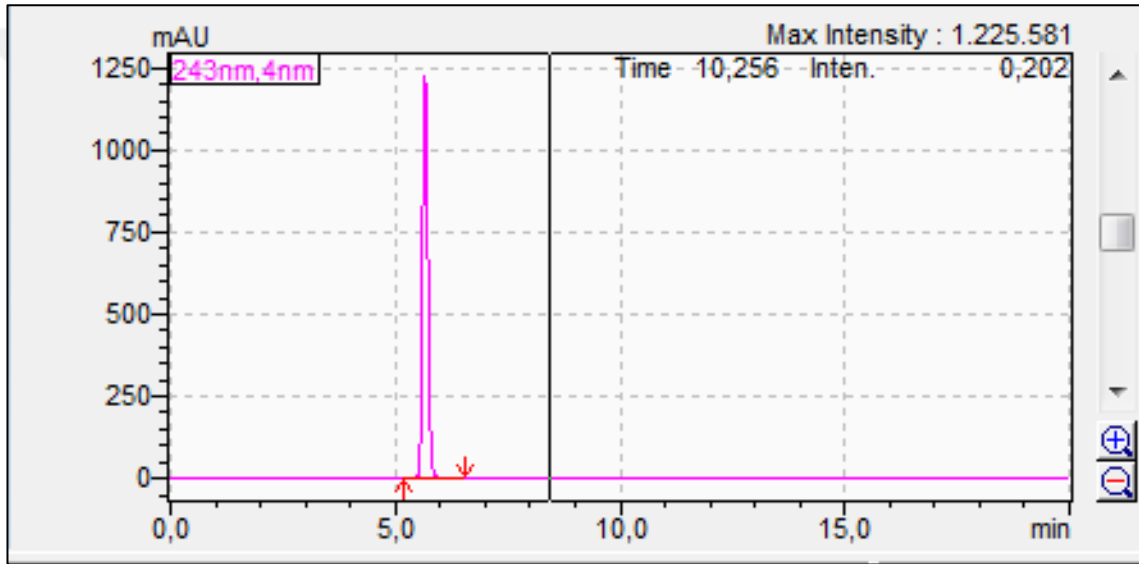
(mg β-karoten/100 g)

3.2.3.12. Askorbik asit içeriği

Örneklerin askorbik asit içeriği Sdiri vd. (2012)'ye göre bazı modifikasyonlar yapılarak HPLC (Yüksek performanslı sıvı kromatografisi) cihazı ile belirlenmiştir. Bu amaçla plastik tüplere taze ve haşlanmış örnekten 5 g, kurutulmuş örneklerden 2 g alınarak, örnekler 10 mL %3'lük HPO₃ (metafosforik asit) çözeltisi ile 1 dk homojenize edilmiştir. Daha sonra tüpler 4°C'de, 6500 d/dk hızda 10 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası üst faz alınarak HPO₃ çözeltisi ile 4 kat seyreltilmiş ve 0.45 µm gözenek çaplı membran filtreden (Cronus, SMI-Labhut Ltd, Gloucester, Birleşik

Krallık) geçirilerek HPLC cihazına verilmiştir. Askorbik asit, örnekler için ait kromatogramdaki pikin geliş zamanı ile askorbik asit standardına ait kromatogramdaki (Şekil 3.20) pikin geliş zamanının karşılaştırılması ile tanımlanmıştır. Örneklerdeki askorbik asit içeriği, 1-200 mg/L konsantrasyon aralığında hazırlanan standart askorbik asit eğrisi ve bu eğriyi tanımlayan eşitliğe ($y=50818x-82392$; $r^2=0.999$) göre mg/100 g kuru madde olarak hesaplanmıştır.

Analizde Shimadzu 2030 C 3 d Prominence-i (Japonya) model HPLC cihazı ile aynı model PDA (Photo-diode Array) dedektör kullanılmıştır. Askorbik asit ayrımında mobil faz olarak pH'sı H_3PO_4 (ortofosforik asit) çözeltisi ile 2.3'e ayarlanmış %2'lik KH_2PO_4 (potasyum dihidrojen fosfat) kullanılmıştır. Ayrım İnertsil ODS-3 C-18 kolon ($5\mu m$, 250×4.6 i.d.) (GL Sciences, Japonya) ile 243 nm dalga boyunda, izokratik olarak 0.5 mL/dk akış hızında gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılan enjeksiyon hacmi 10 μL , kolon sıcaklığı ise $25^\circ C$ olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.20. Askorbik asit standardına ait HPLC kromatogramı

3.2.3.13. Antioksidan aktivite

Örneklerin antioksidan aktivitesinin belirlenmesinde DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikali süpürme aktivitesi ve ORAC (oksijen radikali absorban kapasitesi) olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmıştır.

DPPH radikali süpürme aktivitesi Cemeroğlu (2010)' na göre belirlenmiştir. Cam tüplere öncelikle 600 μL , saf MeOH ile hazırlanan 1mM'lık DPPH radikal çözeltisi alınmıştır. Daha sonra örnek ekstraktı 5 farklı hacimde alınarak tüplere ilave edilmiştir. Her tüpün üzerine, toplam hacim 6 mL olacak saf MeOH eklenmiştir. Tüpler vorteksledikten sonra 15 dk karanlıkta inkubasyona bırakılmıştır. Şahit olarak kullanılmak üzere bir tüpe 600 μL DPPH ile 5400 μL MeOH ilave edilmiştir. İnkübasyon sonunda, spektrofotometrede 517 nm dalgaboyunda tüp içeriklerinin absorban değeri okunmuş ve her bir örnek hacmine karşılık gelen yüzde inhibisyon değerleri aşağıdaki 3.9 No'lu eşitliğe göre hesaplanmıştır. DPPH radikalının % 50'sini

inhibe eden ekstrakt konsantrasyonu olarak tanımlanan IC_{50} değeri ise farklı konsantrasyonlarda hazırlanan ekstraktlara karşı çizilen DPPH radikalinin % inhibisyon oranından elde edilen doğru denklemi ile mg/mg DPPH kuru madde olarak hesaplanmıştır.

$$\text{İnhibisyon}(\%) = [(A_{\text{DPPH}} - A_{\text{ekstrakt}}) / A_{\text{DPPH}}] \times 100 \quad (3.9)$$

ORAC analizi Ena vd. (2012) tarafından belirtilen yönteme göre modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 2750 μL fluoresein çözeltisine (0.6136 μM) 37 μL fosfat tamponu (75 mM, pH 7.4) ve 75 μL örnek akstraktı ilave edilerek 37°C'de 30 dk bekletilmiştir. Daha sonra 0.32 μM fosfat tamponu içerisinde hazırlanmış 75 μL 2,2'-azobis (2-methylpropionamidine) dihydrochloride ilave edilerek reaksiyon durdurulmuştur. Elde edilen çözeltinin flüoresans şiddeti flüoresans spektrofotometresi (Cary Eclipse, Agilent Technologies, Kaliforniya, ABD) kullanılarak 490 nm eksitasyon ve 512 nm emisyon dalga boylarında ölçülmüştür. Oksijen radikali absorbans kapasitesi mM Troloks Eşdeğeri (TE)/100 g kuru madde cinsinden aynı koşullarda örnek yerine kör (fosfat tamponu) ve Troloks standardı (100 μM) ile hazırlanan çözeltilerin flüoresans şiddeti belirlenerek aşağıda verilen formüle (Eşitlik 3.10) göre hesaplanmıştır.

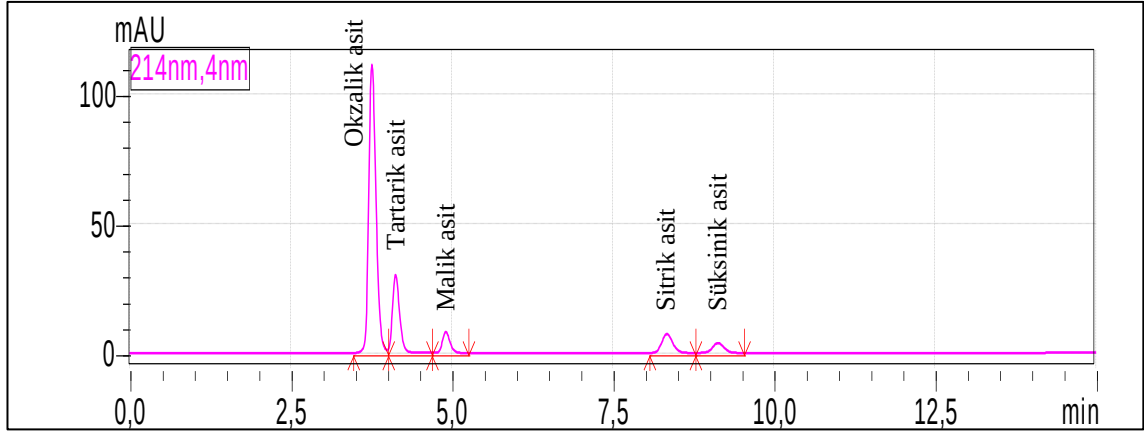
$$\text{ORAC (mM TE/100 g)} = S_f \times (S_{\text{örnek}} - S_{\text{kör}}) / (S_{\text{troloks}} - S_{\text{kör}}) \quad (3.10)$$

$S_{\text{örnek}}$, $S_{\text{kör}}$ ve S_{troloks} sırasıyla örnek, kör ve troloks'un flüoresans şiddetini, S_f seyreltme faktörünü ifade etmektedir.

3.2.3.14. Organik asit bileşimi

Örneklerin organik asit analizleri Nour vd. (2010) tarafından önerilen yöntemle bazı modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir. Taze ve haşlanmış örnekler saf su ile 10 kat, kurutulmuş örnekler ise 60 kat seyreltilerek, karışımlar 6000 d/dk hızda 20°C'de 30 dk süreyle santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası berrak kısım 0.45 μm gözenek çaplı membran filtreden (Cronus, SMI-Labhut Ltd, Gloucester, Birleşik Krallık) geçirilerek HPLC cihazına verilmiştir. Sitrik, malik, okzalik, tartarik ve süksinik asit standartlarından farklı konsantrasyonlarda (3-200 mg/L) karışım kalibrasyon çözeltisi hazırlanıp aynı koşullarda analizleri yapılmış ve elde edilen verilere doğrusal regresyon analizi uygulanarak, eğrileri tanımlayan eşitlikler belirlenmiştir. Bu eşitlikler (sitrik asit $y=2251.7x-3827$, $r^2=1$; malik asit $y=1611.6x+162.49$, $r^2=1$; okzalik asit $y=20079x+89670$, $r^2=0.999$; tartarik asit $y=5519x-786.37$, $r^2=1$; süksinik asit için $y=1168.2x+398.32$, $r^2=0.999$) kullanılarak, örneklerdeki organik asit miktarları g/100 g kuru madde olarak hesaplanmıştır. Her bir organik asit, örneklere ait kromatogramdaki pikin geliş zamanı ile standartlara ait kromatogramdaki (Şekil 3.21) pikin geliş zamanının karşılaştırılması ile tanımlanmıştır.

Analizde Shimadzu 2030 C 3 d Prominence-i (Japonya) model HPLC cihazı ile aynı model PDA dedektör kullanılmıştır. Organik asitlerin ayırımında mobil faz olarak pH'sı H_3PO_4 çözeltisi ile 2.3'e ayarlanmış %2'lik KH_2PO_4 kullanılmıştır. Ayırım İnertsil ODS-3 C-18 kolon (5 μm , 250x4.6 i.d.) (GL Sciences, Japonya) ile 200-214 nm dalga boyunda, izokratik olarak 0.6 mL/dk akış hızında gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılan enjeksiyon hacmi 20 μL , kolon sıcaklığı ise 25°C olarak belirlenmiştir.

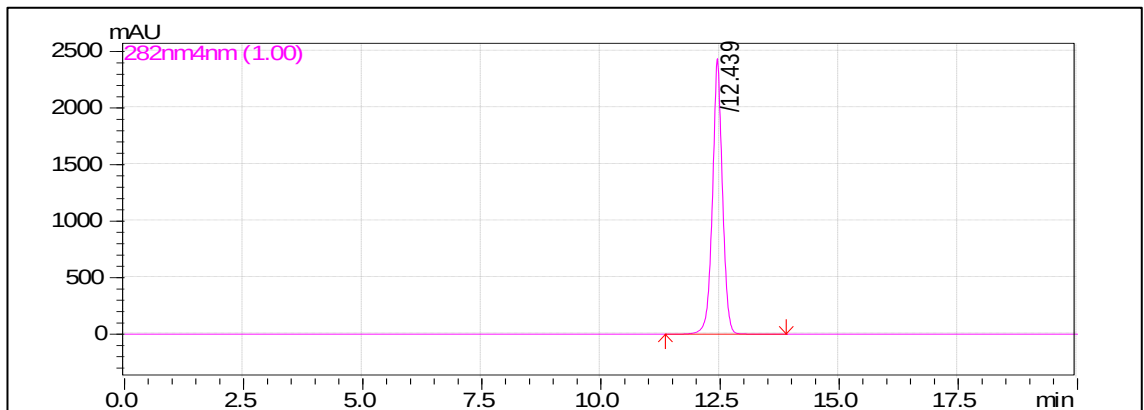


Şekil 3.21. Organik asit standartlarına ait HPLC kromatogramı

3.2.3.15. HMF (5-hidroksimetilfurfural)

Örneklerin HMF içeriği HPLC cihazı ile belirlenmiştir (Tontul ve Topuz 2017). Bu amaçla 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. Örneklerdeki HMF içeriği, örneklere ait kromatogramdaki pikin geliş zamanı ile HMF standardına ait kromatogramdaki (Şekil 3.23) pikin geliş zamanının karşılaştırılması ile tanımlanmıştır. Sonuçlar 0.5- 20 mg/L konsantrasyon aralığında hazırlanan standart HMF eğrisi ve bu eğriyi tanımlayan eşitliğe ($y=50818x-82392$, $r^2=0.999$) göre mg/100 g kuru madde olarak hesaplanmıştır.

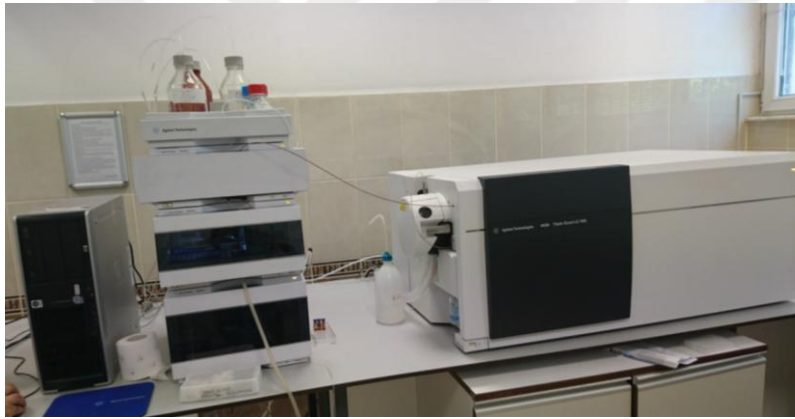
Analiz Shimadzu 20 AD serisi (Shimadzu, Tokyo, Japonya) HPLC cihazında, SPD-M20A model PDA dedektör ile gerçekleştirilmiştir. Mobil faz olarak su:metanol (90:10, v/v) kullanılmıştır. HMF analizi İnertsil ODS-3 C-18 (5µm, 250x4.6 i.d.) (GL Sciences, Japonya) kolon ile 285 nm dalga boyunda, 1 mL/dk akış hızında izokratik olarak gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılan enjeksiyon hacmi 20 µL, kolon sıcaklığı ise 25°C'dir.



Şekil 3.22. HMF standardına ait HPLC kromatogramı

3.2.3.16. Flavonoid bileşenleri

Örneklerin flavonoid bileşenlerinin belirlenmesinde Mass Hunter paket programı ile çalışan Agilent 6430 Triple Quadrupole (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, ABD) marka elektrosprey iyon kaynaklı kütle spektrometresi ve Agilent-1290 Infinity (Agilent Technologies, Waldbronn, Almanya) marka sıvı kromatografisinden oluşan LC-MS/MS (Sıvı kromatografisi-kütle spektrometresi) sistemi kullanılmıştır (Şekil 3.23). Analizde Kuhnle vd. (2009) ve Molina-Calle vd. (2015) tarafından uygulanan yöntemlerden yararlanılmıştır. Analiz pozitif ve negatif iyon modunda yürütülmüştür. Analizde gaz (azot) sıcaklığı 350°C, gaz akış hızı 10 mL/dk, iyonizasyon enerjisi 70 Ev'tur. Analiz Zorbax SB-C18 (150x2.1 mm, 1.8 µm) (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, ABD) kolonda, 0.3 mL/dk akış hızında, toplam akış süresi 12 dk olarak yürütülmüştür. Kolon sıcaklığı 35°C'ye ayarlanmıştır. Çalışmada kullanılan mobil faz: Solvent A=(5/95:v/v) metanol:su (%0.01 formik asit ve 5 mM amonyum format içeren), Solvent B=%100 metanoldür. Kullanılan elüsyon profili 0-0.5 dk %5 solvent B (sabit akış), 0.5-3 dk %30 solvent B, 3-8 dk %95 solvent B, 8-11 dk %95 solvent B (sabit akış), 11-11.10 dk %5 solvent B, 11.10-12 dk %5 solvent B şeklindedir. MRM (Multiple Reaction Monitoring) tarama tipi kullanılmıştır.



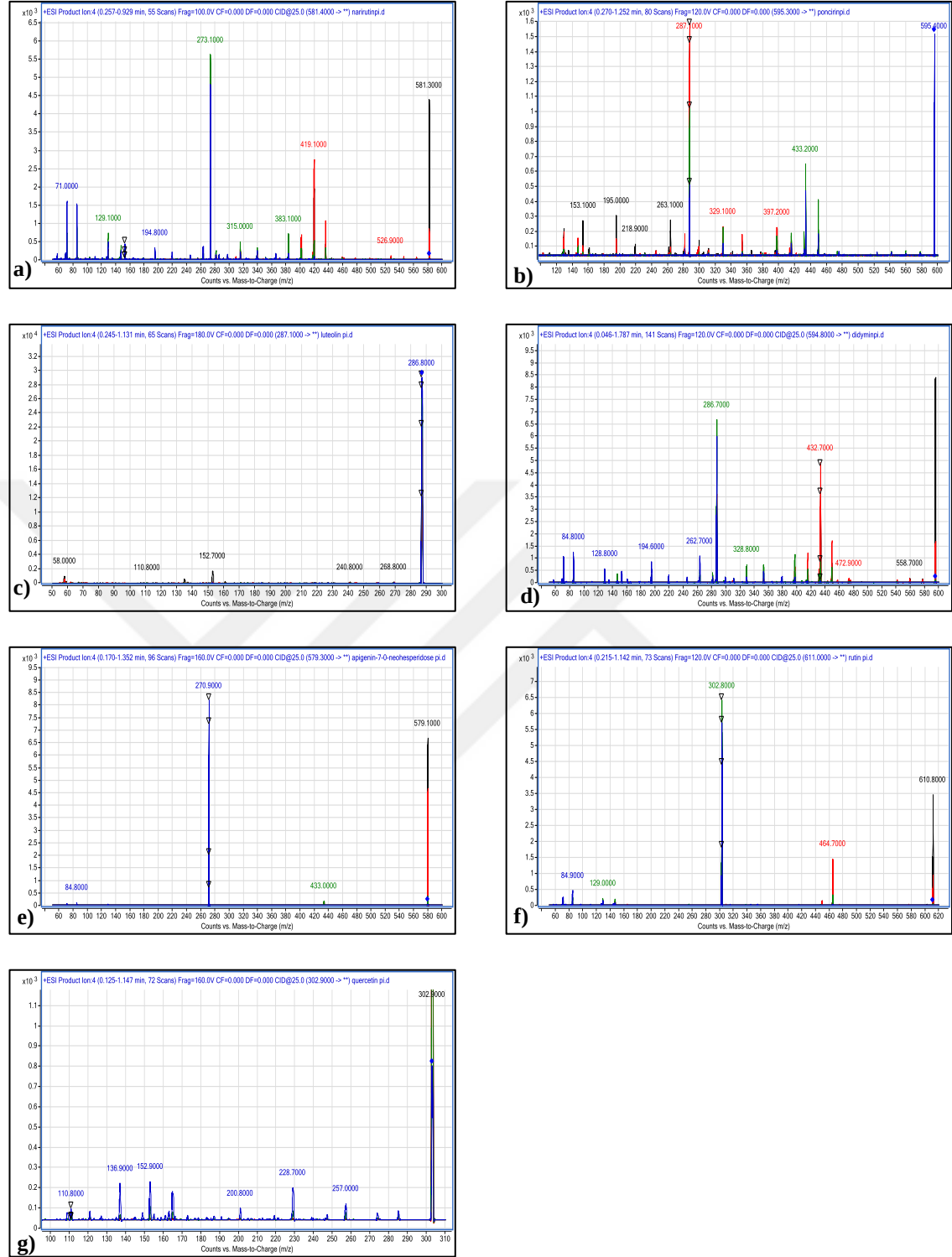
Şekil 3.23. LC-MS/MS sistemi

LC-MS/MS sisteminde ponsirin, narirutin, rhoifolin, didymin, luteolin, rutin ve kuersetin standartlarından %80'lik metanolla farklı konsantrasyonlarda (1-20 mg/L) çözeltiler hazırlanmış ve sisteme enjekte edilerek kalibrasyon eğrileri oluşturulmuştur. Kantitatif ve kalitatif tayin için standartlara ait optimizasyon parametreleri aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.2). Standartlara ait MS/MS spektrumları Şekil 3.24'te verilmiştir. Örnek ekstraktları farklı oranlarda %80'lik metanolla seyreltilmiş ve 0.45 µm çaplı membran filtreden (Cronus, SMI-Labhut Ltd, Gloucester, Birleşik Krallık) geçirilerek cihaza enjekte edilmiştir. Enjeksiyon hacmi 3 µL' dir. Sonuçlar kuru madde üzerinden mg/100 g olarak verilmiştir.

Çizelge 3.2. LC-MS/MS sisteminde kullanılan standartlara ait parametreler

Flavonoid bileşen*	Moleküler iyon (m/z)	Ürün iyonu (m/z)	Geliş zamanı (dk)	Çarpışma enerjisi (eV)	MRM geçişi (m/z)	Fragmentor voltaj (V)	Kalibrasyon denklemleri	R ²
Kuersetin	302.9	152.9; 136.9	5.57	35; 32	302.9→136.9	160	y=1.0293x-0.343	0.996
Rutin	611	464.7; 302.8	4.69	5; 10	611→464.7	120	y=0.9899x+0.1631	0.999
Ponsirin	595.3	433.3; 287.2	5.58	4; 20	595.3→287.2	120	y=1.0239x-0.1818	0.993
Didymin	594.8	432.6; 286.8	5.56	3; 20	594.8→286.8	120	y=0.9818x-0.2248	0.990
Narirutin	581.4	419.1; 273.1	4.70	4; 20	581.4→419.1	90	y=1.0163x-0.1199	0.999
Rhiofolin	579.3	270.9	5.05	22	579.3→270.9	160	y=1.104x-0.4267	0.993
Luteolin	287.1	152.7; 58.1	5.77	35; 27	287.1→152.7	180	y=1.0004x-0.0029	0.996

*İyonizasyon modu:(+)



Şekil 3.24. Çalışmada kullanılan standartlara ait MS/MS spektrumları; a) narirutin; b) ponsirin; c) luteolin; d) didymnin; e) rhoifolin; f) rutin; g) kuersetin

3.2.3.17. İstatistiksel analizler

Kurutma denemeleri 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. İlk bölümde ön işlemin, kurutma yöntemlerinin ve bunların arasındaki interaksiyonların kamkat dilimlerinin bazı kalite özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla 2 x 4 faktöriyel düzende tesadüf parselleri deneme planında varyans analizi uygulanmış, önemli bulunan farklılıklar $\alpha=0.05$ seviyesinde Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur. Depolama çalışmasında ise ön işlemin, kurutma yöntemlerinin, depolama süresinin ve bunların arasındaki interaksiyonların kurutulmuş kamkat dilimlerinin su aktivitesi, renk özellikleri, HMF ve askorbik asit içeriğine etkisinin belirlenmesi amacıyla 2 x 4 x 5 faktöriyel tesadüf parselleri deneme planında 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 $\pm$ standart sapma (ort $\pm$ std) olarak verilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Kamkat Meyvesinin Bazı Fiziksel ve Fizikokimyasal Özellikleri

Hasat edilen kamkat meyvelerine ait fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Araştırmada kullanılan kamkat meyvelerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (ort±std)

Özellik	Değer
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
Meyve kabuğunun renk değerleri	
L*	61.26 ±1.52
a*	28.60±2.21
b*	59.95±2.44
C	66.46±2.49
H°	64.49±1.85
Meyve püresinin renk değerleri	
L*	62.14± 0.16
a*	3.70 ± 0.32
b*	53.99± 0.58
C	54.12± 0.77
H°	86.07± 0.66

4.2. Farklı Kurutma Yöntemleriyle Kurutulmuş Kamkat Dilimlerinin Kalite Özellikleri

4.2.1. Kuruma süresi ve toplam kuru madde içeriği

Kamkat dilimlerinin farklı kurutma yöntemleriyle hedeflenen nem düzeyine ulaşana kadar geçen kuruma süreleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Ön işlemlili ve ön işlemsiz kamkat dilimlerinin farklı kurutma yöntemleri ile kuruma süreleri

Kurutma yöntemleri	Kuruma süresi (dk)
Ön işlemsiz-SHK	200
Ön işlemsiz-VK	810
Ön işlemsiz-US-SHK	120*+180
Ön işlemsiz-MDSHK	75
Ön işlemlili-SHK	90
Ön işlemlili-VK	600
Ön işlemlili-US-SHK	120*+120
Ön işlemlili-MDSHK	65

*Ultrason destekli ozmotik kurutma süresi

Ön işlemlili örneklerin, ön işlemsiz örneklere göre daha kısa sürede kuruduğu gözlenmiştir. Haşlama işlemi, bitki dokularının su geçirgenliğini arttırmakta bu da kuruma hızına etki ederek kuruma süresinin kısılmasına yol açmaktadır (Lewicki 1998). En kısa kuruma süresi, ön işlemlili olarak MDSHK yöntemi ile, en uzun kuruma süresi ise ön işlemsiz olarak VK yöntemi ile kurutulan örneklerde gözlenmiştir. Mikrodalga ile kurutma yönteminde diğer kurutma yöntemlerinden farklı olarak, doğrudan gıdadaki su molekülleri hedef alınarak seçici bir ısıtma yapılmaktadır. Nem transferi içten dışa doğru olmaktadır. Bunun yanında, kurutulan materyalin bünyesindeki suyun çok hızlı ısınması sonucu oluşan buhar basıncı nedeniyle, hücre zarı gözenek boyutu artarak nem difüzyonu daha kolay gerçekleşmekte ve kuruma hızı artmaktadır (Soysal vd. 2009; Karaaslan 2012). Termal yöntemlerle yapılan kurutma işleminde ise nem hareketi iç kısımlardan yüzeye doğru difüzyon yoluyla olmaktadır (Cemeroğlu vd. 2003).

Varyans analizi sonuçlarına göre ön işlem, kurutma yöntemi ve ön işlem x kurutma yöntemi interaksyonunun kamkat dilimlerinin toplam kuru madde miktarları üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin toplam kuru madde değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları (VAR)	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Ortalaması (KO)	F değeri
Ön işlem (Ö)	1	1.122	0.95
Kurutma yöntemi (K)	3	0.700	0.59
Ö x K	3	0.387	0.80
Hata	16	1.181	

Çizelge 4.4. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin toplam kuru madde içerikleri (ort±std)

Faktörler	N	Toplam kuru madde içeriği (%)
Ön işlem (Ö)		
Ön işlemsiz	12	87.43±0.94
Ön işlemlili	12	87.67±1.09
K		
SHK	6	87.51±1.29
VK	6	87.43±0.38
US-SHK	6	88.06±1.48
MDSHK	6	87.20±0.40
Ön işlemxKurutma yöntemi (ÖxK)		
Ön işlemsiz-SHK	3	87.09±1.84
Ön işlemsiz-VK	3	87.70±0.28
Ön işlemsiz-US-SHK	3	87.78±0.90
Ön işlemsiz-MDSHK	3	87.15±0.09
Ön işlemlili-SHK	3	87.93±0.48
Ön işlemlili-VK	3	87.16±0.24
Ön işlemlili-US-SHK	3	88.34±2.10
Ön işlemlili-MDSHK	3	87.25±0.62

Ön işlemsiz (taze) ve ön işlemlili (haşlanmış) meyvelerde toplam kuru madde içeriği sırasıyla %15.25 ve %14.53 olarak tespit edilmiştir. Ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak farklı yöntemlerle kurutma sonucu kamkat dilimlerinin toplam kuru madde içerikleri % 87.09-88.34 aralığında belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

4.2.2. Su aktivitesi

Ön işlemsiz ve ön işlemlili kamkat meyvelerinin su aktivitesi değerleri sırasıyla 0.905 ve 0.875 olarak belirlenmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.5) ön işlemin kamkat dilimlerinin su aktivitesi üzerine etkisi önemsiz bulunurken, kurutma yönteminin etkisi $P<0.001$ düzeyinde, ön işlem x kurutma yöntemi interaksyonunun etkisi ise $P<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin su aktivitesi değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VAR	SD	KO	F
Ö	1	0.0002	3.25
K	3	0.0011	12.23***
Ö x K	3	0.0005	5.70**
Hata	16	0.000009	

(***) $P<0.001$ düzeyinde önemlidir.

(**) $P<0.01$ düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.6. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin su aktivitesi değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları(ort±std)

Faktörler	N	Su aktivitesi* (a_w)
Ö		
Ön işlemsiz	12	0.267±0.010
Ön işlemlili	12	0.260±0.010
K		
SHK	6	0.244±0.009 b
VK	6	0.266±0.010 a
US-SHK	6	0.269±0.010 a
MDSHK	6	0.275±0.006 a
ÖxK		
Ön işlemsiz-SHK	3	0.253±0.002 c
Ön işlemsiz-VK	3	0.257±0.020 bc
Ön işlemsiz-US-SHK	3	0.280±0.004 a
Ön işlemsiz-MDSHK	3	0.278±0.007 a
Ön işlemlili-SHK	3	0.236±0.005 d
Ön işlemlili-VK	3	0.276±0.008 a
Ön işlemlili-US-SHK	3	0.258±0.009 b
Ön işlemlili-MDSHK	3	0.272±0.002 b

*Her bir faktör için sütun içerisindeki farklı harfler ortalamaların $P<0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulmuş kamkat dilimlerinin su aktivitesi değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Kurutma yöntemleri ortalamalarına göre, SHK yöntemi dışında diğer kurutma yöntemleri arasındaki farklılık istatistiksel açıdan önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur.

Kurutma uygulamaları sonucu örneklerin su aktivitesi değerleri taze meyveye göre düşüş göstererek, 0.236-0.280 arasında değişim göstermiştir. En yüksek su aktivitesi değerleri ön işlemsiz US-SHK, MDSHK ve ön işlemlili VK yöntemi ile kurutulan örneklerde, en düşük su aktivitesi ise ön işlemsiz SHK yöntemi ile kurutulan örneklerde belirlenmiştir ($P<0.05$). Kurutma sırasında, kurutma yöntemi ve koşullarına bağlı olarak meyve ve sebzelerde hücreler arasındaki kapılar yapı değişebilmektedir. Kurumada gıda maddelerindeki su, hücreler arasında oluşmuş bir kapılar sistemle yüzeye ulaşarak buradan uzaklaşmaktadır. Kurutma teknoloji açısından suyun buhar buhar basıncına etkili bir faktör de kapılar kuvvetin etkisidir (Cemeroğlu vd. 2003). Gıdada bulunan suyun buhar basıncıyla ilgili bir kavram olan su aktivitesi (Cemeroğlu vd. 2003) açısından değerlendirilecek olursa, kurutma yöntemlerinin kurutma sürecinde kamkat dilimlerinin kapılar yapısını etkilemiş olabileceği düşünülmektedir.

Mikroorganizmalar genel olarak su aktivite değeri 0.60'ın altında gelişme olanağı bulamazlar. Patojen bakterilerin faaliyet gösterdikleri su aktivitesi alt sınırı 0.85 iken, birçok maya ve küf 0.62 su aktivite değerinin altında gelişemez. (Rahman 2007). Diğer yandan su aktivitesi değerinin 0.30 üzerine çıkması enzimatik reaksiyonların artışına neden olmaktadır (Pala ve Saygı 1983). İncir, kayısı ve üzüm gibi kurutulmuş meyvelerde su aktivitesi değeri genellikle 0.60-0.75 arasındadır (Cemeroğlu vd. 2003). Ancak atıştırmalık ürünler olarak adlandırılan patates cipsi, elma cipsi gibi ürünlerde su aktivitesi değeri daha düşük seviyelerdedir. Örneğin 65, 70 ve 75°C hava sıcaklığında kurutulan elma cipslerinde su aktivitesi değerleri 0.15-0.19 arasında belirlenmiştir (Ertekin Filiz 2015). Ozmotik kurutma (%40 glukoz çözeltisinde) sonrası konvektif kurutma uygulanan elma cipslerinin su aktivitesi 0.3'e düşürülmüştür (Velickova vd. 2014). Çalışmamızda kamkat dilimleri atıştırmalık ürün olarak değerlendirilmiştir. Su aktivitesi değerleri mikrobiyolojik ve enzimatik aktiviteler açısından güvenli sınırlar içerisinde.

4.2.3. Renk değerleri

Ön işlemsiz ve ön işlemlili kamkat meyvelerinin renk değerleri (L^* , a^* , b^* , C , H° , TRD, Eİ) Çizelge 4.7'de verilmiştir. Haşlama işlemiyle birlikte L^* , b^* , C ve H° değeri azalmış, a^* değeri artmıştır. a^* değerinin artışı kırmızılığın artışına işaret etmektedir. b^* değerinin azalması ise sarılıktan uzaklaşma anlamına gelip, bu durumun karotenoidlerin parçalanmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. (Darvishi vd. 2013; Ghanem Romdhane vd. 2015). Genel olarak kısa süreli haşlama uygulaması bitki hücreleri arasındaki havanın uzaklaştırılması sebebiyle rengin korunmasına yardımcı olabilmektedir. Ancak uzun süreli ve yüksek sıcaklıkta uygulanan haşlama uygulaması renk kayıplarına yol açmaktadır (Peerajit vd. 2012). Mousa vd (2011) *Fortunella japonica* Swing. çeşidine ait kamkat püresinde L , a ve b değerlerini sırasıyla 72.48, 16.5 ve 6.85 olarak belirlemiştir. Araştırmacılar 100°C de 5 dk uyguladıkları sterilizasyon işlemiyle birlikte bütün değerlerde artış olduğunu kaydetmişlerdir. Bulgularımız ve

literatür değerleri arasındaki farklılığın çeşitten ve ön işlem koşullarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.7. Ön işlemsiz ve ön işlemlili kamkat meyvelerinin (püre halinde) renk değerleri (ort±std)

Kamkat Meyvesi	L*	a*	b*	C	H°	TRD	Eİ
Ön işlemsiz	62.14±0.16	3.70±0.32	53.99±0.58	54.12±0.57	86.07±0.35	-	-
Ön işlemlili	45.62±0.12	7.70±0.18	35.73±1.24	36.55±1.24	77.83±0.25	24.96±0.93	144.74±7.74

Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin L*, a*, b*, C değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.8’de, H°, TRD ve Eİ değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, ön işlemin, kurutma yöntemlerinin ve ön işlem x kurutma yöntemi interaksyonunun tüm renk değerlerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (P<0.001; P<0.01).

Çizelge 4.8. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin L*, a*, b* ve C değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VAR	SD	L*		a*		b*		C	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Ö	1	207.15	300.10***	44.33	86.45***	92.74	62.58***	65.82	41.86***
K	3	62.99	91.52***	39.27	76.58***	26.08	17.60***	25.86	16.45***
Ö x K	3	54.41	79.06***	4.96	9.68***	13.40	9.05***	9.38	5.97**
Hata	16	0.68		0.51		1.48		1.57	

(***) P<0.001 düzeyinde önemlidir.

(**) P<0.01 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.9. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin H°, TRD ve Eİ değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VAR	SD	H°		TRD		Eİ	
		KO	F	KO	F	KO	F
Ö	1	96.33	142.76***	43.42	240.10***	222.53	15.34***
K	3	54.56	80.86***	8.37	46.30***	909.265	62.67***
Ö x K	3	11.57	17.16***	14.27	78.36***	435.88	30.04***
Hata	16	0.67		0.18		14.50	

(***) P<0.001 düzeyinde önemlidir.

Ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin renk değerleri (L*, a*, b*, C, H°, TRD, Eİ) ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.10’da verilmiştir. Ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan örneklerin renk değerleri ortalamaları arasındaki farklılık önemli bulunmuştur (P<0.05). Ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan örneklerde taze meyveye göre L* ve a* değeri artmış, b*, C ve H° değeri azalış göstermiştir. Ön işlemlili kurutma ortalamalarında a* değerindeki artışla, b*, C ve H° değerindeki azalış ön işlemsiz kurutma ortalamalarına göre daha fazla

olmuştur. Nitekim L^* , a^* ve b^* değerleriyle ilişkili TRD ve Eİ değerleri de ön işlemlilerde kurutulan örneklerde daha fazla gerçekleşmiştir.

Kurutma yöntemlerinin genel olarak L^* ve a^* değerini arttırdığı, b^* , C ve H° değerlerini ise azalttığı belirlenmiştir. Bu durum genel olarak kamkat dilimlerinde kurutma yöntemleri sonucunda parlaklık ve kırmızılığın arttığına, sarılığın ise azaldığına işaret etmektedir. Kurutma yöntemlerinin L^* değeri ortalamaları 63.28-70.22 arasında değişmekte olup, US-SHK yöntemi L^* değeri ortalaması diğer yöntemlerden yüksektir ($P<0.05$). SHK ve MDSHK yöntemleri ise kamkat dilimlerinin L^* değeri üzerine aynı etkiyi göstermişlerdir ($P>0.05$). Kurutma yöntemlerine göre en yüksek a^* değeri MDSHK yönteminde (11.14), en düşük a^* değeri ortalaması ise US-SHK yönteminde (5.12) tespit edilmiştir ($P<0.05$). SHK ve VK yöntemi a^* değeri ortalamaları arasındaki farklılık ise istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). Kurutma yöntemlerinin b^* ve C değeri ortalamaları sırasıyla 45.60-50.12 ve 46.56-51.44 arasında değişmekte olup, en yüksek değerler MDSHK, US-SHK ve VK yönteminde tespit edilmiş ve bu yöntemlerin b^* ve C değerleri benzerlik göstermektedir ($P>0.05$). En düşük b^* ve C değerleri ise SHK yönteminde kaydedilmiştir. H° değerleri incelendiğinde, en yüksek H° değeri ortalaması US-SHK yönteminde (84.12), en düşük H° değeri ortalaması ise MDSHK yönteminde (77.23) belirlenmiştir ($P<0.05$). SHK ve VK yöntemlerinin H° değerleri ortalamaları ise birbirine yakın tespit edilmiştir ($P>0.05$). Kurutma yöntemlerinin TRD ortalamaları 9.41-11.92 arasında değişmiştir. Kurutma yöntemlerinden en fazla toplam renk değişimi SHK yönteminde gerçekleşmiştir ($P<0.05$). En az renk değişimi US-SHK, MDSHK ve VK yöntemlerinde belirlenmiş olup, bu yöntemlerin TRD değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$). Tüm kurutma yöntemlerinin kamkat dilimlerinin Eİ değerleri üzerine etkisi $P<0.05$ düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir. En yüksek Eİ değeri ortalaması MDSHK yönteminde, en düşük Eİ ortalaması ise US-SHK yönteminde belirlenmiştir.

Kurutulmuş kamkat dilimlerinin L^* , a^* , b^* , C, H° , TRD ve Eİ değerleri tüm uygulamalara göre (Ö x K) önemli düzeyde ($P<0.05$) farklılık göstermiştir. En yüksek L^* değeri ön işlemliler US-SHK yönteminde (71.35), en düşük L^* değeri ise ön işlemliler SHK yönteminde (57.39) belirlenmiştir. Ön işlemliler ve ön işlemsiz kurutma uygulamaları sonucu kamkat dilimlerinin a^* değeri 4.57-13.44 arasında değişmiştir. En yüksek a^* değeri ön işlemliler MDSHK yöntemiyle kurutulan örneklerde, en düşük a^* değeri ise ön işlemliler ve ön işlemsiz US-SHK yöntemiyle kurutulan örneklerde belirlenmiştir. L^* değerinin artışı parlaklık derecesinin artışıyla açıklanmaktadır. a^* değerindeki artış ise kırmızılığın artışına yani esmerleşme reaksiyonlarına işaret etmektedir. L^* değerindeki en yüksek artış ve a^* değerindeki en düşük artışın gerçekleştiği ön işlemliler US-SHK yönteminde uygulanan haşlama işlemi ve ultrason destekli ozmotik dehidrasyonun enzimatik esmerleşme reaksiyonlarını önleyerek (Krokida ve Maroulis 2000) renk değerlerinin (L^* , a^* , b^*) stabilitesini kısmen sağladığı düşünülmektedir. L^* değerindeki azalış ise kurutma sıcaklığının etkisiyle Maillard ya da karamelizasyon reaksiyonları sonucu parlaklığın azalması anlamına gelmektedir (Ghanem vd. 2012).

b^* değerleri incelendiğinde en yüksek b^* değeri (54.02) ön işlemsiz MDSHK, en düşük b^* değeri (43.34) ise ön işlemliler SHK yöntemiyle kurutulan örneklerde tespit

edilmiştir. Benzer şekilde en yüksek C değeri (54.74) ön işlemsiz MDSHK yöntemiyle kurutulan örneklerde, en düşük C değeri (44.74) ön işlemlili SHK yöntemiyle kurutulan örneklerde saptanmıştır. b^* değerinin artması sarılığın artması ve daha az kahverengileşmeye işaret etmektedir (Darvishi vd. 2013). Ön işlemsiz MDSHK yöntemi ile kurutulan örneklerin sarı rengi daha fazla koruduğu söylenebilir. Mikrodalga ile kurutmada gıda maddesinde su içten yüzeye doğru itilir ve buharlaşır. Bu işlem, yüzeyin aşırı ısınma olgusuna neden olmadan kuruma ile sonuçlanır. Bu nedenle bu yöntemde ürün yüzeyinin rengi daha iyi korunabilmektedir (Darvishi vd. 2013). Ghanem Romdhane vd (2015) limon kabuklarının farklı sıcaklıklarda kurutulması ile b^* değerindeki azalışın karotenoid pigmentlerinin parçalanmasından kaynaklanabileceğini ileri sürmüştür.

Çizelge 4.10. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin renk değerlerine* ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları(ort±std)

Faktörler	L*	a*	b*	C	H°	TRD	EI
Ö^a							
Ön işlemsiz	68.66±1.80a	7.36±1.86b	50.60±2.67a	51.16±2.78a	81.74±1.96a	8.81±1.62b	127.70±15.13b
Ön işlemlili	62.79±5.45b	10.08 ±3.05a	46.67±2.40b	47.85±2.08b	77.73±3.89b	11.50±1.94a	133.79±12.60a
K^b							
SHK	63.28±6.48c	9.06±2.48b	45.60±2.61b	46.56±2.24b	78.65±3.47b	11.92±2.26a	126.74±13.25c
VK	65.97±4.78b	9.55±0.67b	48.95±1.45a	49.88±1.30a	78.92±1.07b	9.75±0.71b	132.00±10.48b
US-SHK	70.22±1.56a	5.12±0.68c	49.87±1.94a	50.14±1.92a	84.12±0.84a	9.41±1.16b	117.41±6.11d
MDSHK	63.43±2.96c	11.14±2.52a	50.12±4.31a	51.44±3.66a	77.23±3.80c	9.55±3.28b	146.84±5.41a
ÖxK^c							
Ön işlemsiz-SHK	69.16±0.97b	7.09±0.07e	47.87±0.74d	48.38±0.74c	81.57±0.08b	9.94±0.83c	115.18±3.82de
Ön işlemsiz-VK	70.29±0.33b	8.94±0.03 d	50.26±0.28b	51.05±0.28b	79.90±0.03c	10.38±0.25c	122.82±1.24c
Ön işlemsiz-US-SHK	69.09±1.48b	4.57±0.47f	50.27±2.95b	50.48±2.93cb	84.78±0.61a	8.37±0.38e	121.21±6.96dc
Ön işlemsiz-MDSHK	66.12±0.56c	8.84±0.25d	54.02±0.93a	54.74±0.89 a	80.69±0.38cb	6.56±0.26f	151.60±1.96a
Ön işlemlili-SHK	57.39±0.63e	11.04±1.92b	43.34±1.06e	44.74±1.43 d	75.74±2.15e	13.90±0.54a	138.30±4.90b
Ön işlemlili-VK	61.66±1.19d	10.17±0.06bc	47.65±0.33cd	48.72±0.33cb	77.95±0.03 d	9.12±0.21 d	141.18±4.51b
Ön işlemlili-US-SHK	71.35±0.22a	5.67 ±0.21f	49.47±0.54cb	49.79±0.52cb	83.45±0.27a	10.46±0.06c	113.61±1.24e
Ön işlemlili-MDSHK	60.75±0.15d	13.44±0.23a	46.23±0.32d	48.14 0.26c	73.78±0.35 f	12.54±0.36b	142.08±1.24b

*Her bir faktör için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

(^a): N=12; (^b): N=6; (^c): N=3

Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin H° değeri 73.78-84.78 arasında belirlenmiştir. En yüksek H° değeri ön işlemlili ve ön işlemsiz US-SHK yöntemleriyle kurutulan örneklerde, en düşük H° değeri ise ön işlemlili MDSHK yöntemiyle kurutulan örneklerde belirlenmiştir. Hawlader vd (2006), H° değerlerindeki düşüşün, kahverengileşmenin ve sarılıktan uzaklaşmanın bir göstergesi olduğunu belirtmiştir. H° değerinin 0° olması kırmızı, 90° olması sarı, 180°

olması yeşil ve 270° olması mavi renk tonlarını ifade etmektedir (Veberic vd. 2010). Buna göre US-SHK yöntemiyle kurutulan örneklerin büyük ölçüde sarı renklerini korudukları düşünülmektedir.

L^* , a^* ve b^* değerleriyle ilişkili TRD en fazla (13.90) ön işlemlili SHK yöntemiyle kurutulan örneklerde, en az (6.56) ise ön işlemsiz MDSHK yöntemiyle kurutulan örneklerde gerçekleşmiştir.

Eİ değerleri ise 113.61 ile 151.60 değerleri arasında belirlenmiştir. En yüksek Eİ değeri ön işlemsiz MDSHK, en düşük Eİ değeri ön işlemlili US-SHK yöntemi ile kurutulan örneklerde tespit edilmiştir. US-SHK yönteminde uygulanan haşlama ve ultrason destekli ozmotik kurutma işleminin enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarına katılan indirgen şekerlerin miktarını etkilediği düşünülmektedir (Orak vd. 2011).

Akdaş ve Başlar (2014) mandarin dilimlerini sıcak hava akımlı kurutucu ve vakum kurutucuda 55, 65 ve 75 °C’de kuruttukları çalışmada, L^* , a^* ve b^* değerlerinin taze meyveye göre her iki yöntemde de artış gösterdiğini belirlemişlerdir. TRD değerinin 3.73- 9.08 arasında değiştiğini saptamışlardır. En fazla renk değişiminin sıcak hava fırınında kurutma yönteminde gerçekleştiğini, özellikle a^* ve b^* değeri değişiminin bu yöntemde gerçekleştiğini belirlemişlerdir.

Kurutma sırasında uygulanan ısı ile birlikte oluşan renk değişimlerinin başlıca nedenleri enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları, karotenoid kayıpları, renk pigmentlerinin parçalanması ve L-askorbik asitin oksidasyonudur (Ghanem Romdhane vd. 2015, Ghanem vd. 2012).

4.2.4. Rehidrasyon oranı

Kurutulmuş kamkat dilimlerinin rehidrasyon oranı ıslak ürün ağırlığının kuru ürün ağırlığına bölünmesiyle hesaplanmıştır. Varyans analizi sonuçlarına (Çizelge 4.11) göre ön işlemin, kurutma yöntemlerinin ve ön işlem x kurutma yöntemi interaksyonunun kamkat dilimlerinin rehidrasyon oranına etkisi $P<0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.11. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin rehidrasyon oranı değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VAR	SD	KO	F
Ö	1	30.00	1393.46***
K	3	9.07	421.66***
Ö x K	3	3.92	182.31***
Hata	16	0.02	

(***) $P<0.001$ düzeyinde önemlidir.

Kurutulmuş kamkat dilimlerinin rehidrasyon oranı ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Ön işlemlili kurutulan örneklerin (5.33) ön işlemsiz kurutulan örneklerden (3.09) daha yüksek rehidrasyon oranına sahip olduğu gözlenmiştir. Kurutma öncesi yapılan haşlama ön işleminin

hücre sel yapıda büyük boşluklara neden olduğu ve bu nedenle kurutulmuş ürünün rehidrasyon sırasında daha fazla suyu absorbe ettiği düşünölmektedir (Vega Galvez vd. 2009). Baloch vd. (1977) havuçlarda haşlamanın sonucu olarak çözünür madde içeriğinde azalmanın kurutma sonrası ürünün hidrasyon özelliklerini geliştirdiğini ifade etmişlerdir.

Kurutma yöntemi ortalamalarına göre rehidrasyon oranları 2.44-5.08 arasında tespit edilmiştir. SHK ve MDSHK yöntemiyle kurutulan kamkat dilimlerinin diğ er kurutma yöntemlerinden daha yüksek rehidrasyon oranına sahip olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Kurutma sırasında gıda maddesinin doku bütünlüğünün bozulması sonucu hücre sel yapıda geri dönüşsüz bozulmalar meydana gelir. Böylece hidrofilik özelliklerin azalmasıyla birlikte rehidrasyon oranı azalır (Jayaraman vd. 1990). Çalışmamızda kullanılan kurutma yöntemlerinden SHK ve MDSHK yöntemlerinin, kurutma sırasında kamkat dilimlerinin doku bütünlüğünü diğ er yöntemlere göre olumlu etkilediğı söylenebilir. Sıcak hava ve mikrodalga yöntemi ile kurutmanın kivide rehidrasyon, kuruma ve çekme özelliklerine etkisinin incelendiğı bir araştırmada mikrodalga kullanımının sıcak hava kurutma ile birlikte kullanıldığı zaman elde edilen son ürünün daha az büzüldüğü, böylece daha iyi rehidrasyon özelliklerine sahip olduğu belirlenmiştir (Maskan 2001). Bir diğ er çalışmada mikrodalga enerjisinin neden olduğu hücre içi boşlukların, kurutulmuş ürünün rehidrasyon sırasında daha fazla suyu absorbe etmesine, dolayısıyla rehidrasyon kapasitesinin artmasına yol açtığı bildirilmiştir (Askari vd. 2006).

Çizelge 4.12. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işleml i ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin rehidrasyon oranlarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları(ort±std)

Faktörler	N	Rehidrasyon Oranı*
Ö		
Ön işlemsiz	12	3.09±0.41 b
Ön işleml i	12	5.33±1.84 a
K		
SHK	6	5.08±1.82 a
VK	6	4.33±1.22 b
US-SHK	6	2.44±0.09 c
MDSHK	6	5.00±1.89 a
ÖxK		
Ön işlemsiz-SHK	3	3.42 ±0.09 c
Ön işlemsiz-VK	3	3.23± 0.30 c
Ön işlemsiz-US-SHK	3	2.46 ±0.03 d
Ön işlemsiz-MDSHK	3	3.28± 0.07 c
Ön işleml i-SHK	3	6.74± 0.18 a
Ön işleml i-VK	3	5.44± 0.09 b
Ön işleml i-US-SHK	3	2.42 ±0.14 d
Ön işleml i-MDSHK	3	6.73 ±0.03 a

*Her bir faktör için sütun içerisindeki farklı harfler ortalamaların $P<0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Ön işleml i ve ön işlemsiz olarak farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan kamkat dilimlerinin rehidrasyon oranlarının 2.42-6.74 arasında değ iştiğı saptanmıştır. Ön işleml i SHK ve ön işleml i MDSHK yöntemi ile kurutulan örneklerin diğ er

uygulamalardan daha yüksek rehidrasyon oranına sahip olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Bu yöntemlerde kurutma öncesi uygulanan haşlama işlemi hücreler arası boşlukları arttırarak kurutma süresini diğer kurutma yöntemlerine göre daha kısa sürede gerçekleşmesini sağlamıştır. Bu durum kurutma esnasında üründe daha az hücresel ve yapısal bozukluklara sebep olarak rehidrasyon oranını arttırmış olabilir. Genel olarak sıcak hava kurutma esnasında uygulanan kurutma sıcaklığı da rehidrasyon oranını etkileyen önemli faktörlerdendir (Vega-Galvez vd. 2009). En düşük rehidrasyon oranına sahip örnekler ise ön işlemlili US-SHK (2.42) ve ön işlemsiz US-SHK (2.46) yöntemleri ile kurutulan örneklerdir. Uygulanan ultrason destekli ozmotik kurutma işleminde sakkarozun çözeltiden ürüne difüzyonuyla hücreler arası boşluklar azalarak, hücre geçirgenliğini etkiler. Bunun sonucu olarak rehidrasyon sırasında kurutulmuş örneklerin daha az suyu absorbladığı (Rastogi vd. 2004) düşünülmektedir.

4.2.5. Toplam fenolik madde içeriği

Çizelge 4.13’de ön işlemsiz ve ön işlemlili kamkat meyvelerinin TFM içerikleri verilmiştir. Ön işlemsiz meyvede TFM içeriği 660.51 mg GAE/100 g km olarak tespit edilmiştir. Literatürde bu konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde; farklı kamkat çeşitlerinin suyunda TFM içeriği 235.5 mg GAE/100 mL (Schirra vd. 2011), 290.60 mg/100 mL (Schirra vd. 2008), bütün meyve olarak 52.3 mg/g kuru ağırlık (Wang vd. 2007), farklı ekstraksiyon koşullarında meyve kabuğunda 551-1362 mg GAE/100 g kuru ağırlık, pulp kısmında ise 571-861 mg GAE/100 g kuru ağırlık (Lou vd. 2016) ve 0.406 mg GAE/100 g kuru ağırlık olarak (Allam vd. 2015) tespit edilmiştir. Bulgularımız ve literatür değerleri arasındaki farklılıklar meyvenin çeşidi, meyvenin analiz yapıldığı kısım, olgunluk aşaması gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır. Taze meyvede TFM içeriği haşlama işlemi ile birlikte %17.25 azalarak 546.56 mg GAE/100 g km değerine düşmüştür. Suda haşlama işlemi fenolik bileşiklerin suda çözünmesine neden olarak, bunların kaybına yol açabilmektedir (Joubert 1990). Kuljarachanan vd. (2009) misket limonu kabuk artıklarına uygulanan 95°C’de 5 dk haşlama işleminin TFM içeriğinde %7.65’ lik bir kayba neden olduğunu saptamışlardır.

Çizelge 4.13. Ön işlemsiz ve ön işlemlili kamkat meyvelerinin TFM içerikleri (ort±std)

Kamkat Meyvesi	TFM İçeriği (mg GAE/100 g km)
Ön işlemsiz	660.51±2.36
Ön işlemlili	546.46±5.03

Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin TFM içeriklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.14’de verilmiştir. Buna göre kurutma öncesi uygulanan ön işlemin, kurutma yöntemlerinin ve bunların arasındaki interaksiyonların etkisi $P<0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.14. Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin TFM içeriklerine ait varyans analiz sonuçları

VAR	SD	KO	F
Ö	1	118785.73	69647.43***
K	3	180159.39	99999.99***
Ö x K	3	15246.72	8939.58***
Hata	16	1.70	

(***) P<0.001 düzeyinde önemlidir.

Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin TFM değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları Çizelge 4.15’de yer almaktadır. Ön işlemsiz kurutulmuş örneklerin TFM içeriği ortalaması (514.36 mg GAE/100 g km), ön işlemlili olarak kurutulmuş örneklerin ortalamasından (373.65 mg GAE/100 g km) yüksek bulunmuştur (P<0.05). Ön işlem olarak uygulanan haşlama işlemi kamkat dilimlerinin kurutma sonrası TFM içeriğinde ön işlemsiz kurutulmuşlara göre daha fazla azalmaya neden olmuştur. Akter vd. (2010), trabzon hurması meyvelerine sıcak hava ile kurutulması öncesinde 90°C’de 2 dk’lık suda haşlama işlemi uygulanmıştır. Genel olarak kurutma öncesi haşlama işlemi uygulanan örneklerin, haşlanmadan kurutulmuş örneklerden daha düşük TFM içeriğine sahip olduğu gözlenmiştir.

Kurutma yöntemi ortalamalarına göre en yüksek TFM içeriği 610.58 mg GAE/100 g km ile VK yönteminde, en düşük TFM içeriği ise 255.18 mg GAE/100 g km ile US-SHK yönteminde tespit edilmiştir (P<0.05).

Çizelge 4.15. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin TFM içeriklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ort±std)

Faktörler	N	TFM İçeriği* (mg GAE/100 g km)
Ö		
Ön işlemsiz	12	514.36±140.7 a
Ön işlemlili	12	373.65±183.03 b
K		
SHK	6	570.08±52.15 b
VK	6	610.58±72.03 a
US-SHK	6	255.18±155.52 d
MDSHK	6	340.18±28.61 c
ÖxK		
Ön işlemsiz-SHK	3	617.69±0.50 b
Ön işlemsiz-VK	3	676.33±2.18 a
Ön işlemsiz-US-SHK	3	397.13±1.05 e
Ön işlemsiz-MDSHK	3	366.28±1.69 f
Ön işlemlili-SHK	3	522.47±1.23 d
Ön işlemlili-VK	3	544.84±1.03 c
Ön işlemlili-US-SHK	3	113.22±1.29 h
Ön işlemlili-MDSHK	3	314.08±0.57 g

*Her bir faktör için sütun içerisindeki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutma uygulamaları sonucu, en yüksek TFM içeriği (676.33 mg GAE/100 g km) ön işlemsiz VK yöntemiyle kurutulan örneklerde, en düşük TFM içeriği (113.22 mg GAE/100 g km) ise ön işlemlili US-SHK yöntemiyle kurutulan örneklerde tespit edilmiştir ($P<0.05$). VK yönteminden sonra en yüksek TFM içeriği ön işlemsiz SHK yöntemiyle kurutulan örneklerde tespit edilmiştir. Kurutma yöntemleri ve sıcaklıklarının, turuncgil meyvelerinde fenolik içeriğini etkilediği yönünde çalışmalar mevcuttur (Garau vd. 2007; Chen vd. 2011; Tasirin vd. 2014; Lou vd. 2015).

Çalışmamızda ön işlemsiz VK yöntemiyle kurutulan kamkat dilimlerinin taze meyveye göre TFM içeriğinde artış görülmektedir. Kurutma sırasında uygulanan sıcaklığa bağlı olarak dokunun parçalanarak, bitki hücresinde bağlı durumda olan fenolik bileşiklerin serbest forma geçmesi ile fenolik madde içeriği artabilmektedir (Wojdyło vd. 2014). Bazı araştırmacılar vakum kurutma yönteminin sıcak hava ile kurutma yöntemine göre fenoliklerin parçalanmasını önlediğini bildirmişlerdir. (Akdaş ve Başlar 2014; Karaman vd. 2014; Quintero Ruiz vd. 2014). Ön işlemsiz VK yönteminden sonra en yüksek TFM içeriği ise ön işlemsiz SHK yöntemiyle kurutulan örneklerde belirlenmiş olup, taze meyveye göre en az TFM kaybı da (%6.48) bu yöntemde gerçekleşmiştir. Kurutma sırasında uygulanan sıcaklığa ve süreye bağlı olarak bazı fenolik maddelerin de parçalandığı ve buna bağlı olarak kayba uğradığı bildirilmiştir. Portakal kabuklarının 50 ve 60°C’de kurutulması ile TFM içeriğinin taze kabuğa göre azaldığı tespit edilmiştir (Chen vd. 2011). Limon kabuklarının farklı kurutma sıcaklıkları (40, 50 ve 60°C) ile kurutulması sonucu taze kabuğa göre TFM kaybı en fazla 40°C kurutma sıcaklığında gerçekleşmiştir (Ghanem Romdhane vd. 2015). Diğer yandan, olgunlaşmamış kamkatin (*C. japonica* var. margarita) 110 ve 130°C’de farklı sürelerde kurutulması sonucu TFM içeriğinde artış tespit edilmiştir (Lou vd. 2015).

Çalışmamızda taze örneğe göre en yüksek TFM kaybı %82.85 ile ön işlemlili US-SHK yöntemiyle kurutulan örneklerde tespit edilmiştir. Bu kaybın sıcak hava kurutma işlemi öncesinde uygulanan suda haşlama işlemi ve ultrason destekli ozmotik dehidrasyondan kaynaklandığı düşünülmektedir. Meyvedeki fenolik bileşiklerin haşlama esnasında uygulanan sıcaklıkla parçalanarak veya çözünerek haşlama suyuna geçtiği (Joubert 1990; Zid vd. 2015) ve sonrasında uygulanan ozmotik kurutma sırasında çözeltiye difüzyon yolu ile geçtiği (Fernandes ve Rodrigues 2008) söylenebilir. Ön işlemsiz yapılan kurutma çalışmalarında da en yüksek fenolik kaybı %44.54 ile US-SHK ile kurutulan örneklerde gözlemlenmiştir. Ultrason uygulaması sırasında, özellikle suda çözünebilir gıda bileşenlerinin taşınmasını sağlayan kavitasyonun, mikrokanalların oluşumunu teşvik ederek fenolik kaybına neden olduğu bildirilmiştir (Mothibe vd. 2011). Amami vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada çileklerin ultrason destekli ozmotik dehidrasyonu sonrasında 60°C’ de sıcak hava ile kurutulmaları sonucu toplam fenolik kaybının %51.94 olduğunu tespit etmişlerdir.

4.2.6. Toplam karotenoid içeriği

Karotenoidler meyve ve sebzelerdeki sarı, turuncu ve kırmızı renkten sorumlu renk pigmentleridir. Karotenoidlerin korunması, kurutma işlemlerinde son ürünün kalitesinin belirlenmesinde önemli bir faktördür. Karotenoidler sıcaklık, oksijen, ışık ve bazı enzimlerin varlığında parçalanabilirler (Cui vd. 2004).

Ön işlemsiz ve ön işlemlili kamkat meyve dilimlerine ait toplam karotenoid içeriği Çizelge 4.16’da verilmiştir. Ön işlemsiz örnekte belirlenen toplam karotenoid içeriği (91.02 mg β - karoten/100g km) Wang vd. (2007) (10.5 mg/100 g km) ve Schirra vd. (2008) (1.27 mg/100 g) tarafından bildirilen değerlerden yüksektir. Kamkatta tespit edilen başlıca karotenoid bileşenlerinin β -kriptoksantin, β -karoten, lutein ve zeaksantin olduğu bildirilmiştir (Wang vd. 2007; Schirra vd. 2008). Taze meyvedeki toplam karotenoid içeriği, haşlama işlemi ile birlikte %5.88 kayba uğramıştır. Cui vd. (2004), hücre yapısının haşlama işlemi sırasında bir takım değişikliklere uğrayarak, karotenoidlerin haşlama suyuna geçebilebileceğini rapor etmişlerdir.

Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin toplam karotenoid içeriğine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre ön işlem, kurutma yöntemleri ve bunların arasındaki interaksiyonların kamkat dilimlerine etkisi $P<0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.16. Ön işlemsiz ve ön işlemlili kamkat meyvelerinin toplam karotenoid içerikleri (ort $\pm$ std)

Kamkat meyvesi	Toplam Karotenoid İçeriği (mg β -karoten/100 g km)
Ön işlemsiz	91.02 $\pm$ 0.84
Ön işlemlili	85.69 $\pm$ 0.39

Çizelge 4.17. Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin toplam karotenoid içeriğine ait varyans analizi sonuçları

VAR	SD	KO	F
Ö	1	956.76	12084.69***
K	3	1201.85	15180.32***
Ö x K	3	76.82	970.32***
Hata	16	0.079	

(***) $P<0.001$ düzeyinde önemlidir.

Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin toplam karotenoid içeriklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.18’de yer almaktadır. Ön işlemlili kurutulan örneklerin toplam karotenoid içeriği ortalaması (41.85 mg β -karoten/100 g km), ön işlemsiz kurutulan örneklerin ortalamasından (29.20 mg β -karoten /100 g km) yüksek bulunmuştur ($P<0.05$). Bu durumun kuruma süresi ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Ön işlemlili olarak kurutulan kamkat dilimleri daha kısa sürede kurumuştur (Çizelge 4.2). Termal işleme yöntemleri gıda matriksini ve mikroyapıyı etkileyerek, hücre duvarı hasarına yol açarlar. Yüksek sıcaklıklar karotenoidlerin yüksek miktarda ekstrakte edilmesine yol açabilmektedir (Barba vd. 2017). Ön işlem olarak uygulanan haşlama işleminde sıcaklık faktörü bu örneklerin kurutma sonrası ön işlemsiz kurutulanlara göre daha yüksek karotenoid içeriğine sahip olmasına sebep olmuş olabilir. Kurutma yöntemi toplam karotenoid içeriği ortalamalarının 45-53.11 mg β -karoten/100 g km arasında değiştiği

belirlenmiştir. MDSHK yöntemi ortalamasının diğer yöntemlere göre önemli düzeyde ($P<0.05$) yüksek karotenoid içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.18. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin toplam karotenoid içeriklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ort $\pm$ std)

Faktörler	N	Toplam karotenoid içeriği* (mg β -karoten/100 g km)
Ö		
Ön işlemsiz	12	29.20 $\pm$ 12.23 b
Ön işlemlili	12	41.85 $\pm$ 14.11 a
K		
SHK	6	35.00 $\pm$ 0.18 c
VK	6	35.51 $\pm$ 0.27 b
US-SHK	6	18.45 $\pm$ 0.20 d
MDSHK	6	53.11 $\pm$ 0.64 a
ÖxK		
Ön işlemsiz-SHK	3	31.67 $\pm$ 0.16 d
Ön işlemsiz-VK	3	24.26 $\pm$ 0.01 e
Ön işlemsiz-US-SHK	3	14.39 $\pm$ 0.006 g
Ön işlemsiz-MDSHK	3	46.48 $\pm$ 0.18 b
Ön işlemlili-SHK	3	38.33 $\pm$ 0.18 c
Ön işlemlili-VK	3	46.75 $\pm$ 0.27 b
Ön işlemlili-US-SHK	3	22.51 $\pm$ 0.20 f
Ön işlemlili-MDSHK	3	59.73 $\pm$ 0.64 a

*Her bir faktör için sütun içerisindeki farklı harfler ortalamaların $P<0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin toplam karotenoid içerikleri arasındaki farklılıklar istatistiksel düzeyde önemlidir ($P<0.05$). Tüm ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan örneklerde toplam karotenoid içeriği taze meyveye göre %34.37-84.19 oranları arasında azalış göstermiştir. En yüksek toplam karotenoid içeriği ön işlemlili MDSHK yöntemiyle kurutulan örneklerde (59.73 mg β -karoten /100 g), en düşük toplam karotenoid içeriği ise ön işlemsiz US-SHK yöntemiyle kurutulan örneklerde (14.39 mg β -karoten/100 g km) tespit edilmiştir. Karotenoidlerin stabilitesinde kurutma öncesi uygulanan ön işlemliler, kullanılan kurutma yöntemi ve sıcaklığı önemli faktörlerdir (Cui vd. 2004). Ön işlemlili MDSHK uygulaması diğer yöntemlere göre karotenoidlerin kaybını azaltmıştır. Bu yöntem aynı zamanda kamkat dilimlerinin en kısa sürede kuruduğu yöntem olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Dolayısıyla kamkat dilimleri kurutma sırasında daha kısa süre sıcaklığa maruz kalmış ve karotenoid degradasyonu diğer uygulamalara göre daha az gerçekleşmiş olabilir. Ayrıca haşlama ön işlemlili hücre yapısını etkileyerek karotenoidlerin ekstraksiyonunu etkileyebilmektedir (Barba vd. 2017). Cui vd. (2004) ön işlemlili olarak haşlama işlemlili kullanımıldığı havuçların farklı yöntemlerle kurutulması çalışmasında mikrodalga destekli sıcak hava, vakum kurutma gibi yöntemlerin yüksek karotenoid içeriği için kullanılabilecek kurutma yöntemleri olduğunu bildirmişlerdir.

4.2.7. Askorbik asit

Ön işlemsiz ve ön işlemlili kamkat meyvelerinin askorbik asit miktarları sırasıyla 298.35 mg/100 g km ve 132.23 mg/100 g km olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.19). Wang vd. (2007) tarafından kamkat meyvesinin yenilebilir kısmında askorbik asit içeriği 6.77 mg/g km olarak tespit edilmiştir. Schirra vd. (2008) ise kamkatta askorbik asit içeriğini 18.19 mg/100 g olarak belirlemiştir. Bulgularımız ve literatür değerleri arasındaki farklılıkların çeşit, analiz ve ekstraksiyon koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Haşlama ön işlemi ile birlikte taze meyvede askorbik asit içeriği %55.67 kayba uğramıştır. Bu kaybın, askorbik asitin suda çözünabilir özellikte olması nedeniyle haşlama suyuna geçmesinden, ayrıca askorbik asitin yüksek sıcaklıklara ve oksidasyona karşı stabil olmayışından kaynaklandığı düşünülmektedir (Negi ve Roy 2000; Badwaik vd. 2015). Mousa vd. (2011) kamkat ilaveli yoğurt üretimiyle ilgili yaptıkları çalışmada kamkatta 90.38 mg/100 g taze ağırlık olan askorbik asit içeriğinin, haşlama işlemi ile %55.05 azaldığını saptamışlardır. Bulgularımız söz konusu literatürle uyumludur. Kuljarachanan vd. (2009) ve Wuttipalakorn vd. (2009) misket limonu kabuklarında yaptıkları çalışmada, 95°C'de 5 dk'lık haşlama işleminin, askorbik asit içeriğinde sırasıyla %34 ve %47 azalmaya neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.19. Ön işlemsiz ve ön işlemlili kamkat meyvelerinin askorbik asit içerikleri (ort±std)

Kamkat meyvesi	Askorbik asit (mg/100 g km)
Ön işlemsiz	298.35±0.76
Ön işlemlili	132.23±0.43

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.20) ön işlem, kurutma yöntemi ve ön işlem x kurutma yöntemi interaksiyonunun kamkat dilimlerinin askorbik asit miktarları üzerine etkisi $P<0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.20. Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin askorbik asit değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VAR	SD	KO	F
Ö	1	95271.12	38389.39***
K	3	11931.54	4807.80***
Ö x K	3	764.89	308.21***
Hata	16	2.48	

(***) $P<0.001$ düzeyinde önemlidir.

Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin askorbik asit içeriklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.21'de yer almaktadır. Ön işlemsiz kurutulan örneklerin askorbik asit ortalaması (218.11 mg/100 g km), ön işlemlili olarak kurutulan örneklerin ortalamasından (92.10 mg/100 g km) yüksek bulunmuştur ($P<0.05$). Ön işlemsiz kurutma daha az askorbik asit kaybına neden olmuştur. Kurutma yöntemleri ortalamalarına göre, en yüksek askorbik asit ortalaması (202.26 mg/100 g km) VK

yönteminde, en düşük askorbik asit ortalaması ise (104.24 mg/100 g km) ise US-SHK yönteminde tespit edilmiştir. ($P<0.05$).

Ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan kamkat dilimlerinin askorbik asit içerikleri önemli düzeyde ($P<0.05$) farklı olup, 45.88-281 mg/100 g km arasında tespit edilmiştir. Örneklere ait askorbik asit kromatogramları EK-1’de verilmiştir. Kurutulmuş kamkat dilimlerinde, taze meyveye göre askorbik asit içeriği %5.81-84.62 oranları arasında azalış göstermiştir. En yüksek askorbik asit içeriği ön işlemsiz VK ile kurutulan örneklerde, en düşük askorbik asit içeriği ise ön işlemlili US-SHK yöntemi ile kurutulan örneklerde belirlenmiştir. Vakum kurutma yönteminin ortamdaki düşük seviyedeki oksijen seviyesi nedeniyle askorbik asit kaybını azalttığı bildirilmiştir (Sablani 2006). Askorbik asit oksijen, ışık, sıcaklık, nem, pH, enzimler ve metalik iyon katalizörleri gibi etkenlerle kolayca parçalanabilmektedir (Santos ve Silva 2008). Kurutma prosesinde kurutma sıcaklığı ve oksidasyon askorbik asit degradasyonuna yol açabilmektedir (Akdaş ve Başlar 2014). Akdaş ve Başlar (2014) mandarin dilimlerini sıcak hava fırını ve vakum kurutma yöntemiyle kuruttukları çalışmada, sıcak hava ile kurutmanın vakum kurutmaya göre askorbik asitte daha fazla parçalanmaya neden olduğunu tespit etmişlerdir. Öte yandan Tasirin vd. (2014) portakal kabuklarında akışkan yatak kurutma ve güneşte kurutma sonucu askorbik asit kaybının %20-50 arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.21. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin askorbik asit içeriklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ort $\pm$ std)

Faktörler	N	Askorbik asit* (mg /100 g km)
Ö		
Ön işlemsiz	12	218.11 $\pm$ 46.08 a
Ön işlemlili	12	92.10 $\pm$ 36.64 b
K		
SHK	6	180.92 $\pm$ 0.60 b
VK	6	202.26 $\pm$ 1.04 a
US-SHK	6	104.24 $\pm$ 0.83 d
MDSHK	6	133.01 $\pm$ 0.22 c
ÖxK		
Ön işlemsiz-SHK	3	233.29 $\pm$ 2.71 b
Ön işlemsiz-VK	3	281.00 $\pm$ 1.47 a
Ön işlemsiz-US-SHK	3	162.61 $\pm$ 0.63 d
Ön işlemsiz-MDSHK	3	195.56 $\pm$ 2.78 c
Ön işlemlili-SHK	3	128.56 $\pm$ 0.60 e
Ön işlemlili-VK	3	123.53 $\pm$ 1.04 f
Ön işlemlili-US-SHK	3	45.88 $\pm$ 0.83 h
Ön işlemlili-MDSHK	3	70.46 $\pm$ 0.22 g

*Her bir faktör için sütun içerisindeki farklı harfler ortalamaların $P<0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir

Ön işlemlili US-SHK yöntemindeki askorbik asit kaybı, haşlama suyu ve ozmotik çözeltiye askorbik asitin difüzyonundan ve ardından uygulanan SHK yöntemi

koşullarından kaynaklanmış olabilir (Santos ve Silva 2008; Guiamba vd. 2016). Sıcak hava ile tamamlayıcı kurutmada meydana gelen kaybın daha çok oksidasyona bağlı degradasyondan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Nitekim sıcak hava ile kurutma sırasında meydana gelen askorbik asit kaybının oksidasyonla ilişkili olduğunu bildiren çalışmalar mevcuttur (Inyang ve Ike 1998; Piga vd. 2004; Vega-Gálvez vd. 2009; Lemus-Mondaca vd. 2009).

4.2.8. Antioksidan aktivite

Çizelge 4.22’de ön işlemsiz ve ön işlemli kamkat meyvelerinin IC₅₀ ve ORAC değerleri verilmiştir. Ön işlemsiz ve ön işlemli meyvelerde IC₅₀ değerleri sırasıyla 203 mg/mg DPPH km ve 454.74 mg/mg DPPH km olarak belirlenmiştir. DPPH radikalının % 50’sinin inhibisyonu için gerekli madde konsantrasyonu olarak tanımlanan IC₅₀ değerinin düşük olması antioksidan aktivitenin yüksek olduğunu ifade etmektedir. Başka bir deyişle aynı miktar serbest radikali en düşük konsantrasyonda süpürebilen maddeler daha güçlü antioksidan aktivite göstermektedir (Kelebek 2010). Dolayısıyla haşlama ile birlikte taze örnekteki DPPH radikali süpürme aktivitesi azalış göstermiştir. Kuljarachanan vd. (2009) misket limonu kabuklarında yaptıkları çalışmada, 95°C’de 5 dk’lık haşlama işleminin DPPH radikali süpürme aktivitesini azalttığını ortaya koymuşlardır. Ön işlemsiz meyvede ORAC değeri 42.63 mmol TE/100 g km olarak tespit edilmiştir. Santrifüj edilmiş ve edilmemiş kamkat suyu örneklerinde ORAC değeri sırasıyla 38.16 µmol TE/100 mL ve 133.50 µmol TE/100 mL olarak belirlenmiştir (Keskin-Sasic vd. 2012). Haşlama işlemi ile birlikte taze kamkatın ORAC değeri %74.65 oranında azalış göstermiştir. Bazı çalışmalar haşlama işleminin antioksidan bileşikler üzerine yıkıcı etki yaptığını desteklemektedir (Krishnazwamy ve Raghuramulu 1998).

Çizelge 4.22. Ön işlemsiz ve ön işlemli kamkat meyvelerinin IC₅₀ ve ORAC değerleri (ort±std)

Kamkat meyvesi	IC ₅₀ (mg/mg DPPH km)	ORAC (mmol TE/100 g km)
Ön işlemsiz	203.00±2.73	42.63±0.26
Ön işlemli	454.74±2.78	10.81±0.02

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.23) kamkat dilimlerinin IC₅₀ ve ORAC değerleri üzerine ön işlem, kurutma yöntemi ve ön işlem x kurutma yöntemi etkisi P<0.001 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.23. Farklı yöntemlerle ön işlemli ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin IC₅₀ ve ORAC değerlerine ait varyans analizi sonuçları

IC ₅₀				ORAC	
VAR	SD	KO	F	KO	F
Ö	1	35929.85	29796.50***	5610.08	9869.20***
K	3	25368.50	21038.01***	824.95	1451.26***
Ö x K	3	6891.78	5715.33***	269.35	473.84***
Hata	16	1.20		0.56	

(***) P<0.001 düzeyinde önemlidir.

Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin IC_{50} ve ORAC değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.24'de yer almaktadır. Ön işlem ortalamalarına göre ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan örneklerde, taze meyveye göre IC_{50} değerleri azalış göstermiş yani DPPH radikali süpürme aktivitesi artmıştır. Benzer şekilde ORAC değerleri de taze meyveye göre artmıştır. Bu artış ön işlemsiz örneklerde ön işlemlilere göre daha fazla gerçekleşmiştir ($P<0.05$).

Çizelge 4.24'den görüleceği üzere kurutma yöntemlerinden SHK ve VK yöntemlerinde kamkat dilimlerinin DPPH radikali süpürme aktivitesi diğer yöntemlere göre yüksektir ($P<0.05$). Kurutma yöntemleri ORAC değerleri ortalamaları arasında da SHK yönteminin ORAC değeri diğer yöntemlerden yüksektir ($P<0.05$).

Ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan kamkat dilimlerinin IC_{50} değerleri 27.64-245.96 mg/mg DPPH km arasında tespit edilmiştir. En düşük IC_{50} değeri, dolayısıyla en yüksek antiradikal aktivite ön işlemsiz SHK ve VK yöntemlerinde belirlenmiştir. En yüksek IC_{50} değeri, yani en düşük antiradikal aktivite ise ön işlemlili MDSHK ve daha sonra ön işlemlili US-SHK yöntemiyle kurutulan örneklerde tespit edilmiştir ($P<0.05$). Ön işlemlili MDSHK yöntemi haricinde DPPH radikali süpürme aktivitesi taze meyveye göre bütün uygulamalarda artış göstermiştir.

Çizelge 4.24. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin IC_{50} ve ORAC değerlerine* ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ort $\pm$ std)

Faktörler	N	IC_{50} (mg/mg DPPH km)	ORAC (mmol TE/100 g km)
Ö			
Ön işlemsiz	12	52.16 $\pm$ 28.85 b	49.00 $\pm$ 15.58 a
Ön işlemlili	12	129.55 $\pm$ 89.25a	18.43 $\pm$ 7.50 b
K			
SHK	6	37.10 $\pm$ 10.41c	42.97 $\pm$ 24.53a
VK	6	38.43 $\pm$ 11.30c	40.33 $\pm$ 12.84 b
US-SHK	6	117.40 $\pm$ 65.20 b	16.92 $\pm$ 8.60 d
MDSHK	6	170.49 $\pm$ 82.68a	34.64 $\pm$ 21.08 c
ÖxK			
Ön işlemsiz-SHK	3	27.64 $\pm$ 1.65 g	65.36 $\pm$ 0.51a
Ön işlemsiz-VK	3	28.11 $\pm$ 0.15 g	52.03 $\pm$ 1.31c
Ön işlemsiz-US-SHK	3	57.89 $\pm$ 1.51d	24.74 $\pm$ 0.49 e
Ön işlemsiz-MDSHK	3	95.02 $\pm$ 1.46 c	53.88 $\pm$ 0.49 b
Ön işlemlili-SHK	3	46.56 $\pm$ 0.46 f	20.58 $\pm$ 0.85 f
Ön işlemlili-VK	3	48.75 $\pm$ 0.31 e	28.63 $\pm$ 0.39d
Ön işlemlili-US-SHK	3	176.92 $\pm$ 0.61 b	9.09 $\pm$ 1.03 h
Ön işlemlili-MDSHK	3	245.96 $\pm$ 1.33 a	15.39 $\pm$ 0.33 g

*Her bir faktör için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların $P<0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Ön işlemlili ve ön işlemsiz farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan kamkat dilimlerinin ORAC değerleri 9.09-65.36 mmol TE/100 g km arasında olup, en yüksek değer ön işlemsiz SHK, daha sonra ise sırasıyla ön işlemsiz MDSHK ve VK yöntemiyle kurutulan örneklerde tespit edilmiştir ($P<0.05$). Her üç uygulamada taze meyveye göre ORAC değeri artış göstermiş, yani antioksidan aktivite artmıştır. Diğer uygulamalarda

ise azalış göstermiştir. En düşük ORAC değeri ise ön işlemlili US-SHK ile kurutulan örneklerde gözlenmiştir.

Turunçgillerin antioksidan aktivitesinin başlıca fenolik bileşikler ve askorbik asit içeriğinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Abeyasinghe vd. 2007; Xu vd. 2008). Her iki yöntemde de yüksek antioksidan aktivite gösteren uygulamalar ön işlemsiz VK ve SHK yöntemidir. Bu uygulamaların toplam fenolik ve askorbik asit içeriğinde en az kayba sebep olduğu yukarıdaki bölümlerde açıklanmıştır. Aynı şekilde düşük antioksidan aktiviteye neden olan ön işlemlili MDSHK ve UDOSHK uygulamaları sonucunda da toplam fenolik madde ve askorbik asit içerikleri azalmıştır. Antioksidan aktivite değişimlerinin toplam fenolik madde ve askorbik asit miktarlarıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Orikasa vd. (2014) kivi meyvelerinde sıcak hava ve vakum kurutma yönteminin antioksidan aktivitede artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Kurutma sıcaklığının ve süresinin etkisiyle esmerleşme reaksiyonları sonucu ortaya çıkan ürünler de antioksidan aktivitenin artışına neden olabilmektedir (Tontul ve Topuz 2017).

Bu çalışmada taze, haşlanmış ve kurtulmuş kamkat dilimlerinin antioksidan aktiviteleri DPPH radikalini süpürme etkisi ve ORAC yöntemi olmak üzere iki farklı yöntemle belirlenmiştir. Farklı reaksiyonların inhibisyonunun ölçümüne dayalı antioksidan kapasitelerin ölçüldüğü yöntemlerin birbiriyle kıyaslanması reaksiyon koşulları, substrat veya ürünlerdeki farklılıklar nedeniyle doğru değildir. Antioksidan aktivitenin ölçümünde kullanılan yöntemlerin sınırlamaları nedeniyle bir gıdanın antioksidan aktivitesinin ölçümünde birden fazla yöntemin kullanılması önerilmektedir (El Nehir 2008).

4.2.9. Organik asit bileşimi

Organik asitler turunçgil meyvelerinin duysal özelliklerine katkıda bulunan önemli gıda bileşenlerindendir (Legua vd. 2014, Kelebek 2010; Karadeniz 2004). Ön işlemsiz ve ön işlemlili kamkat meyvelerinde tespit edilen organik asit bileşimi Çizelge 4.25'te verilmiştir. Ön işlemsiz kamkat meyvesinde organik asitlerden sitrik, malik, okzalik, tartarik ve süksinik asit tespit edilmiştir. En yüksek miktarda tespit edilen organik asitler sitrik asit (7.76 g/100 g km) ve malik asittir (1.520 g/100 g km). Turunçgil meyvelerinde hakim organik asitin sitrik asit olduğu, daha sonra ise malik asit olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca turunçgillerde iz miktarda tartarik, benzoik, okzalik ve süksinik asit bulunmaktadır (Karadeniz 2004; Kelebek 2010; Nour vd. 2010; Kelebek ve Selli 2011). Ön işlem olarak uygulanan haşlama işlemi ile sitrik, malik, okzalik tartarik ve süksinik asit içeriği sırasıyla %34.29, 38.81, 35.31, 36.02 ve 24.63 oranında azalmıştır. Organik asitler ısıl stabiliteyi düşük ve suda çözünabilir bileşiklerdir (Rodriguez vd. 2017). Dolayısıyla haşlama ön işlemi ile birlikte organik asitler kayba uğramıştır.

Çizelge 4.25. Ön işlemsiz ve ön işlemlili kamkat meyvelerinin organik asit bileşimi (ort±std)

Kamkat meyvesi	Sitrik asit (g/100 g km)	Malik asit (g/100 g km)	Okzalik asit (g/100 g km)	Tartarik asit (g/100 g km)	Süksinik asit (g/100 g km)
Ön işlemsiz	7.76±0.003	1.52±0.000	0.84±0.0001	0.29±0.001	0.55±0.0001
Ön işlemlili	5.10±0.003	0.93± 0.003	0.54± 0.003	0.19±0.002	0.41±0.001

Varyans analizi sonuçları Çizelge 4.26’da verilmiştir. Genel olarak kamkat dilimlerinin tüm organik asit değerleri üzerine ön işlem, kurutma yöntemi ve ön işlem x kurutma yöntemi interaksyonunun etkisi $P<0.001$ düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.26. Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin organik asit bileşimine ait varyans analizi sonuçları

VAR	SD	Sitrik Asit		Malik asit		Okzalik asit		Tartarik asit		Süksinik asit	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Ö	1	39.04	99999.99***	0.81	99999.99***	0.04	29410.36***	0.02	12429.98***	0.38	99999.99***
K	3	4.44	99999.99***	0.09	71776.71***	0.002	1837.72***	0.03	17438.73***	0.04	38009.57***
ÖxK	3	3.52	99999.99***	0.05	40878.33***	0.009	6716.11***	0.004	2425.17***	0.01	17737.92***
Hata	16	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	

(***) $P<0.001$ düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.27’de farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin organik asit bileşimine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları yer almaktadır. Ön işlemsiz kurutulan örneklerin organik asit miktarları ön işlemlili kurutulan örneklerden yüksektir ($P<0.05$). Kurutma yöntemi ortalamalarına göre, SHK ve VK yöntemi organik asit içeriğinde diğer yöntemlerden daha az kayba neden olmuştur ($P<0.05$).

Çizelge 4.27. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin organik asit bileşimine* ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ort±std)

Faktörler	Sitrik asit (g/100 g km)	Malik asit (g/100 g km)	Okzalik asit (g/100 g km)	Tartarik asit (g/100 g km)	Süksinik asit (g/100 g km)
Ö^a					
Ön işlemsiz	3.829±1.41a	0.561±0.19a	0.189±0.05a	0.189±0.08a	0.440±0.09a
Ön işlemlili	1.278±0.42b	0.192±0.06b	0.106±0.02b	0.127±0.05b	0.186±0.08b
K^b					
SHK	3.605±0.002a	0.439±0.001b	0.159±0.001b	0.234±0.0003a	0.368±0.008 b
VK	2.889±0.003b	0.521±0.005a	0.167±0.001a	0.208±0.001b	0.399±0.009a
US-SHK	2.001±0.002c	0.313±0.001c	0.146±0.001c	0.083±0.005d	0.268±0.0006c
MDSHK	1.717±0.003d	0.232±0.001d	0.120±0.002d	0.107±0.002c	0.218±0.001d
ÖxK^c					
Ön işlemsiz-SHK	5.923±0.002a	0.657±0.004b	0.202±0.001c	0.279±0.002a	0.502±0.002b
Ön işlemsiz-VK	3.900±0.004b	0.783±0.001a	0.223±0.0003b	0.264±0.0003b	0.510±0.0002a
Ön işlemsiz-US-SHK	3.278±0.001c	0.529±0.0009c	0.226±0.001a	0.114±0.001e	0.469±0.001c
Ön işlemsiz-MDSHK	2.213±0.003d	0.273±0.001d	0.106±0.001g	0.10±0.002f	0.287±0.0002e
Ön işlemlili-SHK	1.288±0.002f	0.220±0.001f	0.117±0.001e	0.189±0.003c	0.234±0.001f
Ön işlemlili-VK	1.878±0.003e	0.260±0.005e	0.111±0.001f	0.152±0.003d	0.280±0.009d
Ön işlemlili-US-SHK	0.723±0.002h	0.098±0.001h	0.065±0.001h	0.052±0.005g	0.067±0.006h
Ön işlemlili-MDSHK	1.222±0.003g	0.190±0.001g	0.133±0.0002d	0.115±0.0002e	0.156±0.001g

*Her bir faktör için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların $P<0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir; (°): N=12; (°): N=6; (°): N=3.

Ön işlemlili ve ön işlemsiz kamkat dilimlerinin organik asit içerikleri kurutma uygulamaları sonucu önemli düzeyde farklılık göstermiştir ($P<0.05$). Örneklere ait kromatogramlar EK-2’de yer almaktadır. En yüksek sitrik asit içeriği ön işlemsiz SHK yöntemiyle kurutulan örneklerde, en düşük sitrik asit içeriği ise ön işlemlili US-SHK yöntemiyle kurutulan örneklerde tespit edilmiştir. Taze meyveye göre sitrik asit kaybı %23.72-90.68 arasında gerçekleşmiştir. En yüksek malik asit değeri ön işlemsiz VK yönteminde, en düşük malik asit değeri ise ön işlemlili US-SHK yönteminde belirlenmiştir. Taze meyveye göre malik asit kaybı %48.48-93.55 arasında tespit edilmiştir. En yüksek okzalik asit içeriği ön işlemsiz US-SHK yönteminde, en düşük okzalik değeri ise ön işlemlili US-SHK yönteminde tespit edilmiştir. Taze meyveye göre okzalik asit kaybı %73.12-92.27 olarak belirlenmiştir. En yüksek tartarik asit ön işlemsiz SHK yönteminde, en düşük tartarik asit ise ön işlemlili US-SHK yönteminde tespit edilmiştir. Taze meyveye göre tartarik asit kaybı %6.06-82.49 olarak belirlenmiştir. En yüksek süksinik asit içeriği ön işlemsiz VK yönteminde, en düşük süksinik asit içeriği ise ön işlemlili US-SHK yönteminde tespit edilmiştir. Taze meyveye göre süksinik asit kaybı %7.60-87.86 olarak belirlenmiştir. Farklı kurutma yöntemleri, kurutma sıcaklıkları ve uygulanan ön işlemler meyvelerdeki organik asit içeriğini azaltabilmektedir (Peiro vd. 2006; Salur-Can vd. 2017; Rodriguez vd. 2017).

Tüm kurutma yöntemlerinde organik asit içerikleri uygulanan sıcaklık etkisiyle azalmıştır. Özellikle sitrik ve malik asit gibi organik asitlerin sıcaklığa karşı hassas oldukları, dolayısıyla kurutma sıcaklıklarından etkilenerek parçalandıkları ileri sürülmüştür (Rodriguez vd. 2017). Kamkat dilimlerinde organik asitlerin en iyi korunduğu uygulamaların ön işlemsiz SHK ve VK yöntemi olduğu görülmektedir. Ön işlemlili US-SHK yönteminde haşlama işlemi ve ultrason destekli ozmotik kurutma sırasında haşlama suyuna ve ozmotik çözeltiye organik asitlerin kütle transferi sırasında geçtiği düşünülmektedir. Ozmotik dehidrasyon sırasında iki yönlü kütle transfer mekanizması nedeniyle organik asit gibi bazı çözünebilir özellikteki maddeler ozmotik çözeltiye geçebilmektedir (Peiro vd. 2006). Ultrason uygulamasındaki kavitasyon etkisinin çözünebilir özellikteki bileşiklerin suya geçişini kolaylaştırdığı bildirilmiştir (Ren vd. 2018). Ayrıca ultrason uygulamasının organik asitlerle tepkimeye giren hidroksi radikalleri ürettiği bu nedenle organik asit içeriği üzerine etkili olduğu bildirilmiştir (Rodriguez vd. 2017).

4.2.10. HMF

Varyans analizi sonuçlarına göre ön işlem, kurutma yöntemi ve ön işlem x kurutma yöntemi interaksiyonunun kamkat dilimlerinin HMF içerikleri üzerine etkisi $P<0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.28).

Çizelge 4.28. Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin HMF içeriklerine ait varyans analizi sonuçları

VAR	SD	KO	F
Ö	1	67.33	139.91***
K	3	84.07	174.69***
Ö x K	3	8.39	17.44***
Hata	16	0.48	

(***) $P<0.001$ düzeyinde önemlidir.

Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ön işlemlili ve ön işlemsiz kamkat dilimlerinin HMF içeriklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.29'da yer almaktadır. Ön işlemsiz kurutulan örneklerin (7.90 mg/kg km), ön işlemlili kurutulan örneklerden (4.55 mg/kg km) daha yüksek HMF içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Kurutma öncesi uygulanan haşlama işlemi ile birlikte HMF'nin oluşumunda rol alan Maillard reaksiyonuna katılan indirgen şekerlerin haşlama suyunda çözünerek kayba uğradığı (İçiek ve Krysiaak 2009; Orak vd. 2011) düşünülmektedir. Ayrıca ön işlemlili kurutulan örneklerin kuruma sürelerinin de kısa olması daha düşük miktarda HMF oluşumuna neden olmuş olabilir.

Çizelge 4.29. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan kamkat dilimlerinin HMF içeriklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ort $\pm$ std)

Faktörler	N	HMF (mg/kg km)*
Ö		
Ön işlemsiz	12	7.90 $\pm$ 4.26 a
Ön işlemlili	12	4.55 $\pm$ 2.78 b
K		
SHK	6	6.18 $\pm$ 1.81 b
VK	6	9.00 $\pm$ 3.79 a
US-SHK	6	0.95 $\pm$ 0.63 c
MDSHK	6	8.78 $\pm$ 1.40 a
ÖxK		
Ön işlemsiz-SHK	3	7.80 $\pm$ 0.10 c
Ön işlemsiz-VK	3	12.33 $\pm$ 1.56 a
Ön işlemsiz-US-SHK	3	1.52 $\pm$ 0.23 e
Ön işlemsiz-MDSHK	3	9.97 $\pm$ 0.69 b
Ön işlemlili-SHK	3	4.57 $\pm$ 0.61 d
Ön işlemlili-VK	3	5.67 $\pm$ 0.56 d
Ön işlemlili-US-SHK	3	0.39 $\pm$ 0.02 e
Ön işlemlili-MDSHK	3	7.59 $\pm$ 0.40 c

*Her bir faktör için sütun içerisindeki farklı harfler ortalamaların $P<0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Kurutma yöntemlerine göre HMF ortalamalarının 0.95-9.00 mg/kg km arasında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek HMF değeri VK ve MDSHK yönteminde, en düşük HMF değeri ise US-SHK yöntemi ortalamalarında tespit edilmiştir ($P<0.05$).

Ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin HMF miktarları önemli düzeyde farklılık göstermiştir ($P<0.05$). Örneklere ait HMF kromatogramları EK-4' te verilmiştir. En yüksek HMF değeri (12.33 mg/kg km) ön işlemsiz VK yöntemi ile kurutulan örneklerde, en düşük HMF değeri ise ön işlemlili ve ön işlemsiz US-SHK yöntemi ile kurutulan örneklerde (0.39-1.52 mg/kg km) tespit edilmiştir. Kurutma sıcaklıkları, kurutma süresi ve özellikle yüksek şeker içeriğine sahip gıdalar HMF oluşumu üzerine etkilidir (Michalska vd. 2016; Michalska vd. 2018).

Çalışmamızda ön işlemsiz vakum kurutma yönteminde kurutma süresinin uzun olması HMF oluşumunu teşvik etmiş olabilir. HMF içeriği ile ısıl işlemin şiddeti (süre ve sıcaklık) arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır (Karataş 2014). Ön işlemlili US-

SHK yönteminde haşlama işlemi ve ultrason destekli ozmotik dehidrasyon sırasında kamkat dilimlerindeki indirgen şekerlerin haşlama suyuna ve ozmotik çözeltiye geçtiği düşünülmektedir.

Bilindiği gibi HMF Maillard reaksiyonunun ara ürünlerinden biridir ve bu reaksiyonda indirgen şekerler önemli rol oynamaktadır. Özellikle ısı işlem gören gıdalarda bir kalite indikatörü olarak kullanılır (Michalska vd. 2018). HMF, Maillard reaksiyonun yanı sıra asitli ortamda şekerin parçalanması yoluyla da oluşmaktadır (Buldurlu ve Karadeniz 2002).

Ülkemizde bal, pekmez, reçel ve meyve suyu gibi ürünlerde HMF limiti ile ilgili çeşitli mevzuat hükümleri yer almasına rağmen kurutulmuş meyvelerle ilgili herhangi bir yasal düzenlemeye rastlanmamıştır. Bu nedenle elde edilen sonuçlar bu açıdan değerlendirilememiştir. TKG bal tebliğinde (Tebliğ No:2012/58) ballarda HMF içeriği 40 mg/kg, TKG üzüm pekmezi tebliğinde (Tebliğ No:2017/8) üzüm pekmezlerinde ise HMF değeri 75 mg/kg ile sınırlandırılmıştır. Çalışma sonuçlarımıza göre kurutulmuş kamkat dilimlerinde HMF değerleri bu sınırların oldukça altındadır.

4.2.11. Flavonoid bileşenleri

Taze, haşlanmış ve kurutulmuş örnek ekstraktlarında flavonoid bileşenler LC-MS/MS cihazı ile belirlenmiştir. Çizelge 4.30'da ön işlemlili ve ön işlemsiz kamkat meyvelerinde analizi yapılan flavonoid bileşenleri ve değerleri verilmiştir. Taze kamkat meyvesinde çalışılan ve tespit edilen flavonoid bileşenleri rutin, kuersetin, rhoifolin, narirutin, didymin, ponsirin ve luteolindir. İçerikler açısından incelendiğinde ponsirinin (159.65 mg/100 g) başlıca flavonoid olduğu, bunu sırasıyla rhoifolin, narirutin ve didyminin takip ettiği belirlenmiştir. En düşük düzeyde tespit edilen flavonoid ise kuersetin (2.52 mg/100 g) olmuştur. Bulgularımız kamkat meyvesi ile ilgili yapılan diğer çalışma sonuçlarından (Wang vd. 2007; Schirra vd. 2008; Ramful vd. 2011; Lou vd. 2015; Lou vd. 2016) farklıdır. Bu durumun başta çeşit olmak üzere analiz ve ekstraksiyon koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Haşlama ön işlemi ile birlikte flavonoid bileşenlerinde %41.53-83.14 oranında kayıp meydana gelmiştir. En fazla kayıp ponsirinde, en az kayıp ise rhoifolin bileşeninde tespit edilmiştir. Suda haşlama işlemi ile fenolik bileşiklerin meyveden haşlama suyuna geçtiği ve bu bileşenlerin konsantrasyonunun meyvede azaldığını bildiren benzer çalışmalar olduğu görülmüştür (Joubert 1990; Kuljarachanan vd. 2009; Gonçalves vd. 2010). Zid vd. (2015) turunç meyve kabuklarında 95°C'de 10 dk ve 85°C'de 60 dk suda haşlama işleminin turunç kabuklarında acı flavanonların içeriğini %38 ve %48 oranında azalttığını tespit etmişlerdir (Zid vd. 2015). Flavonoid yapısında bulunan şekerler ve hidroksil grupları flavonoidlerin suda çözünürlüğünü etkilemektedir (Crozier vd. 2006). En fazla kaybın acılık bileşeni olarak bilinen ponsirinde (Zhang 2007; Zhu vd. 2013,) meydana gelmesi çalışmanın hedeflerinden birisi olan acılık giderme işlemi olarak gerçekleştirilen haşlama ön işleminin acılık gidermede etkili olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.30. Ön işlemsiz ve ön işlemlili kamkat meyvelerinin flavonoid bileşenleri (ort±std)

Kamkat meyvesi	Rutin (mg/100 g km)	Kuersetin (mg/100 g km)	Rhoifolin (mg/100 g km)	Didymin (mg/100 g km)	Narirutin (mg/100 g km)	Ponsirin (mg/100 g km)	Luteolin (mg/100 g km)
Ön işlemsiz	35.35±1.24	2.52±0.47	136.39±3.60	92.26±2.34	125.52±1.42	159.65±1.64	20.61±0.71
Ön işlemlili	11.85±0.37	0.92±0.17	79.74±3.70	34.12±2.26	60.20±1.72	26.91 ±1.40	8.89±0.16

Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin flavonoid bileşenlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.31 ve Çizelge 4.32’de verilmiştir. Buna göre kurutma yöntemi ve ön işlem x kurutma yöntemi interaksyonunun flavonoid bileşenleri üzerine etkisi $P<0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Ön işlemin ise rhoifolin bileşeni üzerine etkisi $P<0.05$ düzeyinde, diğer flavonoid bileşenleri üzerine etkisi ise $P<0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.31. Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin rutin, kuersetin, rhoifolin ve didymin bileşenlerine ait varyans analizi sonuçları

VAR	SD	Rutin		Kuersetin		Rhoifolin		Didymin	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Ö	1	118.34	63.65***	2.22	175.40***	39.26	7.91*	1452.80	530.19***
K	3	58.55	31.49***	0.91	71.97***	2346.82	472.63***	4342.28	1584.67***
Ö x K	3	151.37	81.42***	0.31	24.62***	232.54	47.84***	1219.60	445.08***
Hata	16	1.85		0.01		4.96		2.74	

(***) $P<0.001$ düzeyinde önemlidir.

(*) $P<0.05$ düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.32. Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin narirutin, ponsirin ve luteolin bileşenlerine ait varyans analizi sonuçları

VAR	SD	Narirutin		Ponsirin		Luteolin	
		KO	F	KO	F	KO	F
Ö	1	1399.83	316.28***	80.24	1264.96***	25.93	28.75***
K	3	6714.98	1517.21***	15310.33	2413.58***	100.70	111.64***
Ö x K	3	2064.60	466.49***	4369.41	688.81***	19.66	21.81***
Hata	16	4.42		6.34		0.902	

(***) $P<0.001$ düzeyinde önemlidir.

Araştırma kapsamında denenen kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin flavonoid bileşenlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.33’te verilmiştir. Ön işlem ortalamalarına göre, rhoifolin dışında ön işlemsiz kurutulmuş örneklerin ön işlemlili kurutulmuş örneklere göre flavonoid bileşenleri yüksek bulunmuştur ($P<0.05$).

Çizelge 4.33. Farklı kurutma yöntemleriyle ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş kamkat dilimlerinin flavonoid bileşenlerine * ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ort±std)

Faktörler	Rutin (mg/100 g km)	Kuersetin (mg/100 g km)	Rhoifolin (mg/100 g km)	Didymin (mg/100 g km)	Narirutin (mg/100 g km)	Ponsirin (mg/100 g km)	Luteolin (mg/100 g km)
Ö^a							
Ön işlemsiz	18.34±5.04a	1.61±0.52a	48.08±20.07b	106.70±17.68a	110.66±21.70a	163.85±33.16a	14.69±2.59a
Ön işlemlili	13.89±5.87b	1.01±0.27b	50.64±17.57a	91.14±34.75b	95.38±43.92b	127.28±65.39b	12.61±5.23b
K^b							
SHK	20.41±1.79a	1.38±0.48b	52.23±2.86b	107.09±9.74b	116.26±6.01b	161.92±15.37b	14.44±0.65b
VK	16.34±5.44b	1.82±0.47a	76.24±2.17a	130.12±1.71a	142.52±5.79a	201.74±9.59a	17.59±1.23a
US-SHK	14.40± 8.72c	1.12±0.45c	35.05±4.68c	65.89±30.11d	65.90±37.86d	81.01±62.16d	7.89±4.10c
MDSHK	13.31±3.38c	0.92±0.07d	33.93±11.46c	92.58±5.14c	87.40±5.40c	137.58±7.28c	14.69±1.02b
ÖxK^c							
Ön işlemsiz-SHK	19.54±0.63b	1.81±0.20b	53.74±1.84b	115.76±3.31b	121.53±2.24c	175.81±2.17c	14.64±0.33b
Ön işlemsiz-VK	21.11±2.21ba	2.23±0.10a	75.70±2.99a	129.67±1.02a	137.65±2.41b	210.38±2.58a	18.07±1.74a
Ön işlemsiz-US-SHK	22.35±0.81a	1.53±0.01c	39.22±0.94d	93.38±0.25d	100.46±0.64e	137.76±0.29f	11.61±0.80c
Ön işlemsiz-MDSHK	10.35±0.69d	0.88±0.10ed	23.67±0.21f	87.99±1.39e	82.99±2.34g	131.57±3.11g	14.46±1.34b
Ön işlemlili-SHK	21.27±2.32ba	0.95±0.04d	50.72±3.21b	98.42±0.91c	110.99±1.46d	148.04±2.84 d	14.25±0.91b
Ön işlemlili-VK	11.58±1.19d	1.41±0.16c	76.78±1.42a	130.57±2.39a	147.39±2.62a	193.24±2.54b	17.11±0.36a
Ön işlemlili-US-SHK	6.45±0.22e	0.71 ±0.08e	30.87±1.31e	38.41±0.51f	31.34±0.6 h	24.26±0.15h	4.18±0.13d
Ön işlemlili-MDSHK	16.28±1.37c	0.95±0.01d	44.19±3.51c	97.17±1.00c	91.81±3.03f	143.58±3.86e	14.93±0.80b

*Her bir faktör için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.
(^a): N=12; (^b): N=6; (^c): N=3.

Kurutma yöntemleri ortalamaları incelendiğinde, VK yönteminde, rutin hariç diğer flavonoid bileşenlerinin içeriği yüksek bulunmuştur. En yüksek rutin içeriği ise SHK yöntemi ortalamasında tespit edilmiştir. En düşük rutin ve rhoifolin içeriği US-SHK ve MDSHK yöntemi ile kurutulmuş örneklerde tespit edilmiştir. MDSHK yöntemi ile kurutulmuş örnek ortalamalarının en düşük kuersetin içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Didymin, ponsirin, narirutin ve luteolin bileşenlerinin içeriği US-SHK yönteminde diğer yöntemlere göre düşük bulunmuştur (P<0.05).

Ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş flavonoid bileşen içerikleri önemli düzeyde farklıdır (P<0.05). Kurutulmuş kamkat dilimlerinin rutin içeriği 6.45-22.35 mg/100 g km arasında tespit edilmiş olup, en yüksek rutin içeriği ön işlemsiz VK ve US-SHK yöntemi ile kurutulmuş örneklerde, en düşük rutin içeriği ise ön işlemlili US-SHK yöntemi ile kurutulmuş örneklerde belirlenmiştir. Rutin içeriği tüm kurutma uygulamaları sonucunda taze meyveye göre %36.78-81.76 arasında kayba uğramıştır.

Kamkat dilimlerinin kuersetin içeriği kurutma sonucunda 0.71-2.23 mg/100 g arasında değişim göstermiştir. Ön işlemsiz VK yöntemiyle kurutulmuş örneklerin

kuersetin içeriği diğer kurutma uygulamaları sonuçlarına göre yüksektir. En düşük kuersetin içeriği ön işlemlili US-SHK ve ön işlemsiz MDSHK yöntemi ile kurutulmuş örneklerde tespit edilmiş olup, kurutulmuş kamkat dilimlerinde taze meyveye göre kuersetin kaybı %11.51-71.83 oranları arasında gerçekleşmiştir.

Kurutma uygulamaları sonucu kamkat dilimlerinin rhoifolin içeriği 23.67-75.70 mg/100 g arasında tespit edilmiş olup, rhoifolin içeriği taze meyveye göre %43.71-82.65 oranları arasında azalış göstermiştir. En yüksek rhoifolin içeriği ön işlemlili ve ön işlemsiz VK yöntemi ile kurutulan örneklerde, en düşük ise ön işlemsiz MDSHK yöntemi ile kurutulan örneklerde belirlenmiştir.

Kurutma uygulamalarıyla birlikte didymin içeriği taze meyveye göre, ön işlemlili US-SHK yöntemi ve ön işlemsiz MDSHK dışında artış göstermiştir. Her iki yöntemde didyminin azalış oranı sırasıyla %58.36 ve %4.62 olmuştur. Didymin miktarları 38.41 mg/100 g ile 130.57 mg/100 g arasında değişmiş olup, en yüksek didymin içeriği ön işlemlili ve ön işlemsiz VK yöntemi ile kurutma sonucu, en düşük didymin içeriği ise ön işlemlili US-SHK yöntemi ile kurutma sonucu belirlenmiştir.

Kurutulmuş kamkat dilimlerinin narirutin içeriği 31.34-147.39 mg/100 g arasında belirlenmiş olup, en yüksek narirutin içeriği ön işlemlili VK yöntemi ile kurutulan örneklerde, en düşük narirutin içeriği ise ön işlemlili US-SHK yöntemi ile kurutulan örneklerde tespit edilmiştir. VK yöntemi ile kurutulan her iki kamkat örneğinde taze meyveye göre narirutin içeriği artmıştır. Diğer yöntemlerde ise narirutin içeriğinde taze meyveye göre %3.1 ile %75 oranında kayıp gerçekleşmiştir.

Kamkat dilimlerinin ponsirin içeriği kurutma uygulamaları sonucunda 24.26-210.38 mg/100 g arasında değişim göstermiştir. Ön işlemsiz VK yöntemiyle kurutulan örneklerin ponsirin içeriği diğer kurutma uygulamaları sonuçlarına göre yüksektir. En düşük ponsirin içeriği ise ön işlemlili US-SHK yöntemi ile kurutulmuş örneklerde tespit edilmiştir. Ön işlemlili ve ön işlemsiz VK ve ön işlemsiz SHK yöntemi ile yapılan kurutma uygulamaları sonucu kamkat dilimlerinin ponsirin içeriği taze meyveye göre artış göstermiştir. Diğer yöntemlerde ponsirin kaybı %7.2 ile %84.80 arasında gerçekleşmiştir.

Kurutulmuş kamkat dilimlerinin luteolin içeriği 4.1-18.07 mg/100 g arasında tespit edilmiş olup, en yüksek luteolin içeriği ön işlemlili ve ön işlemsiz VK yöntemi ile kurutulan örneklerde, en düşük luteolin içeriği ise ön işlemlili ve ön işlemsiz US-SHK yöntemi ile kurutulan örneklerde belirlenmiştir. Luteolin içeriği tüm kurutma uygulamaları sonucunda taze meyveye göre % 12.33-79.72 arasında kayba uğramıştır.

Elde edilen flavonoid bileşen sonuçları birlikte değerlendirildiğinde genel olarak ön işlemsiz olarak VK yöntemi ile kurutulan kamkat dilimlerinin diğer yöntemlere kıyasla flavonoid içeriği bakımından daha zengin olduğu sonucuna varılmıştır. VK yöntemi oksidasyon reaksiyonlarına bağlı olarak gerçekleşen fenolik maddelerin parçalanmasını önleyebilmektedir (Schulze vd. 2014). Bu yöntemle elde edilen meyve kurularında özellikle ponsirin, narirutin, didymin içeriğinin diğerlerine göre belirgin düzeyde yüksek olduğu görülmüştür. Kurutma sırasında uygulanan sıcaklığa bağlı olarak dokuların parçalanması sonucu, bitki hücresinde bağlı durumda olan fenolik bileşiklerin serbest forma geçmesi ile fenolik madde içeriği artabilmektedir (Wojdyło

vd. 2014). Flavonoid içeriğinin yüksek olması olumlu değerlendirilmekle birlikte, flavonoid bileşenlerinden birisi olan ponsirinin son üründe acılık artışına neden olacağı açıktır. Uygulanan kurutma yöntemleri açısından toplam fenolik içeriği ile bireysel flavonoid sonuçları genel olarak uyumlu bulunmuştur. Bunun dışında flavonoidlerin kamkatta kurutma prosesi ile azalması, kurutma sıcaklığı ve kurutma süresine bağlı olarak flavonoid bileşenlerinin parçalanması ile açıklanmıştır. Ayrıca kurutma koşulları hücre duvarının yapısını etkileyerek flavonoidlerin ekstraksiyon hızını etkileyebilmektedir (Lou vd. 2015). Mohd Zainol vd. (2009) kurutma yöntemleri, kurutma sıcaklığı ve süresinin flavonoidlerin degradasyonuna yol açtığını bildirmişlerdir. Kurutma uygulamaları sonucunda flavonoid bileşenlerindeki artış ve kayıp oranlarının farklı olmasının bir nedeninin de her bir flavonoidin yapısıyla ilgili olduğu düşünülmektedir. Flavonoidlerin ısıl stabiliteleri, molekül büyüklüğü ve yapılarındaki hidroksil gruplarının sayısına ve bulunduğu pozisyona göre değişebilmektedir (Rice-Evans vd. 1996).

Ön işlemlili US-SHK yöntemi kamkat dilimlerinin flavonoid bileşenlerinde genel olarak azalmaya neden olmuştur. Bu durumun haşlama işlemi ve sonrasında uygulanan ultrason destekli ozmotik kurutma esnasında fenoliklerin ısıl işlemin etkisiyle haşlama suyu (Ren vd. 2018) ve ozmotik çözeltiye difüzyonundan (Mothibe vd. 2011) kaynaklandığı düşünülmektedir. Ultrason uygulaması sırasında, özellikle suda çözünebilir gıda bileşenlerinin taşınmasını sağlayan kavitasyonun, mikrokanalların oluşumunu teşvik ederek fenolik kaybına neden olduğu bildirilmiştir (Mothibe vd. 2011). Nitekim bu yöntemle kurutulmuş kamkat dilimlerinin toplam fenolik madde içeriği da düşük bulunmuştur. Ön işlemsiz MDSHK uygulaması da US-SHK yönteminden sonra en fazla kayba neden olan kurutma uygulamasıdır. Chen vd (2011), portakal (*Citrus sinensis* L. Osbeck) kabuklarının farklı kurutma sıcaklıklarında (50, 60, 70, 80, 90 ve 100°C) kurutma işleminin flavonoid, fenolik asit ve antioksidan aktiviteye etkilerini incelemişlerdir. 100°C'deki kurutma prosesinde fenolik asitler ve flavonoidlerin içeriğinin taze meyveye ve diğer kurutma sıcaklıklarına göre yüksek olduğu, diğer sıcaklıklarda ise azaldığı belirlenmiştir. Flavonoid ve fenolik asitlerdeki artışın, düşük molekül ağırlıklı fenolik maddelerin sıcaklıkla birlikte serbest forma geçmesi ile açıklanmıştır.

4.3. Kurutulmuş Kamkat Dilimlerinin Depolamaya Bağlı Kalite Değişimleri

4.3.1. Su aktivitesinin depolamaya bağlı değişimi

Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca a_w değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.34'te yer almaktadır. Buna göre, varyasyon kaynaklarının kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca a_w değerlerine etkisi $P<0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

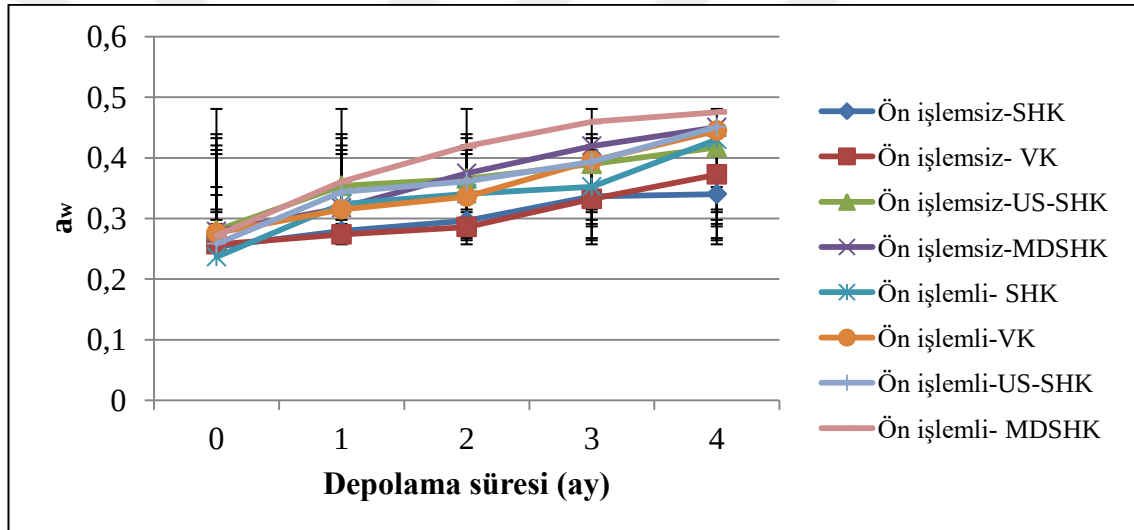
Ön işlemlili ve işlemsiz olarak farklı yöntemlerle kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı a_w değişimi Şekil 4.1'de, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.35'te verilmiştir. Ön işlem ortalamalarına göre depolama sürecinde ön işlemlili kurutulmuş örneklerin a_w değerleri ön işlemsiz kurutulmuş örneklerden yüksek bulunmuştur ($P<0.05$). Kurutma yöntemi ortalamalarına göre en yüksek a_w değeri

depolamanın ilk ayında US-SHK yönteminde tespit edilirken, depolamanın diğer aylarında MDSHK yönteminde tespit edilmiştir ($P<0.05$).

Çizelge 4.34. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca a_w değişimine ait varyans analizi sonuçları

VAR	SD	KO	F
Ö	1	0.02	586.31***
K	3	0.02	625.86***
Depolama süresi (D)	4	0.08	2120.56***
Ö x K	3	0.003	77.08***
Ö x D	4	0.002	71.65***
K x D	12	0.001	36.69***
Ö x K x D	12	0.0004	10.86***
Hata	80	0.00004	

(***) $P<0.001$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.1. Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı a_w değişimi

Ö x K x D, a_w ortalamalarına göre depolamanın ilk ayında en yüksek a_w değerleri ön işlemsiz US-SHK ve ön işlemlili MDSHK yöntemi ile kurutulan örneklerde tespit edilmiştir. Depolamanın diğer aylarında ise en yüksek a_w değerleri ön işlemlili MDSHK yöntemi ile kurutulan örneklerde belirlenmiştir. Depolama süresinin sonunda tüm örneklerin a_w değerleri %34.38-82.22 oranında artış göstermiş, en yüksek artış oranı ön işlemlili SHK, en düşük artış oranı ise ön işlemsiz SHK yöntemi ile kurutulan örneklerde gerçekleşmiştir ($P<0.05$). Ön işlemlili kurutulan örneklerdeki a_w artış oranı (%64.85-82.22), ön işlemsiz kurutulan örneklerden (%34.38-61.67) daha yüksek olmuştur. 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 makromoleküllerin su bağlayabilme özellikleri nedeniyle su aktivitesinin düşmesinde rol oynadıkları bilinmektedir (Cemeroğlu vd. 2003; Us 2007). Bu durumun da ön işlemlili kurutulan

örneklerde daha fazla a_w artışına neden olduğu düşünülmektedir. Bunun yanında depolamanın yapıldığı polietilen torbalar belli oranda nem geçirgenliğine sahip olabilmektedir (Topuz vd. 2009).

Çizelge 4.35. Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresine bağlı olarak a_w değişimine* ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (ort $\pm$ std)

Faktörler	Depolama süresi (ay)				
	0.ay	1.ay	2.ay	3.ay	4.ay
ÖxD^a					
Ön işlemsiz	0.267 $\pm$ 0.01aC	0.306 $\pm$ 0.03bB	0.330 $\pm$ 0.04bB	0.369 $\pm$ 0.03bA	0.395 $\pm$ 0.04bA
Ön İşlemlili	0.260 $\pm$ 0.01aE	0.335 $\pm$ 0.01aD	0.364 $\pm$ 0.03aC	0.400 $\pm$ 0.04aB	0.450 $\pm$ 0.01aA
KxD^b					
SHK	0.244 $\pm$ 0.009bD	0.301 $\pm$ 0.02 cC	0.318 $\pm$ 0.02cCB	0.344 $\pm$ 0.01dB	0.385 $\pm$ 0.04dA
VK	0.266 $\pm$ 0.01aD	0.294 $\pm$ 0.02 dDC	0.311 $\pm$ 0.02dC	0.363 $\pm$ 0.03cB	0.408 $\pm$ 0.03cA
US-SHK	0.269 $\pm$ 0.01aE	0.348 $\pm$ 0.006aD	0.363 $\pm$ 0.004bC	0.391 $\pm$ 0.003bB	0.434 $\pm$ 0.01bA
MDSHK	0.275 $\pm$ 0.006aE	0.339 $\pm$ 0.02bD	0.397 $\pm$ 0.02aC	0.439 $\pm$ 0.02aB	0.463 $\pm$ 0.01aA
ÖxKxD^c					
Ön işlemsiz-SHK	0.253 $\pm$ 0.002cD	0.279 $\pm$ 0.005 eC	0.296 $\pm$ 0.001eB	0.336 $\pm$ 0.01eA	0.340 $\pm$ 0.001fA
Ön işlemsiz-VK	0.257 $\pm$ 0.02bcD	0.273 $\pm$ 0.008eDC	0.286 $\pm$ 0.008fC	0.332 $\pm$ 0.01eB	0.372 $\pm$ 0.003eA
Ön işlemsiz-US-SHK	0.280 $\pm$ 0.004aE	0.354 $\pm$ 0.002aD	0.365 $\pm$ 0.005cbC	0.390 $\pm$ 0.003cB	0.417 $\pm$ 0.003dA
Ön işlemsiz-MDSHK	0.278 $\pm$ 0.007aE	0.317 $\pm$ 0.002dcD	0.374 $\pm$ 0.003bC	0.419 $\pm$ 0.001bB	0.450 $\pm$ 0.005bA
Ön işlemlili-SHK	0.236 $\pm$ 0.005dE	0.323 $\pm$ 0.002cD	0.340 $\pm$ 0.002dC	0.352 $\pm$ 0.004dB	0.430 $\pm$ 0.005cA
Ön işlemlili-VK	0.276 $\pm$ 0.008aE	0.315 $\pm$ 0.002dD	0.336 $\pm$ 0.009dC	0.395 $\pm$ 0.01cB	0.445 $\pm$ 0.003bA
Ön işlemlili-US-SHK	0.258 $\pm$ 0.009bcE	0.343 $\pm$ 0.004bD	0.361 $\pm$ 0.002cC	0.393 $\pm$ 0.003cB	0.451 $\pm$ 0.002bA
Ön işlemlili-MDSHK	0.272 $\pm$ 0.002bcE	0.361 $\pm$ 0.003aD	0.419 $\pm$ 0.001aC	0.459 $\pm$ 0.003aB	0.475 $\pm$ 0.003aA

* Aynı sütundaki farklı küçük harflerle aynı satırdaki farklı büyük harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

(^a): N=12; (^b): N=6; (^c): N=3

Mikroorganizmalar genel olarak a_w değeri 0.60'ın altında gelişme olanağı bulamazlar. Patojen bakterilerin faaliyet gösterdikleri a_w alt sınırı 0.85 iken, birçok maya ve küf 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 maksimuma ulaşmaktadır (Pala ve Saygı 1983). Bu nedenle örneklerin a_w değerleri bu değişimler açısından irdelenmiş, her ne kadar örneklerde a_w artışı olsa da 4 aylık depolama periyodundaki bu artışlar gerek mikrobiyal faaliyetler gerekse enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarını tetikleyecek seviyeye ulaşmamıştır.

4.3.2. L* değerlerinin depolamaya bağlı değişimi

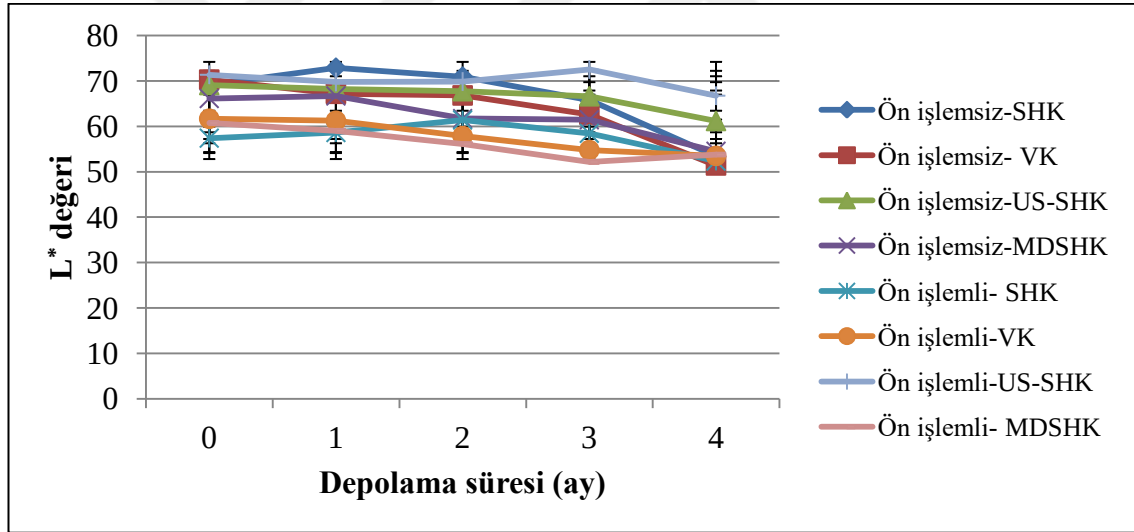
Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca L* değerlerine ait varyans analizi sonuçlarına (Çizelge 4.36) göre varyasyon kaynaklarının kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca L* değerlerine etkisi P<0.001 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.36. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca L^* değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VAR	SD	KO	F
Ö	1	509.47	282.41***
K	3	487.25	270.10***
D	4	400.33	221.91***
Ö x K	3	209.56	116.16***
Ö x D	4	63.62	35.27***
K x D	12	28.84	15.99***
Ö x K x D	12	8.87	4.92***
Hata	80	1.80	

(***) $P < 0.001$ düzeyinde önemlidir.

Farklı yöntemlerle kurutulmuş ön işlemlili ve işlemsiz kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı L^* değeri değişimi Şekil 4.2’ de, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.37’de verilmiştir. Ön işlem ortalamalarına göre depolamanın başlangıcından itibaren 4. ay hariç ön işlemsiz kurutulmuş örneklerin L^* değeri ortalamaları, ön işlemlili örneklerden yüksek bulunmuştur ($P < 0.05$). Kurutma yöntemi ortalamalarına göre depolamanın başlangıcından itibaren depolama süresi boyunca en yüksek L^* değeri ortalaması US-SHK yönteminde tespit edilmiştir ($P < 0.05$).



Şekil 4.2. Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı L^* değeri değişimi

Ön işlem x kurutma yöntemi x depolama süresi L^* değeri ortalamalarına göre depolamanın son aylarında (3. ve 4. ay) en yüksek L^* değeri ön işlemlili US-SHK yönteminde tespit edilmiştir ($P < 0.05$). Depolama süresi boyunca L^* değerleri bazı uygulamalarda dalgalanmalar gösterse de genel olarak başlangıca göre %6.46 ile %29.88 oranında azalış göstermiştir ($P < 0.05$). En düşük oranda azalış ön işlemlili US-SHK yönteminde, en yüksek oranda azalış ise ön işlemsiz VK yönteminde gerçekleşmiştir. L^* değerindeki artış parlaklık derecesinin artışıyla, L^* değerindeki azalış ise kurutma sıcaklığının etkisiyle maillard ya da karamelizasyon reaksiyonları sonucu parlaklığın azalması ile açıklanmaktadır (Ghanem vd. 2012). Ön işlemlili US-

SHK yönteminin depolama süresince diğer uygulamalar göre parlaklık derecesini daha iyi koruduğu söylenebilir.

Çizelge 4.37. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresine bağlı olarak L^* değeri değişimine* ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ort $\pm$ std)

		Depolama süresi (ay)				
		0.ay	1.ay	2.ay	3.ay	4.ay
Faktörler	N					
ÖxD						
Ön işlemsiz	12	68.66±1.80aA	68.76±2.75aA	66.80±3.55aA	63.57±3.02aB	55.11±4.02bC
Ön İşlemlili	12	62.79±5.45bA	62.16±4.75bA	61.30±5.96bBA	59.47±8.27bBA	56.59±6.25aB
KxD						
SHK	6	63.28±6.48cA	65.77±7.85 bA	66.17±5.56 bA	62.12±4.16bA	52.87±0.81bB
VK	6	65.97±4.78bA	64.19±3.36 cA	62.32±5.02 cA	57.60±3.42cB	52.44±1.79bC
US-SHK	6	70.22±1.56aA	69.02±1.51aA	68.81±2.85aA	69.57±3.43aA	63.96±3.44aB
MDSHK	6	63.43±2.96cA	62.85±4.24dBA	58.91±3.15dBC	56.79±5.15cDC	54.14±1.19bD
ÖxKxD						
Ön işlemsiz-SHK	3	69.16±0.97bC	72.91±1.11aA	70.95±0.87aB	65.78±0.62bD	53.39±0.89dcE
Ön işlemsiz-VK	3	70.29±0.33bA	67.17±1.21cB	66.80±0.46bB	60.44±2.24dcC	51.39±0.78dD
Ön işlemsiz-US-SHK	3	69.09±1.48bA	68.27±1.23cbA	67.75±1.42baA	66.62±0.95bA	61.18±2.48bB
Ön işlemsiz-MDSHK	3	66.12±0.56cA	66.69±1.01cA	61.71±0.71cB	61.45±1.19cB	54.51±0.62cC
Ön işlemlili-SHK	3	57.39±0.63eB	58.62±0.23eB	61.39± 2.87cA	58.46±1.62dB	52.34±0.18dcC
Ön işlemlili VK	3	61.66±1.19dA	61.22 ±0.44dA	57.85±1.67dB	54.77±0.28eC	53.49±2.03dcC
Ön işlemlili-US-SHK	3	71.35±0.22aA	69.77±1.58bBA	69.87±3.86baBA	72.52±1.59aA	66.74±0.48aB
Ön işlemlili-MDSHK	3	60.75±0.15dA	59.02±0.13eB	56.10±0.89dC	52.14±0.33fE	53.78±1.65dcD

* Aynı sütundaki farklı küçük harflerle aynı satırdaki farklı büyük harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

4.3.3. a* değerlerinin depolamaya bağlı değişimi

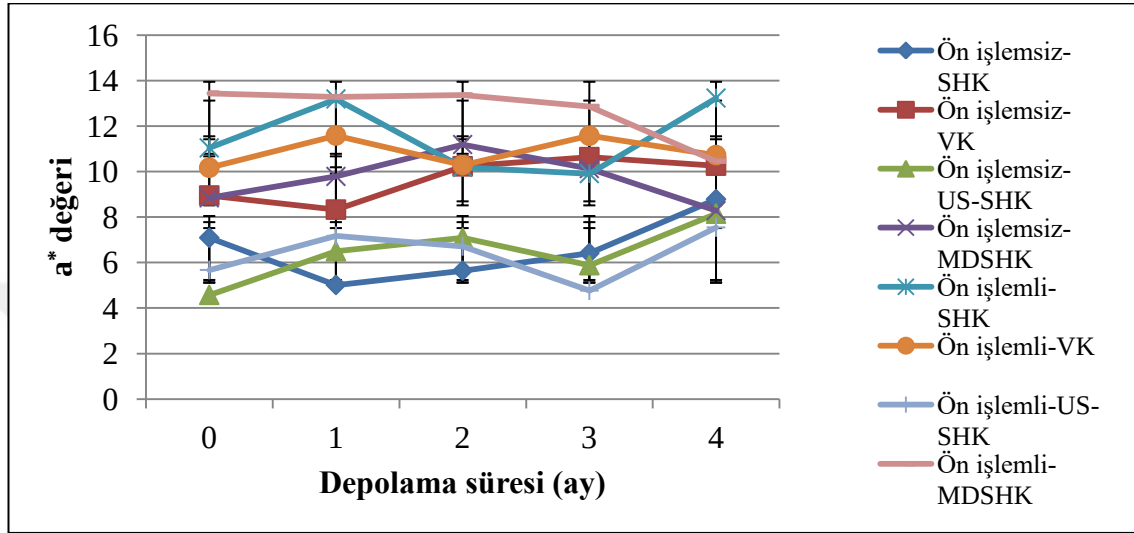
Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca a* değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.38’de yer almaktadır. Buna göre ön işlem, kurutma yöntemi, depolama süresi ile ön işlem x kurutma yöntemi, ön işlem x depolama süresi, kurutma yöntemi x depolama süresi interaksyonunun kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca a* değerlerine etkisi P<0.001 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ön işlem x kurutma yöntemi x depolama süresi interaksyonunun etkisi ise P<0.01düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.38. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca a* değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VAR	SD	KO	F
Ö	1	154.74	292.00***
K	3	128.41	242.32***
D	4	3.17	5.99***
Ö x K	3	35.65	67.28***
Ö x D	4	6.48	12.24***
K x D	12	7.58	14.32***
Ö x K x D	12	1.30	2.47**
Hata	80	0.52	

(***) P<0.001 düzeyinde önemlidir; (**) P<0.01 düzeyinde önemlidir.

Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve işlemsiz kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı a^* değeri değişimi Şekil 4.3'te, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.42'de verilmiştir. Depolamanın başlangıcından itibaren ön işlemlili örneklerin a^* değeri ortalamaları, ön işlemsiz örneklerden yüksek bulunmuştur ($P<0.05$). Kurutma yöntemi ortalamalarına göre depolamanın başlangıcından itibaren 3. aya kadar en yüksek a^* değeri ortalaması MDSHK yönteminde tespit edilirken, depolamanın sonunda ise SHK ve VK yönteminde belirlenmiştir.



Şekil 4.3. Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı a^* değeri değişimi

Ön işlem x kurutma yöntemi x depolama süresi ortalamalarına göre, depolama süresinin örneklerin a^* değerleri üzerine etkisi önemli olup ($P<0.05$), ön işlemlili ve ön işlemsiz MDSHK yöntemi ile kurutulmuş örnekler hariç, diğer örneklerin a^* değerleri %5.40-78.33 arasında artış göstermiştir. a^* değerindeki en düşük artış oranı ön işlemlili VK, en yüksek artış oranı ise ön işlemsiz US-SHK yöntemiyle kurutulmuş örneklerde gerçekleşmiştir. a^* değerindeki artış kırmızılığın artışına yani esmerleşme reaksiyonlarına işaret etmektedir (Krokida ve Maroulis 2000). Ön işlemlili ve ön işlemsiz MDSHK yöntemi ile kurutulmuş örneklerin ise a^* değerleri başlangıca göre düşmüştür. Depolama sonunda en yüksek a^* değeri ön işlemsiz SHK örneğinde tespit edilmiştir. Kurutulmuş ürünlerde kurutma yöntemleri, ambalaj çeşidi ve depolama koşullarına bağlı olarak depolama sırasında a^* değeri artabilmekte veya azalabilmektedir (Topuz vd. 2009; Gölükcü 2015).

Çizelge 4.39. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan ön işlemlili ve ön işlemsiz kamkat dilimlerinin depolama süresine bağlı olarak a* değeri değişimine* ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ort±std)

		Depolama süresi (ay)				
		0.ay	1.ay	2.ay	3.ay	4.ay
Faktörler	N					
ÖxD						
Ön işlemsiz	12	7.36±1.86bB	7.40±1.97bB	8.53±2.40bBA	8.26±2.25bBA	8.86±1.01bA
Ön İşlemlili	12	10.08±3.05aBA	11.31±2.68aA	10.13±2.66aBA	9.77±3.29aB	10.49±2.12aBA
KxD						
SHK	6	9.06±2.48bA	9.10±4.51bA	7.91±2.62cA	8.16±1.96bA	11.00±2.44aA
VK	6	9.55±0.67bB	9.95±1.86bBA	10.26±0.61bBA	11.10±0.88aA	10.49±0.31aBA
US-SHK	6	5.12±0.68cB	6.83±1.12cA	6.90±1.30cA	5.32±1.05cB	7.84±0.88cA
MDSHK	6	11.14±2.52aBA	11.53±1.94aBA	12.27±1.20aA	11.49±1.50aBA	9.37±1.21bB
ÖxKxD						
Ön işlemsiz-SHK	3	7.09±0.07eB	5.01±0.80fC	5.64±0.29cC	6.41±0.07dB	8.78±0.18cA
Ön işlemsiz-VK	3	8.94±0.03dB	8.32±0.05dC	10.23±0.26bA	10.63±0.61cbA	10.26±0.06bA
Ön işlemsiz-US-SHK	3	4.57±0.47fC	6.49±0.91eB	7.09± 0.99cBA	5.88±0.55edBC	8.15±1.19dcA
Ön işlemsiz-MDSHK	3	8.84±0.25dC	9.78±0.51cB	11.19± 0.12bA	10.13±0.16cB	8.28±0.17dcD
Ön işlemlili-SHK	3	11.04±1.92bB	13.19±0.15aA	10.18± 1.29bB	9.91±0.71cB	13.23 ±0.18aA
Ön işlemlili-VK	3	10.17±0.06bcA	11.58±0.86bA	10.29± 0.92bA	11.57±0.95bA	10.72±0.28bA
Ön işlemlili-US-SHK	3	5.67 ±0.21fBA	7.17±1.40edA	6.71±1.77cBA	4.76±1.23eB	7.54±0.49dA
Ön işlemlili-MDSHK	3	13.44±0.23aA	13.29±0.08aBA	13.36±0.23aA	12.85±0.29aB	10.46±0.27bC

* Aynı sütundaki farklı küçük harflerle aynı satırdaki farklı büyük harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

4.3.4. b* değerlerinin depolamaya bağlı değişimi

Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca b* değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.40'ta yer almaktadır. Buna göre ön işlem, kurutma yöntemi, depolama süresi ile ön işlem x kurutma yöntemi, ön işlem x depolama süresi, kurutma yöntemi x depolama süresi etkileşimlerinin kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca b* değerlerine etkisi P<0.001 düzeyinde, ön işlem x kurutma yöntemi x depolama süresi etkileşiminin etkisi ise P<0.05 düzeyinde önemli bulunmuştur.

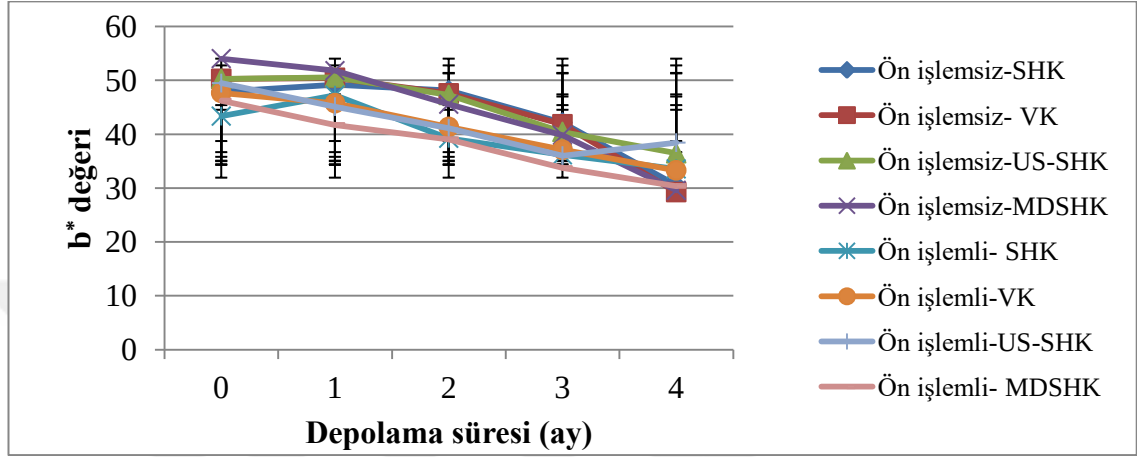
Çizelge 4.40. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca b* değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VAR	SD	KO	F
Ö	1	445.59	184.98***
K	3	30.21	12.54***
D	4	1074.89	446.21***
Ö x K	3	15.27	6.34***
Ö x D	4	81.50	33.83***
K x D	12	19.41	8.06***
Ö x K x D	12	5.44	2.26*
Hata	80	2.40	

(***) P<0.001 düzeyinde önemlidir.

(*) P<0.05 düzeyinde önemlidir.

Ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak farklı yöntemlerle kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı b^* değeri değişimi Şekil 4.4'te, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.41'de verilmiştir. Depolamanın başlangıcından itibaren depolamanın son ayı hariç, ön işlemsiz örneklerin b^* değeri ortalamaları, ön işlemlili örneklerden yüksek bulunmuştur ($P<0.05$). Kurutma yöntemi ortalamalarına göre depolamanın 2. ve 3. ayı hariç ($P>0.05$), b^* değeri ortalamaları arasındaki farklılıklar diğer aylarda önemli bulunmuştur ($P<0.05$).



Şekil 4.4. Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı b^* değeri değişimi

Çizelge 4.41. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama süresine bağlı olarak b^* değeri değişimine* ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ort $\pm$ std)

		Depolama süresi (ay)				
		0.ay	1.ay	2.ay	3.ay	4.ay
Faktörler	N					
ÖxD						
Ön işlemsiz	12	50.60±2.67aA	50.49±1.20aA	47.12±1.35aB	41.04±1.75aC	31.45±3.12bD
Ön İşlemli	12	46.67±2.40bA	44.94±2.92bA	40.17±2.50bB	35.74±1.78bC	33.90±3.15aC
KxD						
SHK	6	45.60±2.61bBA	48.20±1.37aA	43.67±5.18aB	39.15±3.32aC	32.04±1.76bD
VK	6	48.95±1.45aA	48.10±2.63aA	44.45±4.11aB	39.46±2.99aC	31.26±31.26bD
US-SHK	6	49.87±1.94aA	47.81±4.22aBA	44.18±4.00aB	38.21±3.21baC	37.43±37.43aC
MDSHK	6	50.12±4.31aA	46.75±5.53aBA	42.30±3.56aB	36.75±3.43bC	29.97±0.74cD
ÖxKxD						
Ön işlemsiz-SHK	3	47.87±0.74dA	49.18±1.35baA	48.12±1.47aA	42.14±0.80aB	30.54± 0.95dC
Ön işlemsiz-VK	3	50.26±0.28bA	50.45±0.12baA	47.56±0.16aB	41.82±2.04aC	29.24±0.31dD
Ön işlemsiz-US-SHK	3	50.27±2.95bA	50.53±0.91baA	47.27±1.45aA	40.42± 2.43aB	36.45±1.03bC
Ön işlemsiz-MDSHK	3	54.02±0.93aA	51.78±0.47aB	45.54±0.45aC	39.79±0.64baD	29.56±0.49dE
Ön işlemli-SHK	3	43.34±1.06eB	47.23±0.09bcA	39.22±2.36bC	36.15±0.06dcD	33.54±0.30cE
Ön işlemli- VK	3	47.65±0.33cdA	45.75±0.87cA	41.34±3.63bB	37.10±1.22bcC	33.28±2.01cD
Ön işlemli-US-SHK	3	49.47±0.54cbA	45.09±4.64cBA	41.09±3.04bBC	36.01±2.32dcC	38.41±0.10aC
Ön işlemli-MDSHK	3	46.23±0.32dA	41.70±0.28dB	39.05±0.14bC	33.71±1.16dD	30.38±0.80dE

* Aynı sütundaki farklı küçük harflerle aynı satırdaki farklı büyük harfler ortalamaların $P<0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Kurutulmuş kamkat dilimlerinin b^* değerleri depolama süresi boyunca tüm uygulamalarda %22.61-45.28 oranları arasında azalış göstermiştir. b^* değerindeki en yüksek azalış oranı ön işlemsiz MDSHK, en düşük azalış oranı ise ön işlemlili SHK yöntemiyle kurutulan örneklerde gerçekleşmiştir. Depolama sonunda en yüksek b^* değeri ön işlemlili US-SHK yöntemi ile kurutulan örneklerde tespit edilmiştir. b^* değerinin azalması sarılıktan uzaklaşma anlamına gelip, bu durumun depolama sürecinde karotenoidlerin parçalanmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Darvishi vd. 2013; Ghanem Romdhane vd. 2015).

4.3.5. C değerlerinin depolamaya bağlı değişimi

Ön işlemlili ve ön işlemsiz farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca C değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.42’de yer almaktadır. Buna göre ön işlem, depolama süresi ile ön işlem x depolama süresi, kurutma yöntemi x depolama süresi interaksyonlarının kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca C değerlerine etkisi $P<0.001$, kurutma yöntemi ile ön işlem x kurutma yöntemi, ön işlem x kurutma yöntemi x depolama süresi interaksyonunun etkisi ise $P<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

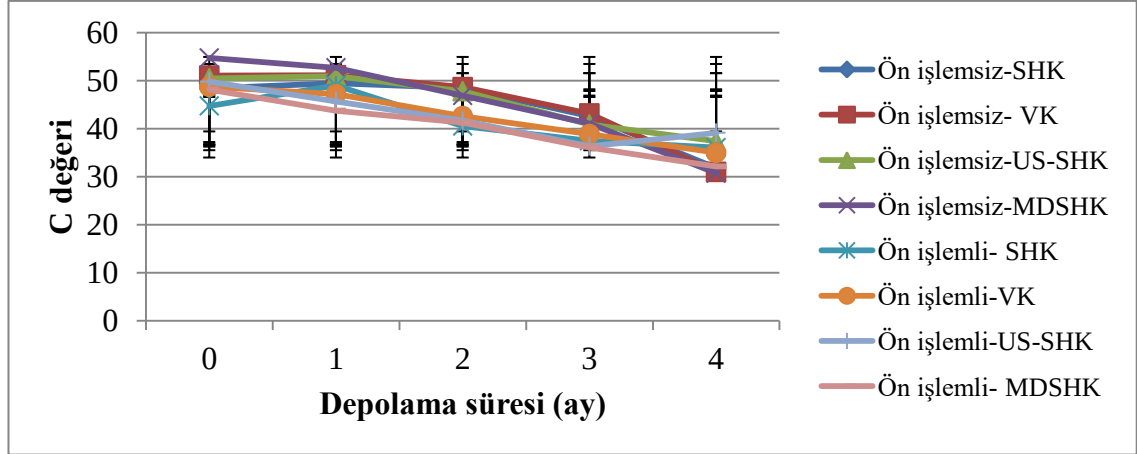
Çizelge 4.42. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca C değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VAR	SD	KO	F
Ö	1	317.11	133.76***
K	3	11.90	5.02**
D	4	1007.61	425.00***
Ö x K	3	9.79	4.13**
Ö x D	4	77.54	32.71***
K x D	12	19.58	8.26***
Ö x K x D	12	5.75	2.43**
Hata	80	2.37	

(***) $P<0.001$ düzeyinde önemlidir; (**) $P<0.01$ düzeyinde önemlidir.

Farklı yöntemlerle kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı C değerleri değişimi Şekil 4.5’te, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.43’te verilmiştir. Depolamanın başlangıcından itibaren depolamanın son ayı hariç, ön işlemsiz örneklerin C değeri ortalamaları, ön işlemlili örneklerden yüksek bulunmuştur ($P<0.05$). Kurutma yöntemi ortalamalarına göre depolamanın 2. ve 3. ayı hariç, C değeri ortalamaları arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

Ön işlem x kurutma yöntemi x depolama süresi C değeri ortalamalarına göre tüm depolama aylarında C değerleri arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir ($P<0.05$). Depolama süresinin örneklerin C değerleri üzerine etkisi önemli olup, C değerleri tüm uygulamalarda %19.40-43.91 oranları arasında azalış göstermiştir ($P<0.05$). C değerindeki en yüksek azalış oranı ön işlemsiz MDSHK, en düşük azalış oranı ise ön işlemlili SHK yöntemiyle kurutulan örneklerde gerçekleşmiştir. Depolama sonunda en yüksek C değeri ön işlemlili US-SHK yöntemi ile kurutulan örnekte belirlenmiştir.



Şekil 4.5. Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı C değeri değişimi

Çizelge 4.43. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresine bağlı olarak C değeri değişimine* ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ort $\pm$ std)

		Depolama süresi (ay)				
		0.ay	1.ay	2.ay	3.ay	4.ay
Faktörler	N					
ÖxD						
Ön işlemsiz	12	51.16 $\pm$ 2.78aA	51.06 $\pm$ 1.40aA	47.95 $\pm$ 1.13aB	41.92 $\pm$ 1.72aC	32.71 $\pm$ 2.90bD
Ön İşlemlili	12	47.85 $\pm$ 2.08bA	46.40 $\pm$ 2.86bA	41.52 $\pm$ 2.35bB	37.19 $\pm$ 1.65bC	35.57 $\pm$ 2.78aC
KxD						
SHK	6	46.56 $\pm$ 2.24bBA	49.21 $\pm$ 0.83aA	44.49 $\pm$ 4.65aB	40.06 $\pm$ 2.86baC	33.92 $\pm$ 2.43bD
VK	6	49.88 $\pm$ 1.30aA	49.16 $\pm$ 2.25aA	45.63 $\pm$ 3.91aB	41.01 $\pm$ 2.81aC	32.98 $\pm$ 2.50bD
US-SHK	6	50.14 $\pm$ 1.92aA	48.31 $\pm$ 4.18aBA	44.73 $\pm$ 4.06aB	38.60 $\pm$ 3.19bC	38.26 $\pm$ 1.13aC
MDSHK	6	51.44 $\pm$ 3.66aA	48.23 $\pm$ 4.90aA	44.08 $\pm$ 3.09aB	38.57 $\pm$ 2.82bC	31.41 $\pm$ 0.98cD
ÖxKxD						
Ön işlemsiz-SHK	3	48.38 $\pm$ 0.74cA	49.44 $\pm$ 1.26baC	48.45 $\pm$ 1.44aA	42.63 $\pm$ 0.78aB	31.77 $\pm$ 0.97dC
Ön işlemsiz-VK	3	51.05 $\pm$ 0.28bA	51.13 $\pm$ 0.11baA	48.65 $\pm$ 0.21aB	43.16 $\pm$ 1.97aC	30.99 $\pm$ 0.27dD
Ön işlemsiz-US-SHK	3	50.48 $\pm$ 2.93cbA	50.95 $\pm$ 1.01baA	47.81 $\pm$ 1.42aA	40.85 $\pm$ 2.37baB	37.36 $\pm$ 0.87bC
Ön işlemsiz-MDSHK	3	54.74 $\pm$ 0.89 aA	52.70 $\pm$ 0.50aB	46.89 $\pm$ 0.41aC	41.05 $\pm$ 0.63baD	30.70 $\pm$ 0.43dE
Ön işlemlili-SHK	3	44.74 $\pm$ 1.43 dB	48.98 $\pm$ 0.08bcA	40.54 $\pm$ 2.28b C	37.49 $\pm$ 0.15cD	36.06 $\pm$ 0.34cbD
Ön işlemlili- VK	3	48.72 $\pm$ 0.33cbA	47.19 $\pm$ 1.05dcA	42.62 $\pm$ 3.32bB	38.87 $\pm$ 1.45bcC	34.96 $\pm$ 1.93cD
Ön işlemlili-US-SHK	3	49.79 $\pm$ 0.52cbA	45.67 $\pm$ 4.67edBA	41.64 $\pm$ 3.27bBC	36.34 $\pm$ 2.14cD	39.15 $\pm$ 0.19aDC
Ön işlemlili-MDSHK	3	48.14 $\pm$ 0.26 cA	43.76 $\pm$ 0.24cB	41.27 $\pm$ 0.20bC	36.08 $\pm$ 1.03cD	32.13 $\pm$ 0.84dE

*Aynı sütundaki farklı küçük harflerle aynı satırdaki farklı büyük harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

4.3.6. H° değerlerinin depolamaya bağlı değişimi

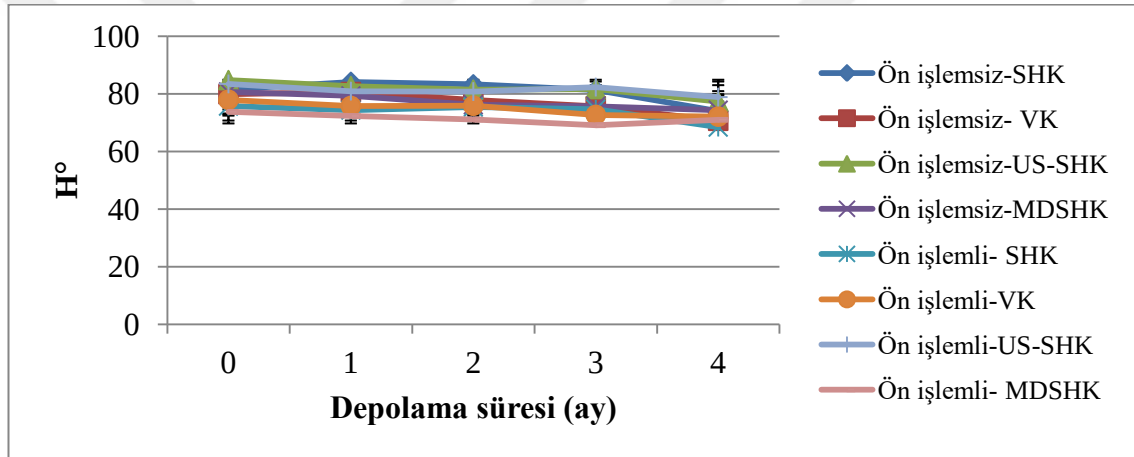
Varyans analizi sonuçlarına (Çizelge 4.44) göre ön işlem x kurutma yöntemi x depolama süresi interaksiyonu dışında tüm varyasyon kaynaklarının kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca H° değerlerine etkisi P<0.001 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.44. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan ön işlemlili ve ön işlemsiz kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca H° değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VAR	SD	KO	F
Ö	1	437.76	404.02***
K	3	277.60	256.21***
D	4	145.94	134.69***
Ö x K	3	75.60	69.77***
Ö x D	4	14.41	13.30***
K x D	12	12.62	11.66***
Ö x K x D	12	1.48	1.37
Hata	80	1.08	

(***) $P < 0.001$ düzeyinde önemlidir.

Ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak farklı yöntemlerle kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı H° değeri değişimi Şekil 4.6'da, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.45'te verilmiştir.



Şekil 4.6. Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı H° değeri değişimi

Depolama süresi boyunca ön işlemsiz örneklerin H° değeri ortalamaları, ön işlemlili örneklerden yüksek bulunmuştur ($P < 0.05$). Kurutma yöntemleri ortalamalarına göre depolama süresince en yüksek H° değeri US-SHK yönteminde tespit edilmiştir ($P < 0.05$). Ön işlem x kurutma yöntemi x depolama süresi H° değeri ortalamalarına göre, depolama süresinin örneklerin H° değerleri üzerine etkisi önemli olup H° değerleri tüm uygulamalarda % 3.76-11.56 oranları arasında azalış göstermiştir. ($P < 0.05$). H° değerindeki en yüksek azalış oranı ön işlemsiz VK, en düşük azalış oranı ise ön işlemlili MDSHK yöntemiyle kurutulan örneklerde gerçekleşmiştir. Depolama süresinin sonunda en yüksek H° değeri ön işlemlili US-SHK yönteminde belirlenmiştir. H° değerinin 0° olması kırmızı, 90° olması sarı, 180° olması yeşil ve 270° olması mavi renk tonlarını ifade etmektedir (Veberic vd. 2010). H° değerlerindeki azalmanın sarılıktan uzaklaşma anlamına geldiği bildirilmiştir (Hawladar vd. 2006).

Çizelge 4.45. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemlisiz kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama süresine bağlı olarak H^0 değeri değişimine* ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ort $\pm$ std)

Faktörler	N	Depolama süresi (ay)				
		0.ay	1.ay	2.ay	3.ay	4.ay
ÖxD						
Ön işlemlisiz	12	81.74 $\pm$ 1.96aA	81.69 $\pm$ 2.05aA	79.70 $\pm$ 3.00aBA	78.61 $\pm$ 3.10aB	74.08 $\pm$ 2.64aC
Ön İşlemlili	12	77.73 $\pm$ 3.89bA	75.86 $\pm$ 3.41bBA	75.81 $\pm$ 3.90bBA	74.71 $\pm$ 5.22bBA	72.61 $\pm$ 4.06bB
KxD						
SHK	6	78.65 $\pm$ 3.47bA	79.27 $\pm$ 5.39bA	79.36 $\pm$ 4.51bA	78.01 $\pm$ 3.72bA	71.21 $\pm$ 3.00cB
VK	6	78.92 $\pm$ 1.07bA	78.21 $\pm$ 2.68cA	76.88 $\pm$ 1.85cA	74.20 $\pm$ 1.87cB	71.38 $\pm$ 1.05cC
US-SHK	6	84.12 $\pm$ 0.84aA	81.82 $\pm$ 1.52aB	81.13 $\pm$ 1.42aB	82.03 $\pm$ 1.71aB	78.13 $\pm$ 1.57aC
MDSHK	6	77.23 $\pm$ 3.80cA	75.81 $\pm$ 3.83dBA	73.65 $\pm$ 2.79dBA	72.41 $\pm$ 3.67dB	72.67 $\pm$ 1.86bB
ÖxKxD						
Ön işlemlisiz-SHK	3	81.57 $\pm$ 0.08 bB	84.16 $\pm$ 1.08aA	83.30 $\pm$ 0.51aA	81.34 $\pm$ 0.25aB	73.95 $\pm$ 0.18cC
Ön işlemlisiz-VK	3	79.90 $\pm$ 0.03 cA	80.62 $\pm$ 0.07dC	77.86 $\pm$ 0.26cB	75.71 $\pm$ 1.12bC	70.66 $\pm$ 0.30dD
Ön işlemlisiz-US-SHK	3	84.78 $\pm$ 0.61 aA	82.68 $\pm$ 0.89bBA	81.46 $\pm$ 1.23baB	81.68 $\pm$ 1.05aB	77.37 $\pm$ 2.00bC
Ön işlemlisiz-MDSHK	3	80.69 $\pm$ 0.38cbA	79.29 $\pm$ 0.52dB	76.19 $\pm$ 0.26cC	75.71 $\pm$ 0.26bC	74.34 $\pm$ 0.56cD
Ön işlemlili-SHK	3	75.74 $\pm$ 2.15 cA	74.39 $\pm$ 0.15cA	75.42 $\pm$ 2.04cA	74.67 $\pm$ 1.06cbA	68.47 $\pm$ 0.10eB
Ön işlemlili-VK	3	77.95 $\pm$ 0.03 dA	75.79 $\pm$ 0.76cA	75.90 $\pm$ 2.37cA	72.69 $\pm$ 0.80cB	72.10 $\pm$ 1.06dB
Ön işlemlili-US-SHK	3	83.45 $\pm$ 0.27aA	80.95 $\pm$ 1.65cBA	80.80 $\pm$ 1.79bBA	82.37 $\pm$ 2.42aA	78.89 $\pm$ 0.68aB
Ön işlemlili-MDSHK	3	73.78 $\pm$ 0.35 fA	72.32 $\pm$ 0.22fB	71.11 $\pm$ 0.26dC	69.11 $\pm$ 0.97dD	71.00 $\pm$ 0.13dC

* Aynı sütundaki farklı küçük harflerle aynı satırdaki farklı büyük harfler ortalamaların $P<0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

4.3.7. TRD değerlerinin depolamaya bağlı değişimi

Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemlisiz kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca TRD değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.46'da yer almaktadır. Buna göre ön işlem x kurutma yöntemi x depolama süresi interaksyonunun kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca TRD değerlerine etkisi önemsiz bulunurken, diğer varyasyon kaynaklarının etkisi ise $P<0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

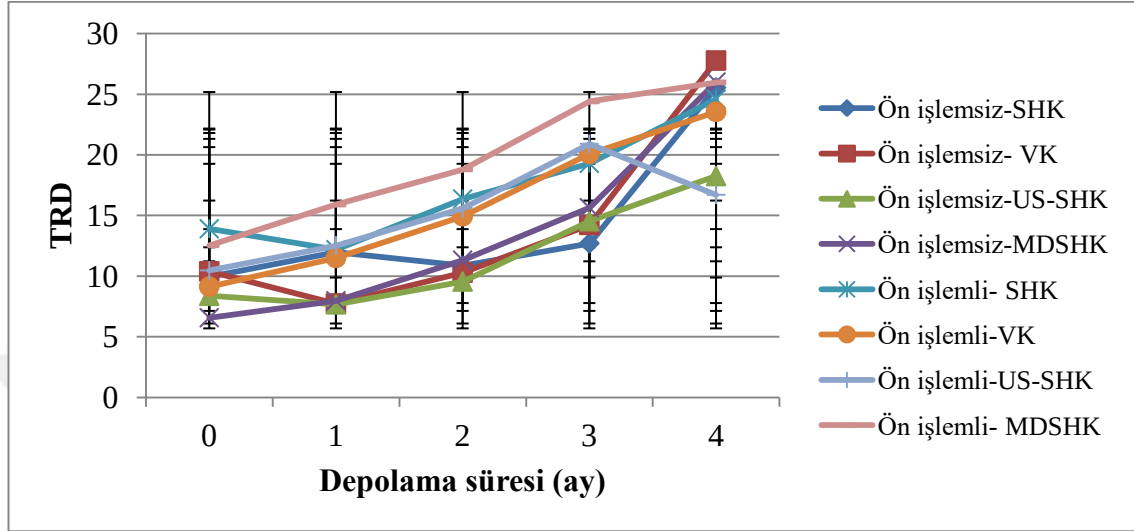
Çizelge 4.46. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemlisiz kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama boyunca TRD değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VAR	SD	KO	F
Ö	1	388.91	195.65***
K	3	50.98	25.65***
D	4	736.03	370.28***
Ö x K	3	23.92	12.04***
ÖxD	4	68.07	34.24***
KxD	12	22.84	11.49***
ÖxKxD	12	3.73	1.88
Hata	80	1.98	

(***) $P<0.001$ düzeyinde önemlidir.

Farklı yöntemlerle kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı TRD değeri değişimi Şekil 4.7'de, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge

4.47’de verilmiştir. Ön işlem ortalamalarına göre, depolamanın son ayı hariç, ön işlemlili kurutulan örneklerin TRD ortalamaları ön işlemsiz kurutulan örneklerden yüksek olarak belirlenmiştir ($P<0.05$). Kurutma yöntemi ortalamalarına göre, depolama sonunda US-SHK yöntemi dışında diğer yöntemlerin TRD değerleri arasındaki farklılık önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur.



Şekil 4.7. Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı TRD değeri değişimi

Çizelge 4.47. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresine bağlı olarak TRD değeri değişimine* ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ort $\pm$ std)

Faktörler	N	Depolama süresi				
		0.ay	1.ay	2.ay	3.ay	4.ay
Ö						
Ön işlemsiz	12	8.81 $\pm$ 1.62bC	8.83 $\pm$ 1.98bC	10.50 $\pm$ 0.79bC	14.27 $\pm$ 1.70bB	24.39 $\pm$ 3.88aA
Ön İşlemlili	12	11.50 $\pm$ 1.94aC	13.01 $\pm$ 2.43aC	16.41 $\pm$ 2.98aB	21.16 $\pm$ 2.19aA	22.70 $\pm$ 3.90bA
K						
SHK	6	11.91 $\pm$ 2.26aC	12.07 $\pm$ 0.28aC	13.60 $\pm$ 3.34aCB	15.99 $\pm$ 3.65cB	25.06 $\pm$ 0.89aA
VK	6	9.75 $\pm$ 0.71bC	9.61 $\pm$ 2.11bC	12.61 $\pm$ 3.54aC	17.14 $\pm$ 3.50cbB	25.65 $\pm$ 2.81aA
US-SHK	6	9.41 $\pm$ 1.16bB	10.08 $\pm$ 3.67bB	12.57 $\pm$ 4.17aB	17.71 $\pm$ 3.82bA	17.47 $\pm$ 1.15bA
MDSHK	6	9.55 $\pm$ 3.28bD	11.93 $\pm$ 4.35aDC	15.05 $\pm$ 4.11aC	20.01 $\pm$ 4.84aB	25.98 $\pm$ 0.79aA
ÖxKxD						
Ön işlemsiz-SHK	3	9.94 $\pm$ 0.83 cD	11.96 $\pm$ 0.39bCB	10.85 $\pm$ 0.38cCD	12.69 $\pm$ 0.78dB	25.54 $\pm$ 1.14bcA
Ön işlemsiz-VK	3	10.38 $\pm$ 0.25cC	7.73 $\pm$ 0.77cD	10.28 $\pm$ 0.28cC	14.22 $\pm$ 2.12dcB	27.77 $\pm$ 0.44aA
Ön işlemsiz-US-SHK	3	8.37 $\pm$ 0.38 eC	7.66 $\pm$ 0.97cC	9.54 $\pm$ 0.67cC	14.52 $\pm$ 2.00dcB	18.24 $\pm$ 1.23dA
Ön işlemsiz-MDSHK	3	6.56 $\pm$ 0.26 fE	7.96 $\pm$ 0.40cD	11.31 $\pm$ 0.40bcC	15.63 $\pm$ 0.52cB	26.00 $\pm$ 0.65baA
Ön işlemlili-SHK	3	13.90 $\pm$ 0.54aD	12.17 $\pm$ 0.14bD	16.35 $\pm$ 2.26aC	19.29 $\pm$ 0.19bB	24.59 $\pm$ 0.10bcA
Ön işlemlili-VK	3	9.12 $\pm$ 0.21 dC	11.49 $\pm$ 0.09bCB	14.93 $\pm$ 3.89baB	20.06 $\pm$ 0.75bA	23.54 $\pm$ 2.48cA
Ön işlemlili-US-SHK	3	10.46 $\pm$ 0.06cC	12.51 $\pm$ 3.90bBC	15.59 $\pm$ 3.95aB	20.90 $\pm$ 1.43bA	16.69 $\pm$ 0.11dBA
Ön işlemlili-MDSHK	3	12.54 $\pm$ 0.36bE	15.89 $\pm$ 0.30aD	18.79 $\pm$ 0.31aC	24.39 $\pm$ 0.96aB	25.97 $\pm$ 1.07baA

* Aynı sütundaki farklı küçük harflerle aynı satırdaki farklı büyük harfler ortalamaların $P<0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Ön işlem x kurutma yöntemi x depolama süresi TRD değeri ortalamalarına göre tüm depolama aylarında TRD değerleri arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir ($P<0.05$). Depolama sonunda en yüksek TRD değeri ön işlemsiz VK yöntemi ile kurutulan örneklerde belirlenirken, TRD değerleri tüm uygulamalarda başlangıca göre depolama sonunda 0.59-2.96 kat artış göstermiştir. En düşük artış ön işlemlili US-SHK, en yüksek artış ise ön işlemsiz MDSHK yönteminde gerçekleşmiştir.

4.3.8. HMF içeriklerinin depolamaya bağlı değişimi

Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca HMF değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.48’de yer almaktadır. Buna göre varyasyon kaynaklarının kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca HMF miktarlarına etkisi $P<0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.48. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca HMF değerlerine ait varyans analizi sonuçları

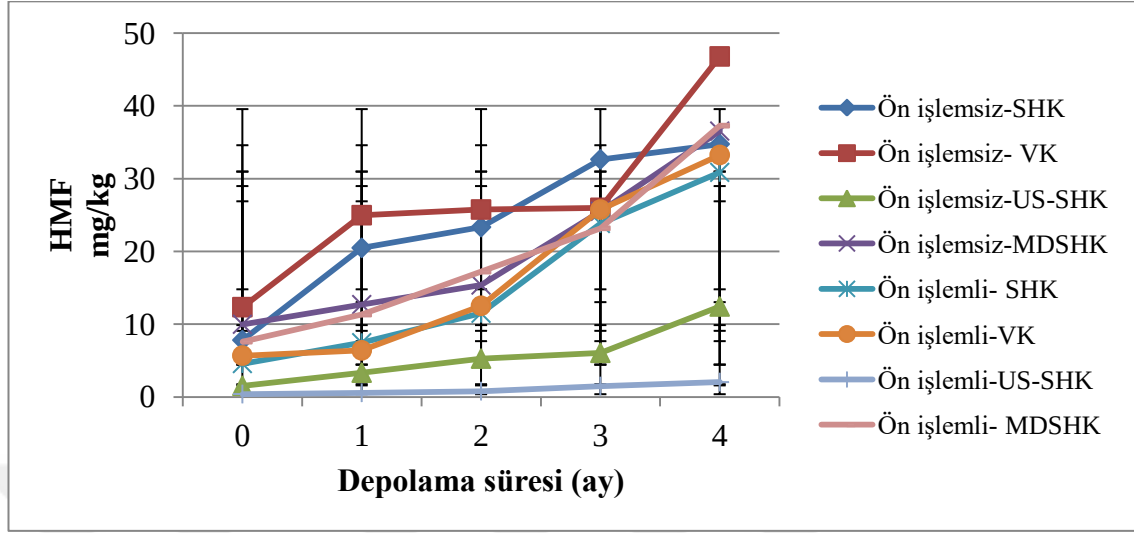
VAR	SD	KO	F
Ö	1	1078.06	844.79***
K	3	2215.61	1736.20***
D	4	1928.10	1510.90***
Ö x K	3	135.73	106.37***
Ö x D	4	31.67	24.82***
K x D	12	133.45	104.58***
Ö x K x D	12	32.67	25.60***
Hata	80	1.27	

(***) $P<0.001$ düzeyinde önemlidir.

Ön işlemlili ve ön işlemsiz farklı yöntemlerle kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı HMF değişimi Şekil 4.8’de, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.49’da verilmiştir. Depolama süresi boyunca 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. Depolama süresince örneklerin HMF içerikleri artmakla ($P<0.05$) birlikte bu artış, ön işlemsiz örneklerde ilk üç ayda, ön işlemlili örneklerde ise ilk iki ayda önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$). Kurutma yöntemleri ortalamalarına göre genel olarak depolama süresi boyunca en yüksek HMF içeriği VK yönteminde belirlenmiştir ($P<0.05$).

Ön işlem x kurutma yöntemi x depolama süresi HMF ortalamalarına göre depolamanın başlangıcında HMF değerleri 0.39-12.33 mg/kg arasında olup, depolama sonunda 2.02-46.79 mg/kg değerlerine yükselmiştir. Depolamanın ilk iki ayı ve 4. ayda en yüksek HMF miktarları ön işlemsiz VK ile kurutulan örneklerde, 3. ayında ise ön işlemsiz SHK ile kurutulan örneklerde saptanmıştır. Depolamanın tüm aylarında en düşük HMF içeriği ön işlemlili US-SHK yöntemi ile kurutulan 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-SHK, en düşük artış ise ön işlemsiz MDSHK yönteminde gerçekleşmiştir.



Şekil 4.8. Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve işlemsiz kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı HMF içeriği değişimi

Çizelge 4.49. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama süresine bağlı olarak HMF (mg/kg km) içeriklerinin değişimine* ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ort±std)

		Depolama süresi (ay)				
		0.ay	1.ay	2.ay	3.ay	4.ay
Faktörler	N					
ÖxD						
Ön işlemsiz	12	7.90±1.78 aC	15.36±8.61aCB	17.43±8.38aB	22.54±10.43aB	32.62±13.16aA
Ön İşlemlili	12	4.55±5.99 bC	6.43±4.05bC	10.50±6.30bC	18.55±10.38bB	25.85±14.67bA
KxD						
SHK	6	6.18±1.81 bC	13.96±7.15bB	17.41±6.58bB	28.23±4.90aA	32.80±2.30cA
VK	6	9.00±6.10 aD	15.68±10.18aCD	19.13±7.25aCB	25.86±1.21bB	40.02±7.80aA
US-SHK	6	0.95±5.89cB	1.94±1.57dB	3.02±2.46dB	3.77±2.53dBA	7.22±5.70dA
MDSHK	6	8.78±3.69aE	12.00±1.28cD	16.29±1.16cC	24.33±1.94cB	36.90±2.09bA
ÖxKxD						
Ön işlemsiz-SHK	3	7.80±0.10cE	20.48 ±0.27bD	23.33±1.25bC	32.64 ±1.21aB	34.74±1.35cbA
Ön işlemsiz-VK	3	12.33±1.56aC	24.97±0.64aB	25.75±0.32aB	25.98 ±1.47bB	46.79±2.11aA
Ön işlemsiz-US-SHK	3	1.52±0.23eD	3.32± 0.73fC	5.26±0.37fB	6.06 ±0.58dB	12.42±0.53eA
Ön işlemsiz-MDSHK	3	9.97±0.69bE	12.69± 1.31cD	15.37±0.60dC	25.50± 1.68bB	36.53±1.78cbA
Ön işlemlili-SHK	3	4.57±0.61dE	7.45 ±0.64eD	11.49±1.23eC	23.82±0.62cbB	30.85±0.32dA
Ön işlemlili- VK	3	5.67±0.56dD	6.39 ±0.29eD	12.51 ±0.28eC	25.74±1.21bB	33.25±3.19cdA
Ön işlemlili-US-SHK	3	0.39±0.02eE	0.57 ±0.04gD	0.79± 0.06gC	1.48±0.07eB	2.02±0.05fA
Ön işlemlili-MDSHK	3	7.59±0.40cE	11.31±0.97dD	17.21±0.69cC	23.17±1.58cB	37.27±2.72bA

* Aynı sütundaki farklı küçük harflerle aynı satırdaki farklı büyük harfler ortalamaların $P<0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

HMF ısıtıl işlem görmüş çeşitli gıda maddelerinin gerek üretimi gerekse depolanması sırasında ortaya çıkan ve bu ürünlerin kalitesinin belirlenmesinde kullanılan önemli bir göstergedir (Namaka vd. 1993). Isıl işlem görmüş gıda maddelerinin depolama süresi ve sıcaklığı HMF oluşumunu etkilemektedir (Toker vd. 2013; Touati vd. 2014). Farklı ambalajlama materyali ve depolama süresinin kurutulmuş papayanın fonksiyonel özelliklerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, 9 aylık depolama süresinde HMF içeriğinde artış gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu durumun su aktivitesi ve nem içeriğinin artışı ile ilişkili olduğu vurgulanmıştır (Udomkun vd. 2016).

Türk Gıda Kodeksi'nde (TGK) kurutulmuş meyvelerle ilgili HMF limiti bulunmamaktadır. Ancak TGK bal tıblığı (Tıblığ No:2012/58) HMF limiti 40 mg/kg iken, TGK üzüm pekmezi tıblığında (Tıblığ No:2017/8) ise bu miktar 75 mg/kg ile sınırlandırılmıştır. Çalışmamızda depolama süresi boyunca örneklerin HMF içerikleri bu sınırların altında kalmıştır.

4.3.9. Askorbik asit içeriklerinin depolamaya bağlı değişimi

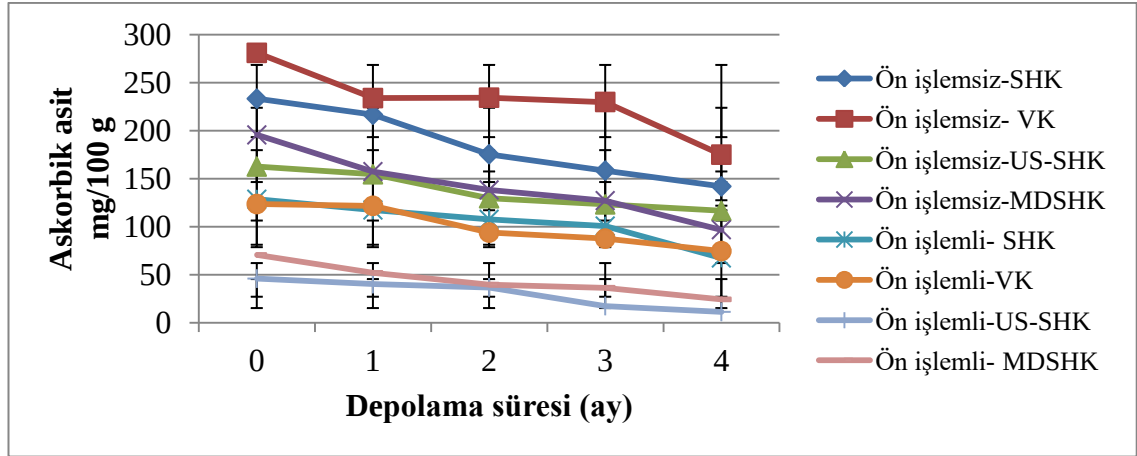
Varyans analizi (Çizelge 4.50) sonuçlarına göre tüm varyasyon kaynaklarının kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca askorbik asit miktarlarına etkisi $P<0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.50. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresi boyunca askorbik asit değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VAR	SD	KO	F
Ö	1	326019.77	99999.99***
K	3	46689.93	30425.93***
D	4	15528.59	10119.36***
Ö x K	3	3213.51	2094.12***
Ö x D	4	1180.41	769.23***
K x D	12	314.77	205.13***
Ö x K x D	12	318.34	207.46***
Hata	80	1.53	

(***) $P<0.001$ düzeyinde önemlidir.

Farklı yöntemlerle kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolamaya bağlı askorbik asit içeriklerine ait değişim Şekil 4.9'da, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.51'de verilmiştir. Depolamanın başlangıcından itibaren tüm aylarda ön işlemsiz örneklerin askorbik asit değerleri ön işlemlili örneklerden yüksek bulunmuştur ($P<0.05$). Ön işlemlili kurutulmuş örneklerin başlangıç askorbik asit miktarlarının da düşük olduğu görülmektedir. Kurutma yöntemi ortalamalarına göre depolama süresi içerisinde en yüksek askorbik asit içeriği VK yöntemi ile kurutulan örneklerde tespit edilmiştir. ($P<0.05$). En düşük askorbik asit içeriği ise depolamanın son ayı hariç tüm aylarda US-SHK yönteminde belirlenmiştir. Depolamanın 4. ayında ise en düşük askorbik asit içeriği MDSHK yönteminde belirlenmiştir. Depolama sürecinde kurutma yöntemi ortalamalarına göre askorbik asit içeriğinde kayıplar meydana gelmiştir.



Şekil 4.9. Farklı yöntemlerle ön işlemlı ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolamaya bağı askorbik asit içeriğı değışımı

Ön işlem x kurutma yöntemi x depolama süresi askorbik asit içeriğı ortalamalarına göre depolama süresi boyunca en yüksek askorbik asit içeriğı ön işlemsiz VK, en düşük askorbik asit içeriğı ise ön işlemlı US-SHK yöntemi ile kurutulan 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 işlemlı US-SHK, en düşük askorbik asit kaybı ise ön işlemsiz US-SHK yönteminde tespit edilmiştir. Ön işlem olarak kullanılan haşlama işlemi, hücre yapısının bozulmasına, dolayısıyla askorbik asitin hızlı oksidasyonuna sebep olarak depolama sürecinde daha fazla kayba neden olmuş olabilir (Santos ve Silva 2008; Wang vd. 2018).

Çizelge 4.51. Farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlı ve ön işlemsiz kurutulan kamkat dilimlerinin depolama süresine bağı olarak askorbik asit (mg/100 g km) içeriklerinin değışimine* ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (ort $\pm$ std)

		Depolama süresi (ay)				
		0.ay	1.ay	2.ay	3.ay	4.ay
Faktörler	N					
ÖxD						
Ön işlemsiz	12	218.11±46.08aA	190.59±36.78aBA	169.38±43.12aB	159.62±44.68aBC	132.55±30.59aC
Ön işlemlı	12	92.10±36.64bA	82.74±38.66bBA	69.43±33.12bBAC	60.44±36.13bBC	44.31±28.32bC
KxD						
SHK	6	180.92±57.39bA	166.95± 54.36bA	141.52±37.16bBA	129.50±31.64bBA	104.63±40.85bB
VK	6	202.26±86.26aA	177.78±61.50 aA	164.07±76.99 aA	158.67±77.96 aA	124.74±55.06aA
US-SHK	6	104.24±63.93dA	97.34±62.66 dA	83.13±50.87 dA	70.24± 57.96dA	63.84±57.67cA
MDSHK	6	133.01±68.54cA	104.58±57.78cBA	88.90± 54.03cBA	81.71±49.73cBA	60.51±39.74dB
ÖxKxD						
Ön işlemsiz-SHK	3	233.29±2.71bA	216.56±1.35bB	175.42±2.46bC	158.38±0.82bD	141.92±1.45bE
Ön işlemsiz-VK	3	281.00±1.47aA	233.90±2.26aB	234.34±1.88aB	229.85± 0.81aC	175.01±1.07aD
Ön işlemsiz-US-SHK	3	162.61±0.63dA	154.55±0.50dB	129.57±0.52dC	123.16± 0.41dD	116.49±0.62cE
Ön işlemsiz-MDSHK	3	195.56±2.78 cA	157. 33 ± 0.86cB	138.22±0.82cC	127.11±0.45cD	96.78±1.20dE
Ön işlemlı-SHK	3	128.56±0.60 eA	117.33±1.17fB	107.63±1.02eC	100.63±0.63eD	67.34±0.29fE
Ön işlemlı-VK	3	123.53±1.04 fA	121.65± 1.14eA	93.80±2.47fB	87.50± 0.35fC	74.48 ± 0.66eD
Ön işlemlı-US-SHK	3	45.88±0.83 hA	40.14±0.34hB	36.69±0.44hC	17.33± 1.08hD	11.19±0.43hE
Ön işlemlı-MDSHK	3	70.46±0.22 gA	51.84±0.31gB	39.59±1.60gC	36.31± 0.23gD	24.24±0.91gE

* Aynı sütundaki farklı küçük harflerle aynı satırdaki farklı büyük harfler ortalamaların $P<0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

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). Depolama sırasında kurutma ve depolama koşullarına bağlı olarak kurutulmuş ürünlerde askorbik asit içeriğinde kayıplar meydana gelebilmektedir (Uddin vd. 2002; Del Caro vd. 2004). Udomkun vd. (2016) depolama sırasında askorbik asit parçalanmasının su aktivitesi ve nem içeriği ile ilişkili olabileceğini bildirmiştir. Farklı ambalajlama materyali ve depolama süresinin kurutulmuş papayanın fonksiyonel özelliklerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, 9 aylık depolama süresinde askorbik asit içeriğinde azalma olduğu bildirilmiştir (Udomkun vd. 2016).



5. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında fonksiyonel bileşenlerce zengin atıştırmalık kamkat kurusu üretimi için en uygun kurutma yöntemi belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla kamkat dilimleri ön işlemsiz ve ön işlemlili olarak farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmuş, bu yöntemlerin elde edilen ürünlerin toplam kuru madde, su aktivitesi, rehidrasyon oranı, renk değerleri, toplam fenolik madde içeriği, toplam karotenoid içeriği, askorbik asit, antioksidan aktivite (DPPH radikali süpürme aktivitesi ve ORAC), organik asit ve flavonoid bileşenleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında ise farklı yöntemlerle kurutulmuş kamkat dilimleri 4 ay süre ile oda sıcaklığında depolanmış ve depolama sürecinde bazı kriterlerin değişimi incelenmiştir.

Ön işlemlili olarak %12-13 düzeyine kadar kurutulan kamkat dilimleri ön işlemsiz olarak aynı nem düzeyine kadar kurutulanlara göre daha kısa sürede kurumıştır. En kısa kuruma süresi, ön işlemlili MDSHK yönteminde, en uzun kuruma süresi ise ön işlemsiz VK yönteminde sağlanmıştır. Ön işlemin kamkat dilimlerinin su aktivitesi üzerine etkisi önemsiz bulunurken, kurutma uygulamaları sonucu örneklerin su aktivitesi değerleri 0.236-0.280 arasında önemli düzeyde değişim göstermiştir.

Kurutma yöntemlerinden ön işlemlili ve ön işlemsiz US-SHK yöntemi ile kurutmanın L^* , a^* , H° ve EI değerleri açısından, ön işlemsiz MDSHK yöntemi ile kurutmanın ise b^* , C ve TRD değerleri açısından diğer yöntemlere göre kamkat dilimlerinin renk stabilitesini daha iyi koruduğu belirlenmiştir.

Kurutma sonucu örneklerin rehidrasyon oranlarının 2.42-6.74 arasında değiştiği saptanmıştır. Ön işlemlili kurutulan örneklerin, ön işlemsiz kurutulan örneklerden daha yüksek rehidrasyon oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Ön işlemlili SHK ve ön işlemlili MDSHK yöntemi ile kurutulan örneklerin rehidrasyon oranlarının diğer uygulamalardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Taze meyvede tespit edilen 660.51 mg GAE/100 g km TFM içeriği haşlama işlemi ile birlikte %17.25 azalarak 546.56 mg GAE/100 g km değerine düşmüştür. Ön işlemsiz kurutulan örneklerin TFM ortalaması, ön işlemlili olarak kurutulan örneklerin ortalamasından yüksek bulunmuştur. En yüksek TFM içeriği (676.33 mg GAE/100 g km) ön işlemsiz VK yöntemiyle kurutulan örneklerde, en düşük TFM içeriği (113.22 mg GAE/100 g km) ise ön işlemlili US-SHK yöntemiyle kurutulan örneklerde tespit edilmiştir.

Taze kamkatta belirlenen toplam karotenoid içeriği (91.02 mg β -karoten/100g km) haşlama işlemi ile birlikte %5.88 kayba uğramıştır. Ön işlemlili kurutulan örneklerin toplam karotenoid içeriği (41 mg β -karoten/100 g km), ön işlemsiz kurutulan örneklerinkinden (29.20 mg β -karoten /100 g km) yüksek bulunmuştur. Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan örneklerde toplam karotenoid içeriği taze meyveye göre %34.37-84.19 oranları arasında azalış göstermiştir. En yüksek toplam karotenoid içeriği ön işlemlili MDSHK yöntemiyle kurutulan örneklerde (60.34 β -karoten mg/100 g), en düşük toplam karotenoid içeriği ise ön işlemsiz US-SHK yöntemiyle kurutulan örneklerde (14.39 mg β -karoten /100 g km) tespit edilmiştir.

Kurutma uygulamaları sonucu örneklerin askorbik asit içerikleri 45.88-281 mg/100 g km arasında tespit edilmiştir. Taze meyveye göre askorbik asit içeriği ön işlemlili ve ön işlemsiz tüm kurutma uygulamalarında %5.81- 84.62 oranları arasında azalmıştır. En yüksek askorbik asit içeriği ön işlemsiz VK ile kurutulan örneklerde, en düşük askorbik asit içeriği ise ön işlemlili US-SHK yöntemi ile kurutulan örneklerde belirlenmiştir.

Kurutma uygulamaları sonucu kamkat dilimlerinin IC₅₀ değerleri 27.64-245.96 mg/mg DPPH km arasında tespit edilmiştir. En düşük IC₅₀ değeri, dolayısıyla en yüksek antiradikal aktivite ön işlemsiz SHK ve VK yöntemlerinde belirlenmiştir. En yüksek IC₅₀ değeri, yani en düşük antiradikal aktivite ise ön işlemlili MDSHK ve daha sonra ön işlemlili US-SHK yöntemiyle kurutulan örneklerde tespit edilmiştir.

Kurutma uygulamaları sonucu kamkat dilimlerinin ORAC değerleri 9.09-65.36 mmol TE/100 g km arasında olup, en yüksek değer ön işlemsiz SHK, daha sonra ise sırasıyla ön işlemsiz MDSHK ve VK yöntemiyle kurutulan örneklerde tespit edilmiştir. Her üç uygulamada taze meyveye göre ORAC değeri artış göstermiş, diğer uygulamalarda ise azalış göstermiştir. En düşük ORAC değeri ise ön işlemlili US-SHK ile kurutulan örneklerde belirlenmiştir.

Taze kamkat meyvesinde sitrik asit ve malik asit en yüksek değerlerde belirlenen organik asitler olmuş ve bu asitleri sırasıyla okzalik, tartarik ve süksinik asit takip etmiştir. Haşlama işlemi ile bu organik asitlerin içerikleri sırasıyla %34.29, 38.81, 35.31, 36.02 ve 24.63 oranında kayba uğramıştır. Kurutma uygulamaları sonunda ön işlemsiz SHK ve VK yöntemleri ile elde edilen kamkat kurularının organik asit içerikleri diğerlerine nazaran yüksek bulunmuştur.

Ön işlemsiz kurutulan örneklerin (7.90 mg/kg), ön işlemlili kurutulan örneklerden (4.55 mg/kg) daha yüksek HMF içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. En yüksek HMF değeri (12.33 mg/kg) ön işlemsiz VK yöntemi ile kurutulan örneklerde, en düşük HMF değeri ise ön işlemlili ve ön işlemsiz US-SHK yöntemi ile kurutulan örneklerde (0.39-1.52 mg/kg) saptanmıştır.

Taze kamkat meyvesinde tespit edilen flavonoid bileşenleri rutin, kuersetin, rhoifolin, narirutin, didymin, ponsirin ve luteolindir. Ponsirinin (159.65 mg/100 g km) miktarca en yüksek olan flavonoid olduğu saptanmıştır. Bunu sırasıyla rhoifolin, narirutin ve didyminin takip ettiği belirlenmiştir. En düşük miktarda belirlenen flavonoid ise kuersetin (2.52 mg/100 g km) olmuştur. Haşlama ön işlemi ile birlikte flavonoid bileşenlerinde %41.53-83.14 oranında kayıp meydana gelmiştir. En fazla kayıp ponsirinde, en az kayıp ise rhoifolin bileşeninde tespit edilmiştir. Genel olarak ön işlemsiz VK yönteminin diğer kurutma uygulamalarına göre flavonoid bileşenlerini daha iyi koruduğu dikkati çekmiştir. Hatta VK yönteminde ponsirin, narirutin ve didymin miktarlarında artış belirlenmiştir.

Depolama süresi boyunca tüm örneklerin su aktivitesi değerleri %34.38-82.22 oranında artış göstermiş, en yüksek artış oranı ön işlemlili SHK, en düşük artış oranı ise ön işlemsiz SHK yöntemi ile kurutulan örneklerde gerçekleşmiştir. Depolama süresi boyunca ön işlemlili örneklerdeki su aktivitesi artış oranı (%64.85-82.22), ön işlemsiz örneklerinkinden (%34.38-61.67) daha yüksek gerçekleşmiştir.

Kurutulmuş kamkat dilimlerinin depolama sürecinde L^* , b^* , C , H^o değerleri genel olarak azalış göstermiş, a^* ve TRD değerleri ise artış göstermiştir. Depolama süresi boyunca kurutulmuş kamkat dilimlerinin HMF içerikleri ise tüm örneklerde 2.66-7.17 kat arasında artış göstermiştir. En yüksek artış ön işlemsiz US-SHK, en düşük artış ise ön işlemsiz MDSHK yönteminde gerçekleşmiştir.

Kurutulmuş örneklerin depolama süresi boyunca askorbik asit içeriğinde %28.36-75.61 oranında kayıplar meydana gelmiştir. En yüksek askorbik asit kaybı ön işlemlili US-SHK, en düşük askorbik asit kaybı ise ön işlemsiz US-SHK yönteminde tespit edilmiştir.

Genel olarak haşlama ön işleminin tüm kurutma yöntemlerinde kuruma sürelerini kısalttığı, rehidrasyon özelliklerini geliştirdiği, toplam karotenoid içeriğinde daha az kayba ve daha düşük değerlerde HMF oluşumuna yol açtığı belirlenmiştir. Ancak bu ön işlemin bazı biyoaktif bileşenlerin kayıplarını artırdığı sonucuna varılmıştır.

Kuruma süresi uzun olmasına rağmen ön işlemsiz vakum kurutma yönteminin, özellikle biyoaktif bileşenler ve antoksidan özellikler açısından diğer yöntemlere göre daha olumlu sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Vakum kurutma yönteminden sonra ön işlemsiz sıcak hava kurutma ve ön işlemsiz MDSHK yönteminin de gerek kuruma süresi gerekse incelenen kriterler açısından kamkat dilimlerinin kurutulmasında kullanılabilecek uygun yöntemler olduğu değerlendirilmiştir. US-SHK yönteminin renk özellikleri açısından en iyi sonuçları vermesine rağmen hem ön işlemlili hem de ön işlemsiz kurutulmuş örneklerde önemli oranda biyoaktif bileşen kaybına neden olduğu belirlenmiştir.

Genel bir değerlendirme yapıldığında, bu çalışmada ülkemizde üretimi artan fonksiyonel özellikler bakımından zengin kamkat meyvesinden ilk kez farklı yöntemlerle kurutulmuş ürün elde edilmiş ve uygun kurutma yöntemleri ortaya konmuştur. Bu meyvenin katma değeri yüksek bir ürüne işlenerek Türkiye'nin tarım ve gıda alanındaki hedeflerinden biri olan gıda işleme yöntem ve süreçlerinin geliştirilmesi ve işlenmiş ürün çeşitliliğinin artırılmasına katkıda bulunacağı değerlendirilmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda uygulanan kurutma yöntemlerinin enerji verimliliği bakımından değerlendirilmesi, işlem süresinin kısaltılması amacıyla farklı ön işlem ve kurutma yöntemi kombinasyonlarının denenmesi, ayrıca kamkat kurusunun depolama stabilitesinin belirlenmesinde gıda güvenliği açısından mikrobiyolojik kalite kriterlerinin incelenmesi tavsiye edilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Abano, E. E. and Sam-Amoah, L. K. 2011. Effects of different pretreatments on drying characteristics of banana slices. *APRN Journal of Engineering and Applied Science*, 6: 121-129.
- Abeyasinghe, D.C., Li, X., Sun, C., Zhang, W., Zhou, C. and Chen, K. 2007. Bioactive compounds and antioxidant capacities in different edible tissues of citrus fruit of four species. *Food Chemistry*, 104: 1338–1344.
- Abou-Arab, A. A., Mahmoud, M. H. and Abu-Salem, F. M. 2016. Bioactive compounds content of citrus peel as affected by drying processes. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, 10: 240-243.
- Agócs, A., Nagy, V., Szab, Z., Márk, L., Ohmacht, R. and Deli, J. 2007. Comparative study on the carotenoid composition of the peel and the pulp of different citrus species. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8(3): 390-394.
- Akdaş, S. and Başlar, M. 2015. Dehydration and degradation kinetics of bioactive compounds for mandarin slices under vacuum and oven drying conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6): 1098-1107.
- Aksay, S. and Ünal, M. Ü. 2002. Turunçgil Sularında Acılık Etmenleri ve Giderilmesinde Kullanılan Yöntemler. *Gıda Dergisi*, 27(6): 481-488.
- Akter, M. S., Ahmed, M. and Eun, J. B. 2010. Effect of blanching and drying temperatures on the physicochemical characteristics, dietary fiber composition and antioxidant-related parameters of dried persimmons peel powder. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 61(7): 702-712.
- Albayrak, S., Sağdıç, O. and Aksoy, A. 2010. Bitkisel ürünlerin ve gıdaların antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 26(4): 401-409.
- Allam, M., Khedr, A.A. and Beltagy, A. 2015. Kumquat As A Potent Natural Material To Improve Lipid Profile Of Hypercholesterolemic Rats. *Bioline An International Quarterly Journal of Biology and Life Sciences*, 3(1): 171-181.
- Amami, E., Khezami, W., Mezrigui, S., Badwaik, L. S., Bejar, A. K., Perez, C. T. and Kechaou, N. 2017. Effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration pretreatment on the convective drying of strawberry. *Ultrasonics Sonochemistry*, 36: 286-300.
- Anonim 1: Vizyon 2023 Strateji Belgesi. <https://www.tubitak.gov.tr/> [Son erişim tarihi: 18.12.2018].
- Anonim 2: Kuru Meyve ve Mamülleri Sektörü, Mart 2010, Türkiye 2023 İhracat Stratejisi Sektörel Kırılım Projesi Proje Raporu. <http://www.ibt.org.tr> [Son erişim tarihi: 14.12.2018].
- Anonim 3: Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı. <http://www.turkomp.gov.tr> [Son erişim tarihi: 17.11.2017].
- Anonymous 1: A Guide to Understanding Color. <https://www.xrite.com/> [Son erişim tarihi: 01.01.2019].

- 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.
- Arevalo-Pinedo, A. and Murr, F. E. X. 2007. Influence of pre-treatments on the drying kinetics during vacuum drying of carrot and pumpkin. *Journal of Food Engineering*, 80(1), 152-156.
- Askari, G. R., Emam-Djomeh, Z. and Mousavi, S. M. 2006. Effects of combined coating and microwave assisted hot-air drying on the texture, microstructure and rehydration characteristics of apple slices. *Food Science and Technology International*, 12(1): 39-46.
- Badwaik, L. S., Gautam, G. and Deka, S. C. 2015. Influence of blanching on antioxidant. nutritional and physical properties of bamboo shoot. *Journal of Agricultural Sciences*, 10(3): 140-150.
- Baghurst, K. 2003. The health benefits of citrus fruits: CSIRO Health Science Nutrition Horticulture Australia Ltd. Sidney, Australia. 128 p.
- Baker, G.J.C. 1997. Industrial Drying of Foods. Chapman&Hall Publication. New York. 299 p.
- Balasundram, N., Sundram, K. and Samman, S. 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99(1): 191-203.
- Baloch, A. K., Buckle, K. A. and Edwards, R. A. 1977. Effect of processing variables on the quality of dehydrated carrot: II. Leaching losses and stability of carrot during dehydration and storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 12(3): 295-307.
- Barba, J. F., Mariutti, L. R. B., Bragagnolo, N., Mercandante, A. Z., Barbosa-Canovas, G.V. and Orlie, V. 2017. Bioaccessibility of bioactive compounds from fruits and vegetables after thermal and nonthermal processing. *Trends in Food Science and Technology*, 67: 195–206
- Barbosa-Cánovas, G. V. and Vega-Mercado, H. 1996. Dehydration of foods. Springer Science & Business Media. New York. 330 p.
- Barreca, D., Bellocco. E., Caristi. C., Leuzzi. U. and Gattuso, G. 2011. Kumquat (*Fortunella japonica* Swingle) juice: Flavonoid distribution and antioxidant properties. *Food Research International*, 44(7): 2190-2197.
- Barreca, D., Bellocco. E., Laganà. G., Ginestra. G. And Bisignano. C. 2014. Biochemical and antimicrobial activity of phloretin and its glycosilated derivatives present in apple and kumquat. *Food Chemistry*, 160: 292-297.
- Beaudry, C., Raghavan, G. S. V., Ratti, C. and Rennie, T. J. 2004. Effect of four drying methods on the quality of osmotically dehydrated cranberries. *Drying Technology*, 22(3): 521-539.
- Benavente-García, O., Castillo, J., Marin, F. R., Ortuño, A. and Del Rio, J. A. 1997. Uses and properties of citrus flavonoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(12): 4505-4515.

- Bernhard, R.A. and Scrubis, B. 1961. The isolation and examination of the essential oil of the kumquat. *Journal of Chromatography A*, 5: 137.
- Bocco, A., Cuvelier, M. E., Richard, H. And Berset, C. 1998. Antioxidant activity and phenolic composition of citrus peel and seed extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46(6): 2123-2129.
- Bravo, L. 1998. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Reviews*, 56(11): 317-333.
- Burdurlu, H. S., and Karadeniz, F. 2002. Gıdalarda maillard reaksiyonu. *Gıda dergisi*, 27(2): 77-83.
- Carreño, J., Martinez, A., Almela, L. and Fernández-López, J. A. 1995. Proposal of an index for the objective evaluation of the colour of red table grapes. *Food Research International*, 28(4): 373-377.
- Cemeroğlu, B. 2007. Gıda analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, 535 s.
- Cemeroğlu, B., and Acar, J. 1986. Meyve Sebze İşleme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No: 6, Ankara, 508 s.
- Cemeroğlu, B., Karadeniz, F. ve Özkan, M. 2003. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:28, Ankara. 690 s.
- Cemeroğlu, B., 2010. Gıda Analizleri. Genişletilmiş 2. Baskı. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 34. Bizim Grup Basımevi, Ankara, 657 s.
- Chavan, U. D. and 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. and 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.
- Chen, M. L., Yang, D. J. and Liu, S. C. 2011. Effects of drying temperature on the flavonoid, phenolic acid and antioxidative capacities of the methanol extract of citrus fruit (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) peels. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(6): 1179-1185.
- Chidambara Murthy, K. N., Jayaprakasha, G. K. and Singh, R. P. 2002. Studies on antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel extract using in vivo models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(17): 4791-4795.
- Chiu, N. C. and Chang, K. S. 1998. The illustrated medicinal plants of Taiwan. Taiwan: SMC publishing Ltd, Vol 5, Taipei, Taiwan, 194 p.
- Choi, H.S. 2005. Characteristic odor components of kumquat (*Fortunella japonica* Swingle) peel oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 1642–1647.
- Cohen, J. S. and Yang, T. C. 1995. Progress in food dehydration. *Trends in Food Science and Technology*, 6(1): 20-25.
- Crozier, A., Jaganath, I.B. and Clifford, M.N. 2006. Phenols, Polyphenols and Tannins: An Overview. In: Crozier, A., Clifford, M.N. and Ashihara, H. (eds.) *Plant Secondary Metabolites: Occurrence, Structure and Role in the Human Diet*. Blackwell Publishing, pp. 1-22.

- Cui, Z. W., Xu, S. Y. and Sun, D. W. 2004. Effect of microwave-vacuum drying on the carotenoids retention of carrot slices and chlorophyll retention of Chinese chive leaves. *Drying Technology*, 22(3): 563-575.
- Çakmakçı, S., Topdaş, E.F., Çakır, Y. and Kalın, P. 2016. Functionality of kumquat (*Fortunella margarita*) in the production of fruity ice cream. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 96 (5): 1451-1458.
- Dai, J.S. 2015. Antibacterial activity and effective components in peel of kumquat and calamondin. Master Thesis. Taiwan: Department of Food Science. National Ilan University.
- Darıcı, S. ve Şen, S. 2012. Kivi meyvesinin kurutulmasında kurutma havası hızının kurumaya etkisinin incelenmesi. X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, 13-16 Nisan, İzmir, ss.51-58.
- Darvishi, H., Khoshtaghaza, M.H. and Minaei, S. 2014. Drying kinetics and colour change of lemon slices. *International Agrophysics*, 28:1-6.
- De Pilli, T., Lovino, R., Maenza, S., Derossi, A. and Severini, C. 2008. Study on operating conditions of orange drying processing: comparison between conventional and combined treatment. *Journal of Food Processing and Preservation*, 32(5): 751-769.
- Del Caro, A., Piga, A., Pinna, I., Fenu, P. M. and 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.
- Demiray, E. ve Tülek, Y. 2012. Kurutma İşleminin Kırmızı Biberdeki Renk Maddelerine etkisi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(3): 1-10.
- Di Scala, K. C. and 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. *Journal of Food Engineering*, 78: 1291–1297.
- Doymaz, İ. and Aktaş, C. 2018. Determination of drying and rehydration characteristics of eggplant slices. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 33(3): 833-841.
- Dönmez, I., Özer, H. and Gülser, C. 2016. Bazi bölgesel organik atıkların topraksız tarımda (torba kültürü) kullanılabilme imkanlarının belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(2): 171-178.
- El Nehir, S. 2008. Türkiye’de Sıklıkla Tüketilen Bazı Gıdaların Toplam Fenolik Madde İçerikleri ve Antioksidan Aktiviteleri. 10. Gıda Kongresi. 21-23 Mayıs. Atatürk Üniversitesi. Erzurum.
- Ena, A., Pintucci, C. and Carlozzi, P. 2012. The recovery of polyphenols from olive mill waste using two adsorbing vegetable matrices. *Journal of Biotechnology*, 157(4): 573-577.

- Erbay, B. And Küçüköner, E. 2008. Gıda endüstrisinde kullanılan farklı kurutma sistemleri. Türkiye 10. Gıda Kongresi. 21-23 Mayıs. Atatürk Üniversitesi. Erzurum.
- Eroğlu, E. ve Yıldız, H. 2011. Gıdaların ozmotik kurutulmasında uygulanan yeni tekniklerin enerji verimliliği bakımından değerlendirilmesi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(2): 41-48.
- Ertekin Filiz, B. 2015. Elma Cipsinin Bazı Kalite ve Antioksidan Özelliklerine Kurutma, Ambalajlama ve Depolamanın Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi, Isparta, 157s.
- Ertekin, C. and Yıldız, O. 2004. Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *Journal of Food Engineering*, 63(3): 349-359.
- Evranoz, Ö. 1988. Gıda Maddelerinin Kurutulması Sırasında Kuruma Kinetiğini Kontrol Eden Faktör ve Kalite Üzerine Etkileri. *Gıda Dergisi*, 13(1):51-58.
- Fanciullino, A. L., Dhuique-Mayer, C., Luro, F., Casanova, J., Morillon, R., and Ollitrault, P. 2006. Carotenoid diversity in cultivated citrus is highly influenced by genetic factors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(12): 4397-4406.
- Fernandes, F. A. and Rodrigues, S. 2008. Application of ultrasound and ultrasound-assisted osmotic dehydration in drying of fruits. *Drying Technology*, 26(12): 1509-1516.
- Fernandes, F. A., Gallão, M. I. and Rodrigues, S. 2008. Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: melon dehydration. *LWT-Food Science and Technology*, 41(4): 604-610.
- Garau, M. C., Simal, S., Rossello, C. and Femenia, A. 2007. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. Canoneta) by-products. *Food Chemistry*, 104(3): 1014-1024.
- Garcia-Lafuente, A., Guillamón, E., Villares, A., Rostagno, M. A. and Martínez, J. A. 2009. Flavonoids as anti-inflammatory agents: implications in cancer and cardiovascular disease. *Inflammation Research*, 58(9): 537-552.
- Ghanem Romdhane, N., Bonazzi, C., Kechaou, N. and 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. and 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. and 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. and Alzamora, S. M. (2008). Convective air drying of apples as affected by blanching and calcium impregnation. *Journal of Food Engineering*, 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.
- Gölükcü, M., Toker, R. and Coşkun, R. 2011. Effect of Cultivation Techniques on Essential Oil Composition of Kumquat (*Fortunella margarita*). 4th International Congress on Food and Nutrition, 12-14 Ekim, İstanbul, s. 145.
- Guiamba, I., Ahrné, L., Khan, M. A. and Svanberg, U. 2016. Retention of β -carotene and vitamin C in dried mango osmotically pretreated with osmotic solutions containing calcium or ascorbic acid. *Food and Bioproducts Processing*, 98: 320-326.
- Guo, C., Yang, J., Wei, J., Li, Y., Xu, J. And Jiang, Y. 2003. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition research*, 23(12): 1719-1726.
- Gümüşay, Ö. A., Borazan, A. A., Ercal, N. and Demirkol. O. 2015. Drying effects on the antioxidant properties of tomatoes and ginger. *Food Chemistry*, 173: 156-162.
- Güney, M., Oz, A.T. and Kafkas, E. 2015. Comparison of lipids, fatty acids and volatile compounds of various kumquat species using HS/GC/MS/FID techniques. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 95(6): 1268-1273.
- Hawladar, M. N. A., Perera, C. O. and Tian, M. 2006. Properties of modified atmosphere heat pump dried foods. *Journal of Food Engineering*, 74(3): 392-401.
- Heras-Ramirez, M. E., Quintero-Ramos, A., Camacho-Dávila, A. A., Barnard, J., Talamas-Abbud, R., Torres-Munoz, J. V. and Salas-Muñoz, E. 2012. Effect of blanching and drying temperature on polyphenolic compound stability and antioxidant capacity of apple pomace. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6): 2201-2210.
- Huang, J.D. 2013. Tyrosinase inhibitory components in immature kumquat and effect of flowering periods on its phenolics compounds. Master Thesis. Taiwan: Department of Food Science. National Ilan University.
- Hunlun, C., de Beer, D., Sigge, G. O. and Van Wyk, J. 2017. Characterisation of the flavonoid composition and total antioxidant capacity of juice from different citrus varieties from the Western Cape region. *Journal of Food Composition and Analysis*, 62: 115-125.
- Iciek, J., and Krysiak, W. 2009. Effect of air parameters on the quality of dried potato cubes. *Drying Technology*, 27(12): 1316-1324.
- Igual, M., García-Martínez, E., Camacho, M. M., and Martínez-Navarrete, N. 2011. Changes in flavonoid content of grapefruit juice caused by thermal treatment and storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12(2): 153-162.
- Inyang, U. E. and Ike, C. I. 1998. Effect of blanching. dehydration method and temperature on the ascorbic acid. colour. sliminess and other constituents of okra fruit. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 49(2): 125-130.

- Jayaprakasha, G. K., Murthy, K. C., Etlinger, M., Mantur, S. M. and Patil, B. S. 2012a. Radical scavenging capacities and inhibition of human prostate (LNCaP) cell proliferation by *Fortunella margarita*. *Food Chemistry*, 131(1): 184-191.
- Jayaprakasha, G. K., Murthy, K. N. C., Demarais, R. and Patil, B. S. 2012b. Inhibition of prostate cancer (LNCaP) cell proliferation by volatile components from Nagami kumquats. *Planta Medica*, 78(10): 974-980.
- Jayaraman, K. S., Gupta, D. D., and Rao, N. B. 1990. Effect of pretreatment with salt and sucrose on the quality and stability of dehydrated cauliflower. *International Journal of Food Science and Technology*, 25(1): 47-60.
- Joubert, E. 1990. Effect of batch extraction conditions on extraction of polyphenols from rooibos tea (*Aspalathus linearis*). *International Journal of Food Science and Technology*, 25(3): 339-343.
- Kamal, G. M., Anwar, F., Hussain, A. I., Sarri, N. and Ashraf, M. Y. 2011. Yield and chemical composition of Citrus essential oils as affected by drying pretreatment of peels. *International Food Research Journal*, 18(4): 1275.
- Kammoun Bejar, A., Kechaou, N. and Boudhrioua Mihoubi, N. 2011. Effect of microwave treatment on physical and functional properties of orange (*Citrus sinensis*) peel and leaves. *Journal of Food Processing and Technology*, 2(02): 109-116.
- Karaaslan, S. 2012. Meyve ve Sebzelerin Mikrodalga Destekli Kurutma Sistemleri ile Kurutulması. *SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2): 123-129.
- Karadeniz, F. 2004. Main organic acid distribution of authentic citrus juices in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28(4): 267-271.
- Karam, M. C., Petit, J., Zimmer, D., Djantou, E. B. and Scher, J. 2016. Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: A review. *Journal of Food Engineering*, 188: 32-49.
- Karaman, S., Toker, O. S., Çam, M., Hayta, M., Doğan, M. and Kayacier, A. 2014. Bioactive and physicochemical properties of persimmon as affected by drying methods. *Drying technology*, 32(3): 258-267.
- Karataş, N. 2014. Farklı Kurutma Yöntemlerinin Bazı Kayısı Çeşitlerinin Kimyasal Ve Fiziksel Özelliklerine Etkisi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 155 s.
- Kavak, D. D. 2010. Antioksidan Etkileşimleri: Polifenol-Protein Etkileşimleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(3): 9-16.
- Kawai, S., Tomono, Y., Katase, E., Ogawa, K. and Yano, M. 1999. Quantitation of flavonoid constituents in citrus fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(9): 3565-3571.
- Kelebek, H. 2010. Sugars, organic acids, phenolic compositions and antioxidant activity of Grapefruit (*Citrus paradisi*) cultivars grown in Turkey. *Industrial Crops and Products*, 32(3): 269-274.

- Kelebek, H. and Selli, S. 2011. Determination of volatile, phenolic, organic acid and sugar components in a Turkish cv. Dortyol (*Citrus sinensis* L. Osbeck) orange juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(10): 1855-1862.
- Kelebek, H., Selli, S., Canbaşı, A. and Cabaroğlu, T. 2009. HPLC determination of organic acids, sugars, phenolic compositions and antioxidant capacity of orange juice and orange wine made from a Turkish cv. Kozan. *Microchemical Journal*, 91(2): 187-192.
- Keskin-Sasic, I., Tahirovic, I., Topcagic, A., Klepo, L., Salihovic, M., Ibragic, S. and Velispahic, E. 2012. Total phenolic content and antioxidant capacity of fruit juices. *Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina*, 39: 25-28.
- Koca, N. and Karadeniz, F. 2003. Serbest radikal oluşum mekanizmaları ve vücuttaki antioksidan savunma sistemleri. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 16: 32-37.
- Koca, N., Burdurlu, H.S. and Karadeniz, F. 2007. Kinetics of Colour Changes in Dehydrated Carrots. *Journal of Food Engineering*, 78: 449-455.
- Koyasako, A. and Bernhard, R. A. 1983. Volatile constituents of the essential oil of kumquat. *Journal of Food Science*, 48(6): 1807-1812.
- Krishnaswamy, K. and Raghuramulu, N. 1998. Bioactive phytochemicals with emphasis on dietary practices. *Indian Journal of Medical Research*, 108: 167.
- Krokida, M. and Maroulis, Z. 2000. Quality changes during drying of food materials. *Drying technology in agriculture and food sciences*, 4(2): 61-68.
- Krokida, M. K. and Maroulis, Z. B. 2001. Structural properties of dehydrated products during rehydration. *International Journal of Food Science and Technology*, 36(5): 529-538.
- Krokida, M. K., Karathanos, V. T., Maroulis, Z. B., and Marinos-Kouris, D. 2003. Drying kinetics of some vegetables. *Journal of Food engineering*, 59(4): 391-403.
- Krokida, M. K., Tsami, E., and Maroulis, Z. B. 1998. Kinetics on color changes during drying of some fruits and vegetables. *Drying Technology*, 16(3-5): 667-685.
- Kuhnle, G.G.C., Dell'Aquila, C., Runswick, S.A. and Bingham, S.A. 2009. Variability of phytoestrogen content in foods from different sources. *Food Chemistry*, 113: 1184-1187.
- Kuljarachanan, T., Devahastin, S. and Chiewchan, N. 2009. Evolution of antioxidant compounds in lime residues during drying. *Food Chemistry*, 113(4): 944-949.
- Kumamoto, H., Matsubara, Y., Iizuka, Y., Okamoto, K. and Yokoi, K. 1985. Structure and hypotensive effect of flavonoid glycosides in kinkan (*Fortunella japonica*) peelings. *Agricultural and Biological Chemistry*, 49(9): 2613-2618.
- Lee, S. K. and Kader, A. A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20(3): 207-220.

- Legua, P., Forner, J. B., Hernández, F. and Forner-Giner, M. A. 2014. Total phenolics, organic acids, sugars and antioxidant activity of mandarin (*Citrus clementina* Hort. ex Tan.): Variation from rootstock. *Scientia Horticulturae*, 174: 60-64.
- Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., Grau, A. A., Briones, V., Villalobos, R. and Vega-Gálvez, A. 2009. Effect of osmotic pretreatment on hot air drying kinetics and quality of Chilean papaya (*Carica pubescens*). *Drying Technology*, 27(10): 1105-1115.
- Lenart, A. and Flink, J. M. 1984. Osmotic concentration of potatoes I. Criteria for the end-point of the osmosis process. *Journal of Food Technology*, 19(1): 45-63.
- Lertworasirikul, S. and Saetan, S. 2010. Artificial neural network modeling of mass transfer during osmotic dehydration of kaffir lime peel. *Journal of Food Engineering*, 98(2): 214-223.
- Lewicki, P. P. 1998. Effect of pre-drying treatment, drying and rehydration on plant tissue properties: A review. *International Journal of Food Properties*, 1(1): 1-22.
- Liu, Y., Heying, E. And Tanumihardjo, S.A. 2012. History, Global Distribution, and Nutritional Importance of Citrus Fruits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11 (6):530-545.
- López, J., Uribe, E., Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Gonzalez, E. and Di Scala, K. 2010. Effect of air temperature on drying kinetics, vitamin C, antioxidant activity, total phenolic content, non-enzymatic browning and firmness of blueberries variety O Neil. *Food and Bioprocess Technology*, 3(5):772-777.
- Lou, S. N. and Ho, C. T. 2017. Phenolic compounds and biological activities of small-size citrus: Kumquat and calamondin. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(1):162-175.
- Lou, S. N., Lai, Y. C., Hsu, Y. S. and Ho, C. T. 2016. Phenolic content, antioxidant activity and effective compounds of kumquat extracted by different solvents. *Food Chemistry*, 197: 1-6.
- Lou, S. N., Lai, Y. C., Huang, J. D., Ho, C. T., Ferng, L. H. A. and Chang, Y. C. 2015. Drying effect on flavonoid composition and antioxidant activity of immature kumquat. *Food Chemistry*, 171: 356-363.
- Lou, S. N., Yu, M. W. and Ho, C. T. 2012. Tyrosinase inhibitory components of immature calamondin peel. *Food Chemistry*, 135(3): 1091-1096.
- M'hiri, N., Ghali, R., Nasr, I. B. and Boudhrioua, N. 2018. Effect of different drying processes on functional properties of industrial lemon byproduct. *Process Safety and Environmental Protection*, 116: 450-460.
- Marques, L.G., Silveira, A.M. and Freire, J.T. 2006. Freeze- Drying Characteristics of Tropical Fruits. *Drying Technology*, 24: 457-463.
- Maskan, M. 2001. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48(2): 169-175.

- Matsuno, T. 1958. Constituent of cumquats: isolation of a new flavone glycoside, Fortunellin. *Yakugaku Zasshi*, 78:1311.
- Mehta, D., Prasad, P., Bansal, V., Siddiqui, M. W., and Sharma, A. 2017. Effect of drying techniques and treatment with blanching on the physicochemical analysis of bitter-gourd and capsicum. *LWT-Food Science and Technology*, 84: 479-488.
- Methakhup, S., Chiewchan, N. and 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., Lech, K., Łysiak, G. P. and Figiel, A. 2016. Physicochemical properties of whole fruit plum powders obtained using different drying technologies. *Food Chemistry*, 207: 223-232.
- Michalska, A., Wojdyło, A., Honke, J., Ciska, E. and Andlauer, W. 2018. Drying-induced physico-chemical changes in cranberry products. *Food Chemistry*, 240: 448-455.
- Midilli, A., Kùçük, H. and Yapar, Z. 2002. A new model for single-layer drying. *Drying Technology*, 20(7): 1503-1513.
- Mohd Zainol, M. K., Abdul-Hamid, A., Abu Bakar, F. and Pak Dek, S. 2009. Effect of different drying methods on the degradation of selected flavonoids in *Centella asiatica*. *International Food Research Journal*, 16: 531-537.
- Molina-Calle, M., Priego-Capote, F. and de Castro, M. D. L. 2015. Development and application of a quantitative method for determination of flavonoids in orange peel: Influence of sample pretreatment on composition. *Talanta*, 144: 349-355.
- Mondello, L., Casilli, A., Tranchida, P. Q., Dugo, P., and Dugo, G. 2005. Comprehensive two-dimensional GC for the analysis of citrus essential oils. *Flavour and Fragrance Journal*, 20(2): 136-140.
- Morton, J. 1987. Kumquat. In: *Fruits of Warm Climates*. Creative Resource Systems, Miami, FL. USA, pp. 182-185.
- Mothibe, K. J., Zhang, M., Nsor-atindana, J. and Wang, Y. C. 2011. Use of ultrasound pretreatment in drying of fruits: drying rates, quality attributes, and shelf life extension. *Drying Technology*, 29(14): 1611-1621.
- Mousa, R. A., Abd El-Rahman, H.A. and El-Massry, F. H. 2011. Effect of some natural sweeteners on yoghurt with fruit (kumquat) during storage. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 89: 1039-1051.
- Mujumdar, A. S., and Devahastin, S. 2000. Fundamental principles of drying. In: Devahastin, S. (Ed.). *Mujumdar's Practical Guide to Industrial Drying*. Exergex Vorb. Montreal, Canada. pp. 1-22.
- Nagahama, K., Eto, N., Shimojo, T., Kondoh, T., Nakahara, K., Sakakibara, Y. and Suiko, M. 2015. Effect of kumquat (*Fortunella crassifolia*) pericarp on natural killer cell activity in vitro and in vivo. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 79(8): 1327-1336.

- Nawirska, A., Figiel, A., Kucharska, A. Z., Sokół-Lętowska, A. and Biesiada, A. 2009. Drying kinetics and quality parameters of pumpkin slices dehydrated using different methods. *Journal of Food Engineering*, 94(1): 14-20.
- Negi, P. S. and Roy, S. K. 2000. Effect of blanching and drying methods on β -carotene, ascorbic acid and chlorophyll retention of leafy vegetables. *LWT-Food Science and Technology*, 33(4): 295-298.
- Nehir El, S., Karakaya, S. ve Taş, A.A. 1999. Bazı gıdalardaki fenolik bileşiklerin antioksidan etkilerinin in vitro koşullarda saptanması.” TÜBİTAK Projesi No: TOGTAG-1698. İzmir.
- Nguyen, T. K., Mondor, M. and Ratti, C. 2018. Shrinkage of cellular food during air drying. *Journal of Food Engineering*, 230: 8-17.
- Nicoli, M. C., Anese, M. and Parpinel, M. 1999. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*, 10(3): 94-100.
- Nogata, Y., Sakamoto, K., Shiratsuchi, H., Ishii, T., Yano, M. and Ohta, H. 2006. Flavonoid composition of fruit tissues of citrus species. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 70(1): 178-192.
- Nour, V., Trandafir, M. E. and Ionica, M.E. 2010. HPLC organic acid analysis in different citrus juices under reversed phase conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(f1): 44-48.
- Nowacka, M., Tylewicz, U., Tappi, S., Siroli, L., Lanciotti, R., Romani, S. and Witrowa-Rajchert, D. (2018). Ultrasound assisted osmotic dehydration of organic cranberries (*Vaccinium oxycoccus*): Study on quality parameters evolution during storage. *Food Control*, 93: 40-47.
- Ogawa, K., Kawasaki, A., Omura, M., Yoshida, T., Ikoma, Y. and Yano, M. 2001. 3', 5'-Di-C- β -glucopyranosylphloretin, a flavonoid characteristic of the genus *Fortunella*. *Phytochemistry*, 57(5): 737-742.
- Okos, M.R., Campanella, O., Narsimhan, G., Singh, R.K. and Weitnauer, A.C. 2007. Food Dehydration. In Heldman, D.R., and Lund, D. B. (Eds.). *Handbook of Food Engineering Second Edition*. CRC press. Boca Raton. pp. 601-744.
- Orak, H. H., Aktas, T., Yagar, H., İşbilir, S. S., Ekinci, N. and Sahin, F. H. 2011. Antioxidant activity, some nutritional and colour properties of vacuum dried strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) fruit. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 10(3): 327-338.
- Pala, M. ve Saygı, Y. B. 1983. Su Aktivitesi ve Gıda İşletmedeki Önemi. *Gıda Dergisi*, 8(1): 33-39.
- Pan, Y. K., Zhao, L. J., Zhang, Y., Chen, G. and Mujumdar, A. S. 2003. Osmotic dehydration pretreatment in drying of fruits and vegetables. *Drying Technology*, 21(6): 1101-1114.
- Park, K.J., Bin, A., Brod, F.P.R. and Park, T.H.K.B.. 2002. Osmotic dehydration kinetics of pear D'anjou (*Pyrus communis* L.). *Journal of Food Engineering*, 52: 293-298.

- Pathare, P. B., Opara, U. L. and 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.
- Peerajit, P., Chiewchan, N. and Devahastin, S. 2012. Effects of pretreatment methods on health-related functional properties of high dietary fibre powder from lime residues. *Food Chemistry*, 132(4): 1891-1898.
- Peiró, R., Dias, V. M. C., Camacho, M. M. and Martínez-Navarrete, N. 2006. Micronutrient flow to the osmotic solution during grapefruit osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, 74(3): 299-307.
- Pelli, K. and Lyly, M. 2003. Antioxidant in the Diet. Flair-Flow 4 synthesis report. Instiut National de la Recherche Agronomique. 23. France.
- Peng, L.W., Sheu, M.J., Lin, L.Y., Wu, C.T., Chiang, H.M., Lin, W.H. and Chen, H.C. 2013. Effect of heat treatments on the essential oils of kumquat (*Fortunella margarita* Swingle). *Food Chemistry*, 136 (2): 532-537.
- Pietta, P. G. 2000. Flavonoids as antioxidants. *Journal of Natural Products*, 63(7): 1035-1042.
- Piga, A., Pinna, I., Özer, K. B., Agabbio, M., and Aksoy, U. 2004. Hot air dehydration of figs (*Ficus carica* L.): drying kinetics and quality loss. *International Journal of Food Science and Technology*, 39(7): 793-799.
- Quijano, C. E., and Pino, J. A. 2009. Volatile compounds of round kumquat (*Fortunella japonica* Swingle) peel oil from Colombia. *Journal of Essential Oil Research*, 21(6): 483-485.
- Quintero Ruiz, N. A., Demarchi, S. M. and Giner, S. A. 2014. Effect of hot air, vacuum and infrared drying methods on quality of rose hip (*Rosa rubiginosa*) leathers. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(8): 1799-1804.
- Quintero-Ramos, A., Bourne, M. C. and Anzaldúa-Morales, A. 1992. Texture and rehydration of dehydrated carrots as affected by low temperature blanching. *Journal of Food Science*, 57(5): 1127-1139.
- Rahman, M. S. 2007. Food preservation: overview. In: Rahman.M.S. (Ed.). Handbook of Food Preservation. CRC Press. Boca Raton, FL, USA. pp. 3-18.
- Raksakantong, P., Siriamornpun, S. and Meeso, N. 2012. Effect of drying methods on volatile compounds, fatty acids and antioxidant property of Thai kaffir lime (*Citrus hystrix* DC). *International Journal of Food Science and Technology*, 47(3): 603-612.
- Ramful, D., Tarnus, E., Aruoma, O.I., Bourdon, E. and Baborun, T. 2011. Polyphenol composition, vitamin C content and antioxidant capacity of Mauritian citrus fruit pulps. *Food Research International*, 44: 2088–2099.
- Rastogi, N. K., Nayak, C. A. and Raghavarao, K. S. M. S. 2004. Influence of osmotic pre-treatments on rehydration characteristics of carrots. *Journal of Food Engineering*, 65(2): 287-292.
- Rattanadecho, P. and Makul, N. 2016. Microwave-assisted drying: A review of the state-of-the-art. *Drying Technology*, 34(1): 1-38.

- Ratti, C. 2001. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *Journal of Food Engineering*, 49(4): 311-319.
- Ren, F., Perussello, C. A., Zhang, Z., Kerry, J. P. and Tiwari, B. K. 2018. Impact of ultrasound and blanching on functional properties of hot-air dried and freeze dried onions. *LWT-Food Science and Technology*, 87: 102-111
- Rice-Evans, C., Miller, N. and Paganga, G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in plant science*, 2(4): 152-159.
- Rice-Evans, C., Miller, N. J. and Paganga, G. 1996. Structure-antioxidant activity relationship of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine*, 20: 933-956.
- Rico, D., Marti'n-Diana, A.B., Barat, J.M. and Barry-Ryan, C. 2007. Extending and Measuring the Quality of Fresh-Cut Fruit and Vegetables: A Review. *Trends in Food Science and Technology*, 18: 373- 386.
- Rodríguez, Ó., Gomes, W., Rodrigues, S. and 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.
- Sablani, S. S. 2006. Drying of fruits and vegetables: retention of nutritional/functional quality. *Drying technology*, 24(2): 123-135.
- 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.
- Saçılık, K. and Eliçin, A.K. 2006. The thin layer drying characteristics of organic apple slices. *Journal of Food Engineering*, 73:281–289.
- Sadeghi, M., Mirzabeigi Kesbi, O. and Mireei, S. A. 2013. Mass transfer characteristics during convective, microwave and combined microwave–convective drying of lemon slices. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(3): 471-478.
- Sadıkoğlu, H. and Özdemir, M. 2003. Dondurarak kurutma teknolojisi ve evreleri. *Gıda Dergisi*, 28(6): 643-649.
- Sagar, V. R. and 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.
- Saldamlı, İ. and Saldamlı, E. 2004. Gıda Endüstri Makineleri. Savaş Yayınevi. Ankara. 547 s.
- Salur-Can, A., Türkyılmaz, M. and Özkan, M. (2017). Effects of sulfur dioxide concentration on organic acids and β -carotene in dried apricots during storage. *Food Chemistry*, 221: 412-421.
- Santos, P. H. S. and Silva, M. A. 2008. Retention of vitamin C in drying processes of fruits and vegetables—A review. *Drying Technology*, 26(12): 1421-1437.
- Saravacos, G.D. 1993. Technological Developments in Fruit and Vegetable Dehydration. In: G. Charalambour (Ed.). Food Flavor, Ingredients and Composition. Elsevier Science. Amsterdam. pp. 389-404.

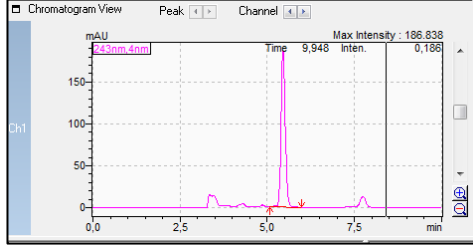
- Schirra, M., Angioni, A., Cabras, P., Daquino, S. and Palma, A. 2011. Effects of postharvest hot water and hot air treatments on storage decay and quality traits of kumquat (*Fortunella japonica* Lour. Swingle, cv Ovale) fruit. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 1: 89-94.
- Schirra, M., Palma, A., Aquino, S.D., Angioni, A., Minello, E.V., Melis, M. and 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.
- Schöneich, C. 1999. Reactive oxygen species and biological aging: a mechanistic approach. *Experimental Gerontology*, 34(1): 19-34.
- Schulze, B., Hubbermann, E.M. and Schwarz, K. 2014. Stability of quercetin derivatives in vacuum impregnated apple slices after drying (microwave vacuum drying, air drying, freeze drying) and storage. *LWT-Food Science and Technology*, 57(1): 426-433
- Sdiri, S., Bermejo, A., Aleza, P., Navarro, P. and 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.
- Sengkhampan, N., Chanshotikul, N., Assawajitpukdee, C. and Khamjae, T. 2013. Effects of blanching and drying on fiber rich powder from pitaya (*Hylocereus undatus*) peel. *International Food Research Journal*, 20(4):1595-1600.
- Silalahi, J. 2002. Anticancer and health protective properties of citrus fruit components. *Asia Pacific journal of clinical nutrition*, 11(1): 79-84.
- Soysal, Y., Ayhan, Z., and Eştürk, O. 2009. Mikrodalga ile meyve ve sebze kurutmada enerji kullanım verimliliği ve ürün kalitesinin artırılmasında ileri kurutma tekniklerinin uygulanması üzerine araştırmalar. Tübitak-Tovag Proje No:105.
- Spanos, G. and Wrolstad, R.E. 1990. Phenolics of apple, pear and white grape juices and their changes with processing and storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40: 1478-1487.
- Sun, Y., Shen, Y., Liu, D. and Ye, X. 2015. Effects of drying methods on phytochemical compounds and antioxidant activity of physiologically dropped un-matured citrus fruits. *LWT-Food Science and Technology*, 60(2): 1269-1275.
- Şahin, F. H., Ülger, P., Aktaş, T. and Orak, H. H. 2012. Effect of different pretreatments and vacuum drying method on drying characteristics and quality criteria of tomato. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 9(1): 15-25.
- Tan, S., Li, M., Ding, X., Fan, S., Guo, L., Gu, M. and Xi, W. 2014. Effects of *Fortunella margarita* fruit extract on metabolic disorders in high-fat diet-induced obese C57BL/6 mice. *PLoS One*, 9(4): e93510.
- Tasirin, S. M., Puspasari, I., Sahalan, A. Z., Mokhtar, M., Ghani, M. K. A. and Yaakob, Z. 2014. Drying of Citrus sinensis peels in an inert fluidized bed: Kinetics, microbiological activity, vitamin C, and limonene determination. *Drying Technology*, 32(5): 497-508.

- Therdthai, N., Zhou, W. and Pattanapa, K. 2011. Microwave vacuum drying of osmotically dehydrated mandarin cv. (Sai-Namphaung). *International Journal of Food Science and Technology*, 46: 2401–2407.
- Toker, O. S., Doğan, M., Ersöz, N. B., and Yilmaz, 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. and Topuz, A. 2017. Effects of different drying methods on the physicochemical properties of pomegranate leather (pestil). *LWT-Food Science and Technology*, 80: 294-303.
- Topdaş, E. F. ve Ertugay, M. F. 2013. Kayısların Ultrases Yardımlı Ozmotik Kurutulması. *Gıda Dergisi*, 38(5): 299-306.
- Topuz, A., Feng, H., and Kushad, M. 2009. The effect of drying method and storage on color characteristics of paprika. *LWT-Food Science and Technology*, 42(10): 1667-1673.
- Torki-Harchegani, M., Ghasemi-Varnamkhasti, M., Ghanbarian, D., Sadeghi, M. and Tohidi, M. 2015. Dehydration characteristics and mathematical modelling of lemon slices drying undergoing oven treatment. *Heat and Mass Transfer*, 52(2): 281-289.
- Touati, N., Tarazona-Díaz, M. P., Aguayo, E. and Louaileche, H. 2014. Effect of storage time and temperature on the physicochemical and sensory characteristics of commercial apricot jam. *Food Chemistry*, 145: 23-27.
- Turgut, D. Y., Tokgöz, H., Gölükcü, M., Toker, R., ve Yeğin, A. B. (2016). Farklı acılık giderme yöntemlerinin geleneksel turunc kabuğu reçelinin toplam fenolik madde ve flavonoid içeriği üzerine etkisi. *Gıda Dergisi*, 41(3):155-162.
- Turhan, İ., Tetik, N. ve Karhan, M. (2006). Turuncgil kabuk yağlarının elde edilmesi ve gıda endüstrisinde kullanımı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3: 71-77.
- Turner, T. and Burri, B.J. 2013. Potential Nutritional Benefits of Current Citrus Consumption. *Agriculture*, 3:170-187.
- Uddin, M. S., Hawlader, M. N. A., Ding, L. and Mujumdar, A. S. 2002. Degradation of ascorbic acid in dried guava during storage. *Journal of Food Engineering*, 51(1): 21-26.
- Udomkun, P., Argyropoulos, D., Nagle, M., Mahayothee, B. and Müller, J. 2015. Sorption behaviour of papayas as affected by compositional and structural alterations from osmotic pretreatment and drying. *Journal of Food Engineering*, 157: 14-23.
- Udomkun, P., Nagle, M., Argyropoulos, D., Mahayothee, B., Latif, S. and 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. 2006a. Meyve ve sebzelerin kurutularak muhafazası. In: Acar,J, Gökmen.V. ve Us.F. (Eds.). Meyve veSebze İşleme Teknolojisi Cilt 2. Hacettepe Üniversitesi Yayınları. Ankara. s.241-297.

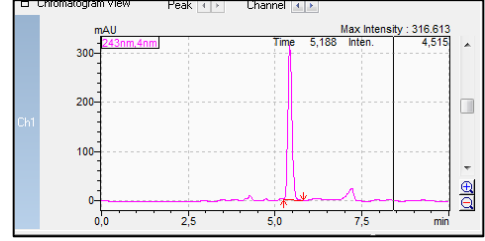
- Us, F. 2006b. Ozmotik kurutma. Türkiye 9. Gıda Kongresi, ss. 65-68, 24-26 Mayıs, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu.
- Us, F. 2007. Su ve Buz. In: Saldamlı.İ. (Ed.). Gıda Kimyası. Hacettepe Üniversitesi Yayınları. Ankara. s.9-42.
- Ünlü, A. 2014. Turunçgillerin küçük mücevheri kamkat. *Borsanomi Dergisi*, 49:57-60.
- Veberic, R., Jurhar, J., Mikulic-Petkovsek, M., Stampar, F. and 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. and 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.
- Velickova, E., Winkelhausen, E., Kuzmanova, S. 2014. Physical and sensory properties of ready to eat apple chips produced by osmo-convective drying. *Journal of Food Science and Technology*, 51(12): 3691-3701.
- Vinci, G., Botre, F. and Mele, G. 1995. Ascorbic acid in exotic fruits: a liquid chromatographic investigation. *Food Chemistry*, 53:211-214.
- Wang, Y. C., Chuang, Y. C. and Ku, Y. H. 2007. Quantitation of bioactive compounds in citrus fruits cultivated in Taiwan. *Food Chemistry*, 102(4): 1163-1171.
- Wang, Y. C., Chuang, Y. C. and Hsu, H. W. 2008. The flavonoid, carotenoid and pectin content in peels of citrus cultivated in Taiwan. *Food Chemistry*, 106(1): 277-284.
- Wang, Y.W., Zeng, W.C., Xu, P.Y., Lan, Y.J., Zhu, R.X., Zhong, K., Huang, Y.N. and 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.
- Wang, J., Yang, X. H., Mujumdar, A. S., Wang, D., Zhao, J. H., Fang, X. M. and 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. and 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.
- Wojdyło, A., Figiel, A. and Oszmiański, J. 2009. Effect of drying methods with the application of vacuum microwaves on the bioactive compounds, color, and antioxidant activity of strawberry fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(4): 1337-1343.
- Wojdyło, A., Figiel, A., Lech, K., Nowicka, P. and Oszmiański, J. 2014. Effect of convective and vacuum-microwave drying on the bioactive compounds, color,

- and antioxidant capacity of sour cherries. *Food and Bioprocess Technology*, 7(3): 829-841.
- Wuttipalakorn, P., Srichumpuang, W. and Chiewchan, N. 2009. Effects of pretreatment and drying on composition and bitterness of high-dietary-fiber powder from lime residues. *Drying Technology*, 27(1): 133-142.
- Xu, G., D. Liu, J. Chen, X. Ye, Y. Maa, J. and Shi. 2008. Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China. *Food Chemistry*, 106: 545–551.
- Yağcıoğlu, A. 1999. Tarım ürünleri kurutma tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları, İzmir, 536 s.
- Yıldız Turgut, D., Gölükcü, M. ve Tokgöz, H. 2015. Kamkat (*Fortunella margarita* Swing.) meyvesi ve reçelinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. *Derim*, 32 (1):71-80.
- Yoğurtçu, H. 2014. Mikrodalga Fırında Limon Kurutma: Kinetiği ve Modellenmesi. *Fırat Üniv. Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(1): 27-33.
- Yoshikawa, H., Ogawa, A., Fukuhara, K. and Kondo, S. 2006. Antioxidant activity of tropical fruit jam and marmalade processed with different combinations of peel and flesh in Citrus fruit. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 4(2):78–84.
- Zhang, J. 2007. Flavonoids in grapefruit and commercial grapefruit juices: concentration, distribution, and potential health benefits. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 120: 288-294.
- Zhu, X., Luo, F., Zheng, Y., Zhang, J., Huang, J., Sun, C., Li, X. and Chen, K. 2013. Characterization, purification of poncirin from edible citrus ougan (*Citrus reticulate* cv. suavissima) and its growth inhibitory effect on human gastric cancer cells SGC-7901. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(5): 8684-8697.
- Zid, M. B., Dhuique-Mayer, C., Bellagha, S., Sanier, C., Collignan, A., Servent, A. and Dornier, M. 2015. Effects of blanching on flavanones and microstructure of Citrus aurantium peels. *Food and Bioprocess Technology*, 8 (11): 2246-2255.
- Zou, Z., Xi, W., Hu, Y., Nie, C. and Zhou, Z. 2016. Antioxidant activity of Citrus fruits. *Food Chemistry*, 196: 885-896.

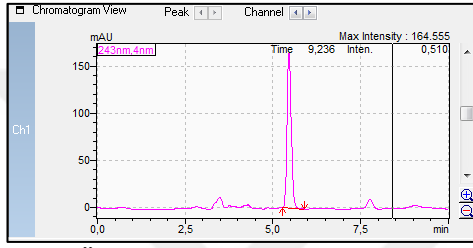
7. EKLER

EK- 1. Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutululan kamkat dilimlerine ait askorbik asit kromatogramları

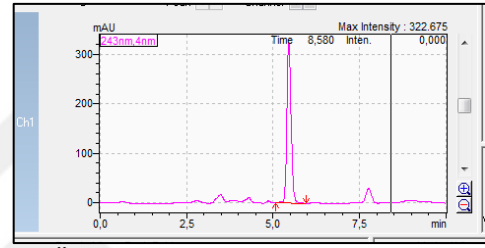
Ön işlemsiz SHK



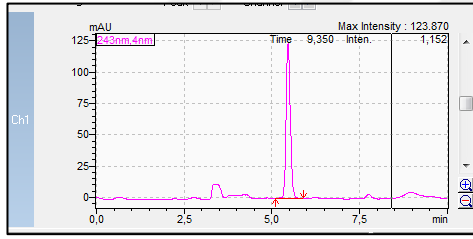
Ön işlemsiz VK



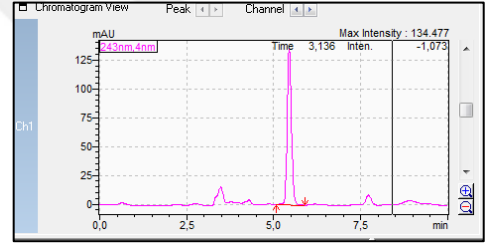
Ön işlemsiz US-SHK



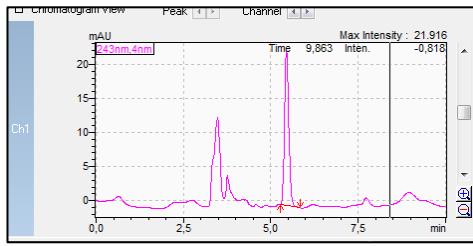
Ön işlemsiz MDSHK



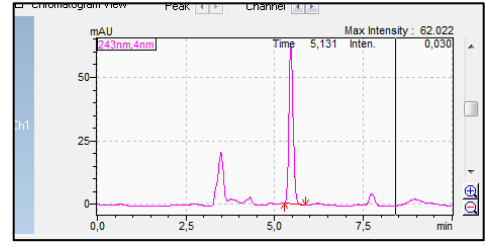
Ön işlemlili SHK



Ön işlemlili VK

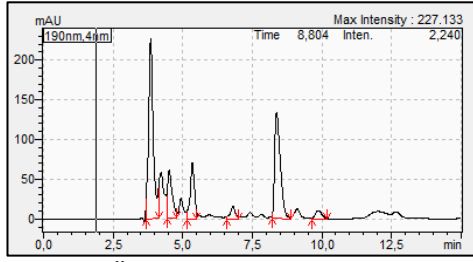


Ön işlemlili US-SHK

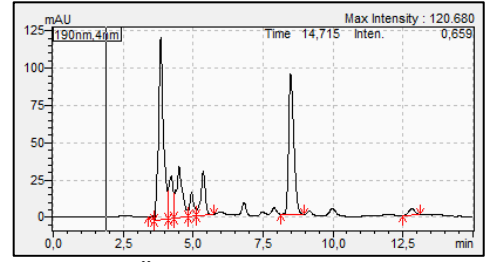


Ön işlemlili MDSHK

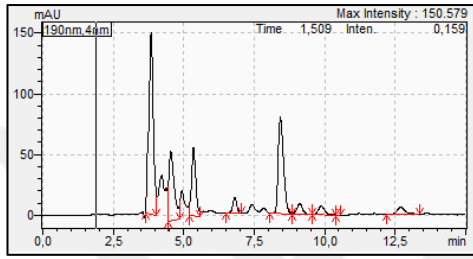
EK-2. Farklı yöntemlerle ön işlemlı ve ön işlemsız kurutulan kamkat dilimlerine ait organik asit kromatogramları



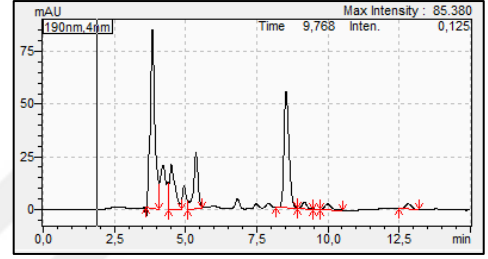
Ön işlemsız SHK



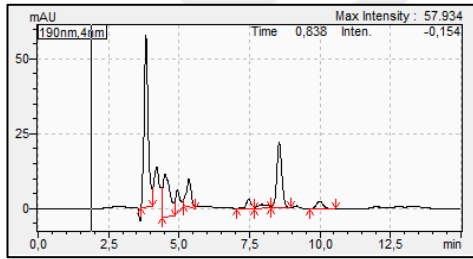
Ön işlemsız VK



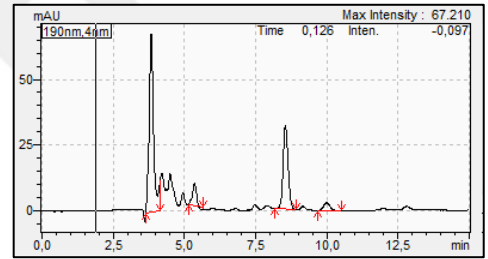
Ön işlemsız US-SHK



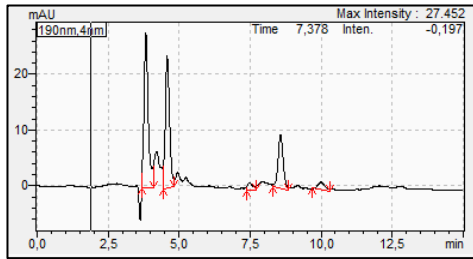
Ön işlemsız MDSHK



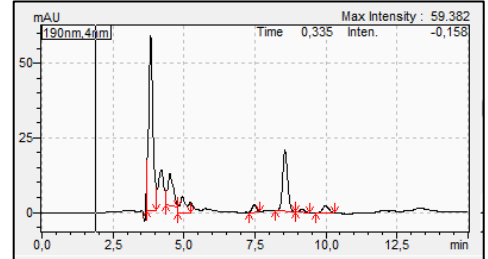
Ön işlemlı SHK



Ön işlemlı VK

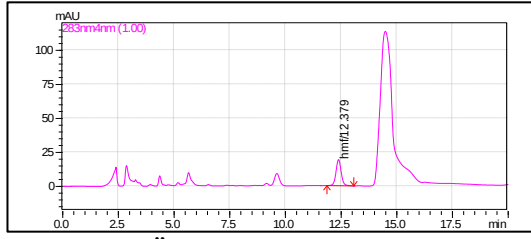


Ön işlemlı US-SHK

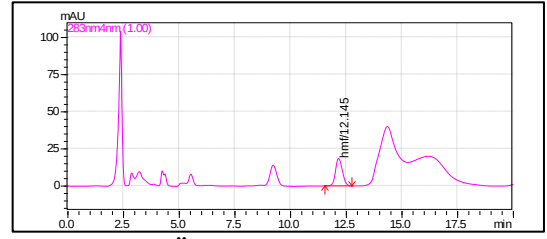


Ön işlemlı MDSHK

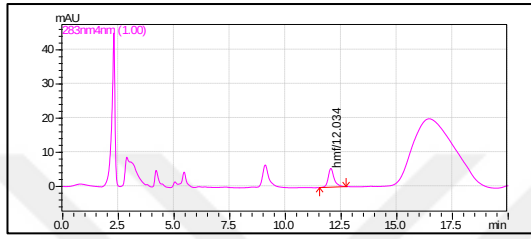
EK-3. Farklı yöntemlerle ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutululan kamkat dilimlerine ait HMF kromatogramları



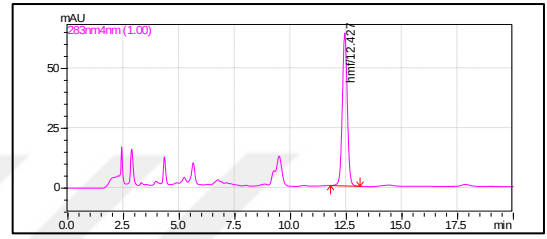
Ön işlemsiz SHK



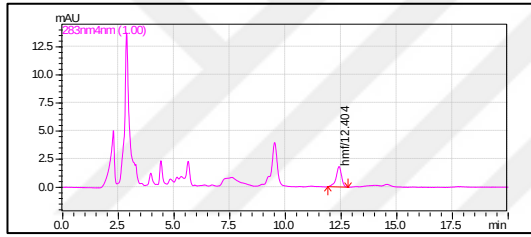
Ön işlemsiz VK



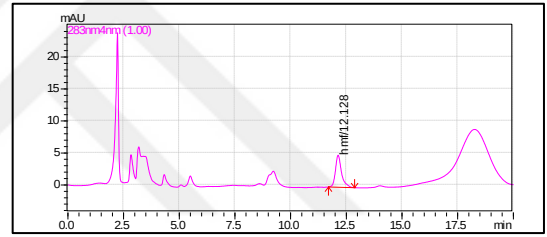
Ön işlemsiz US-SHK



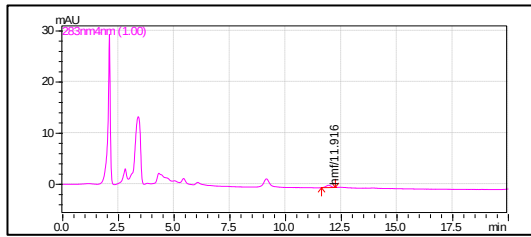
Ön işlemsiz MDSHK



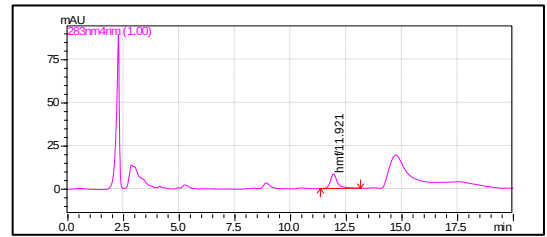
Ön işlemlili SHK



Ön işlemlili VK



Ön işlemlili US-SHK



Ön işlemlili MDSHK

ÖZGEÇMİŞ

Demet YILDIZ TURGUT

demet.yildizturgut@tarimorman.gov.tr



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora 2013-2019	Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi. Gıda Mühendisliği Bölümü. Antalya
Yüksek Lisans 2009-2012	Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi. Gıda Mühendisliği Bölümü. Isparta
Lisans 2006-2010	Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Gıda Mühendisliği Bölümü. Konya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Araştırmacı-Mühendis 2008-Devam Ediyor	T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Antalya
Mühendis 2007-2008	T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Bozkır İlçe Tarımve Orman Müdürlüğü Konya

ESERLER

Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- 1- **Yıldız Turgut D.** ve Seydim, A.C. 2013. Akdeniz Bölgesi'nde Yetiştirilen Bazı Nar (*Punica granatum*, L.) Çeşit ve Genotiplerinin Fenolik Bileşenleri ve Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi. *Akademik Gıda*, 11 (2): 51-59.
- 2- **Yıldız Turgut, D.** ve Seydim, A.C. 2014. Akdeniz Bölgesinde Yetiştirilen Bazı Nar Çeşit Ve Genotiplerinin Organik Asit ve Şeker Kompozisyonu. *Akademik Ziraat Dergisi*, 2 (1): 35-42 .
- 3- **Yıldız Turgut,D.**, Gölükcü, M. ve Tokgöz, H. 2015. Kamkat (*Fortunella margarita* Swing.) meyvesi ve reçelinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. *Derim*, 32 (1): 71-80.
- 4- Tokgöz, H., Gölükcü, M., Toker, R. ve **Yıldız Turgut, D.**, 2015. Karpuzun (*Citrullus Lanatus*) Bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine aşılı fide kullanımı ve hasat zamanının etkileri. *Gıda*, 40 (5): 263-270.
- 5- Gölükcü, M., Toker, R., Tokgöz, H. ve **Yıldız Turgut, D.** 2015. Farklı yöntemlerle elde edilen turunç (*Citrus aurantium* L.) kabuk yağlarının uçucu yağ bileşimleri. *Derim*, 32 (2):161-170.
- 6- Toker, R., Gölükcü, M., Tokgöz, H., Özdemir, M. ve **Yıldız Turgut, D.** 2015. Bazı pikan cevizi çeşitlerinin yağ içeriği ve yağ asitleri bileşiminin belirlenmesi. *Akademik Gıda*, 13 (4): 299-303 7.
- 7- **Yıldız Turgut, D.**, Tokgöz, H., Gölükcü, M., Toker, R. ve Bayır Yeğin, A. 2016. Farklı acılık giderme yöntemlerinin geleneksel turunç kabuğu reçelinin toplam fenolik madde ve flavonoid içeriği üzerine etkisi. *Gıda*, 41 (3): 155-162.
- 8- Gölükcü, M., Tokgoz, H., ve **Turgut, D. Y.** (2015). Defne (*laurus nobilis*) uçucu yağ bileşimi üzerine distilasyon süresinin etkisi. *FOOD and HEALTH*, 4(1): 37-42.

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

- 1- **Yıldız Turgut, D.**, Ayas, F. ve Çınar, O. 2014. Domatesin Geleneksel Yöntemle Reçele İşlenmesi ve Bazı Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. 4. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 17-19 Nisan, Çukurova Üniversitesi, Adana. (Poster sunum)
- 2- **Yıldız Turgut, D.**, Gölükcü, M., Toker, R. ve Tokgöz, H. 2014. Bergamot (*Citrus bergamia*) Esansının Uçucu Yağ Bileşimi. 2. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu, 23-24 Eylül 2014, Yalova. (Poster sunum)
- 3- **Yıldız Turgut, D.**, Toker, R., Gölükcü, M., Tokgöz, H. 2015. Bergamot uçucu yağı ilavesinin zeytinyağının duysal kalitesi ve yağ asitleri bileşimine etkisi. Yabited II.Bitkisel Yağ kongresi, 07-09 Mayıs, Tekirdağ. (Poster sunum)
- 4- **Yıldız Turgut, D.**, Bayır Yeğin, A., Yüksel, K., Er, E.E. 2015. Kocayemiş (*Arbutus unedo* l.) meyvesi ve marmelatının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. Gıda mühendisliği Kongresi, 12-14 Kasım, Selçuk, İzmir. (Poster sunum).
- 5- **Yıldız Turgut, D.**, Bayır Yeğin, A., Gölükcü, M., Tokgöz, H. 2016. Bazı turunçgil meyvelerinden elde edilen flavedo ekstraktlarının antioksidan özellikleri. 3. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu, 4-6 Ekim 2016. Antalya, Türkiye. (Poster sunum)
- 6- **Yıldız Turgut, D.**, Bayır Yeğin, A., Gölükcü, M., Tokgöz, H. 2017. Geleneksel yöntemle üretilen turunçgil kabuk reçellerinin bazı fonksiyonel özellikleri. 10. Gıda mühendisliği Kongresi, 9-11 Kasım 2017, Antalya, Türkiye. (Poster sunum)

Uluslar arası bilimsel toplantılar sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

- 1- Tokgöz, H., Gölükcü, M., Toker, R. and **Yıldız Turgut, D.** 2014. Effects of extraction techniques on compositions of bergamot (*Citrus bergamia*) peel essential oil. International Symposium on Essential Oils, 7-10 September, İstanbul. (Poster sunum)
- 2- Gölükcü, M., Toker, R., Tokgöz, H. and **Yıldız Turgut, D.** 2014. Determination of difference in bitter orange (*Citrus aurantium*) peel essential oil compositions obtained with cold press and hydro-distillation. International Symposium on Essential Oils, 7-10 September, İstanbul. (Poster sunum)
- 3- Toker, R., **Yıldız Turgut, D.**, Gölükcü, M. and H., Tokgöz, H., 2014. Evaluation of changes in lemon (*Citrus limon*) essential oil compositions obtained by different extraction techniques. International Symposium on Essential Oils, 7-10 September, İstanbul. (Poster sunum)
- 4- Toker, R., **Yıldız Turgut, D.**, Gölükcü, M. and Tokgöz, H. 2015. Changing phenolic compositions of traditional grapefruit (*Citrus paradisi*) and bergamot (*Citrus bergamia*) peel jams at production steps. The 3rd International Symposium on "Traditional Foods from Adriatic to Caucasus", 01-04 October, Sarajevo / Bosnia and Herzegovina. (Poster sunum)
- 5- **Yıldız Turgut, D.**, Çınar, O., Yüksel, K., Tanriseven, M., Seçmen, T. and Tanır, A. 2018. Determination of phytochemical properties of kumquat (*Fortunella margarita* Swing.) peel and seed extracts. 4th International Symposium of Medicinal and Aromatic Plants, 2-4 October 2018, İzmir, Turkey, p. 86. (Sözlü sunum).
- 6- **Yıldız Turgut, D.**, Seçmen, T. and Tanır, A. 2018. A comparative study the antioxidant properties of different citrus juices. International Agricultural, Biological and Life Science Conference, 2-5 September 2018, Edirne, Turkey, pp. 179-185. (Poster sunum- tam metin bildiri).
- 7- Yıldırım, I., **Yıldız Turgut, D.**, Bayır Yeğin, A., Yüksel, K. 2018. Drying dipping in some essential oil emulsions on quality and nutrients of dehydrated tomatoes. 30. International Horticultural Congress, 12-16 August, İstanbul. (Sözlü sunum)
- 8- Dal, B., **Yıldız Turgut, D.** 2018. Effect of some chemical treatments on storability and fruit quality of Washington Navel under cold storage, 30. International Horticultural Congress, 12-16 August, İstanbul. (Poster sunum)