

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİ İLE BİYOAKTİF BİLEŞENLERCE
ZENGİN PORTAKAL TOZU ÜRETİMİ**

Serenay AŞIK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2019

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİ İLE BİYOAKTİF BİLEŞENLERCE
ZENGİN PORTAKAL TOZU ÜRETİMİ**

Serenay AŞIK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2019

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİ İLE BİYOAKTİF BİLEŞENLERCE
ZENGİN PORTAKAL TOZU ÜRETİMİ**

**Serenay AŞIK
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
tarafından FYL-2018-3709 nolu proje numarası ile desteklenmiştir.**

TEMMUZ 2019

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİ İLE BİYOAKTİF BİLEŞENLERCE
ZENGİN PORTAKAL TOZU ÜRETİMİ

Serenay AŞIK

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 09/07/2019 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ayhan TOPUZ (Danışman)

Prof. Dr. Mustafa KARHAN

Prof. Dr. Yahya TÜLEK

ÖZET

FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİ İLE BİYOAKTİF BİLEŞENLERCE ZENGİN PORTAKAL TOZU ÜRETİMİ

Serenay AŞIK

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

Temmuz 2019; 132 sayfa

Bu çalışmada portakal (*Citrus sinensis* L.) tozu üretiminde portakal püreleri hem köpük formunda hem de püre formunda kırım pencere ve sıcak hava kurutma sistemlerinde kurutularak elde edilen bu toz ürünlerin bazı kalite özellikleri üzerine kurutma işlemlerinin etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, kırım pencere ve sıcak hava kurutma sistemlerinde püre ve köpük yapılarının kurutulması ile elde edilen toz ürünler 4 ve 25°C sıcaklıklarda 90 gün süre ile depolanmış, depolamanın 0., 15., 30., 60., ve 90. günlerinde bazı fiziksel (renk, su aktivitesi, yığın yoğunluk, sıkıştırılmış yoğunluk, akabilirlik, partikül boyut dağılımı, çözünürlük) ve kimyasal (nem, askorbik asit, toplam fenolik, toplam karotenoid, antioksidan aktivite, fenolik bileşen kompozisyonu, uçucu bileşen kompozisyonu ve HMF miktarı) analizler gerçekleştirilmiştir.

Portakal pürelerinin köpük formda kurutulması için köpük yapıcı ajan olarak belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen optimizasyon çalışmasında, karboksimetil selüloz, peyniraltı suyu proteini tozu ve soya protein izolatı kullanılmıştır. Köpük yapıcı ajanların oranı maksimum köpük stabilitesi ve köpük kapasitesi olacak şekilde yanıt yüzey metodu kullanılarak Box-Behnken deneme desenine göre belirlenmiştir. Karboksimetilselüloz, peyniraltı suyu proteini tozu, soya proteini tozunun optimum oranları %1.5-%3-%1.5 olarak hesaplanmıştır.

Portakal pürelerinin kurutma optimizasyonunda, kırım pencere kurutma sisteminde serme kalınlığı için ön denemeler sonucunda en uygun aralıklar olan 2-4 mm arası değerler seçilmiştir. Sıcaklık parametreleri için ise benzer kurutma çalışmalarında uygulanan 60-90 °C aralıkları seçilmiştir. Optimizasyon yanıt yüzey metodu kullanılarak Merkezi Kompozit deneme desenine göre gerçekleştirilmiştir. Bu değişkenler en yüksek askorbik asit miktarı olacak şekilde optimize edilerek optimum işlem koşulları belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda optimum kurutma sıcaklığı ve püre serme kalınlığı sırasıyla 90°C sıcaklık 2 mm serme kalınlığı olarak belirlenmiştir.

Portakal pürelerinin sıcak hava kurutma sisteminde kurutma optimizasyonu için serme kalınlığı 2-4 mm, sıcaklık 60-90°C, hava hızı 1-3 m/s aralıkları seçilmiştir. Optimizasyon yanıt yüzey metodu kullanılarak Box-Behnken deneme desenine göre gerçekleştirilmiştir. Bu değişkenler en yüksek askorbik asit miktarı olacak şekilde optimize edilerek optimum işlem koşulları belirlenmiştir. Optimizasyon sonucunda optimum noktalar 90°C, 2 mm serme kalınlığı ve 3m/s hava hızı olarak bulunmuştur.

Optimum koşullarda gerçekleştirilen kurutma işlemleri sonrasında iki farklı sıcaklık ortamında depolamaya alınan örneklerin fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenen aralıklarda gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucuna örneklerin nem oranlarının depolama boyunca %3.47-2.16 arasında değiştiği ve kırımım pencereleli kurutma sisteminde üretilen ürünlerin daha düşük nem oranına sahip olduğu belirlenmiştir. en düşük su aktivitesi değerlerinin nem oranına paralel şekilde kırımım pencereleli kurutma sisteminde üretilen örneklerle ait olduğu ve tüm ürünlerin su aktivitesi değerlerinin 0.3506-0.2066 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Renk sonuçları incelendiğinde ise kırımım pencereleli kurutma sisteminde köpük kurutma yöntemi ile elde edilen rnlerin *L*, *a*, *b*, ton açısı ve doygunluk değerleri açısından en iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. En yüksek askorbik asit, antioksidan aktivite, toplam fenolik madde, toplam karotenoid madde miktarları ile en düşük HMF içeriğinin kırımım pencereleli kurutma sisteminde köpük kurutma yöntemi ile elde edilen ürünlere ait olduğu belirlenmiştir. En yüksek HMF içeriğinin ise sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan portakal tozlarına ait olduğu belirtilmiştir. Depolama boyunca tüm ürünlerin analiz edilen bileşenlerinde azalma meydana gelirken, rnlerin HMF içeriğinde artış gözlemlenmiştir. En yüksek uçucu bileşen içeriğine sahip ürünlerin sıcak hava kurutma sisteminde köpük kurutma yöntemi ile elde edilen ürünler olduğu, kırımım pencereleli kurutma sisteminde üretilen ürünlerin ise en düşük uçucu bileşen içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir.

Araştırma sonuçları birlikte değerlendiğinde, köpük kurutma yönteminin kuruma süresini kısaltıp ürün kalitesini olumlu yönde etkilediği anlaşılmaktadır. Portakal tozu elde etmek için kırımım pencereleli kurutma sisteminde köpük kurutma yöntemi metodunun tercih edilebilir bir yaklaşım olduğu belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Kırımım pencereleli kurutma, sıcak hava kurutma, köpük kurutma, portakal tozu

JÜRİ: Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

Prof. Dr. Mustafa KARHAN

Prof. Dr. Yahya TLEK

ABSTRACT

PRODUCTION OF ORANGE POWDER RICH IN BIOACTIVE COMPONENTS BY DIFFERENT DRYING METHODS

Serenay AŞIK

MSc Thesis in Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

July 2019; 132 pages

In this study, the effect of the drying process on the quality properties of the powder products obtained from the orange powder (*Citrus sinensis* L.) in both foam form and puree form with refractance window and hot air drying systems was investigated. For this purpose, puree and foam forms which were dried in refractance window and hot air drying systems were stored at 4 and 25°C temperatures for 90 days. Some physical (color, water activity, bulk density, compressed density, flowability, particle size, solubility) and chemical (moisture, ascorbic acid, total phenolic agent, total carotenoid agent, antioxidant activity, phenolic agent composition, volatile component composition, amount of HMF) were performed at the 0 th, 15 th, 30 th, 60 th and 90 th days of storage.

In the optimization study in determining the rate of use of the foaming agent for the foam form of the orange puree, the carboxymethyl cellulose, whey protein and soy protein isolate were used as the foaming agent. For the ratio of foaming agents, the lower and upper limits commonly used for the foam drying method have been determined and the optimization has been carried out according to the Box-Behnken experimental design with the maximum foam stability and foam capacity. In this study, optimum ratios for Carboxymethylcellulose, whey protein powder, soy protein powder were determined as 1.5% - 3% and 1.5%, respectively.

In the optimization of the drying of the orange purees, the most suitable intervals were selected as 2-4 mm values as a result of preliminary trials for the paving thickness in the refractance window drying system. For the temperature parameters, 60-90 °C intervals were selected which were applied in similar drying studies. The optimization was performed according to the Central-Composite experimental design using the response surface method. Optimum processing conditions were determined by optimizing these variables to be the highest amount of ascorbic acid. As a result of this study, optimum points were determined as 90 °C temperature and 2 mm paving thickness.

In order to optimize the drying of the orange purees on hot air drying system, thickness 2-4 mm, temperature 60-90°C, air velocity 1-3 m/ s intervals were selected. The optimization was performed using the Box-Behnken experimental design using the response surface method. Optimum processing conditions were determined by optimizing these variables to be the highest amount of ascorbic acid. As a result of the optimization, optimum points were found as 90°C, 2 mm thickness and 3m/sec air velocity.

The physical and chemical properties of the samples, which were stored in two different temperature environments after the drying processes carried out at optimum points, were carried out in the determined intervals. As a result of the research, it was determined that the moisture content of the samples varied between 3.47-2.16% during storage and the products produced in the refractance window drying system had lower moisture content. It was observed that the lowest water activity values belong to the samples produced in the refractance window drying system in parallel with the moisture content and the water activity values of all products varied between 0.3506-0.2066. When the color results were examined, it was found that the products obtained by foam drying method in the refractance window drying system gave the best results in terms of *L*, *a*, *b*, Hue angle and Chroma values. It was determined that the highest amount of ascorbic acid, antioxidant activity, total phenolic substance, total carotenoid substance and lowest HMF content belong to products obtained by foam drying method in refractance window drying system. It was stated that the highest HMF content belongs to orange powders dried in hot air drying system. A decrease in the analyzed components of all products occurred during storage, while an increase in the HMF content of the products was observed. It was determined that the products with the highest volatile component content were obtained by foam drying method in hot air drying system, and the products produced in the refractance window drying system had the lowest volatile component content.

When the results of the research are evaluated together, it is understood that the foam drying method reduces the drying time and affects the product quality positively. In order to obtain orange powder, it has been determined that the foam drying method is a preferable approach in the refractance window drying system.

KEYWORDS: Drying, foam mat drying, hot air drying, orange powders, refractance window drying

COMMITTEE: Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

Prof. Dr. Mustafa KARHAN

Prof. Dr. Yahya TÜLEK

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması kapsamında içerdiği birçok önemli vitamin ve mineraller sayesinde sıklıkla tüketilen ve çeşitli formlarının da gıda endüstrisinde kullanıldığı portakal meyvesinin biyoaktif bileşenler açısından en az kayıplar ile kurutulup raf ömrünün uzatılması planlanmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda portakal tozu elde etmek amacı ile kırımın pencereleli köpük kurutma yönteminin biyoaktif bileşenlerce zengin portakal tozu üretimi için en uygun kurutma yöntemi olduğu belirlenmiştir. Yapılan araştırmaların ve bu tez çalışmasının gerçekleşmesinde;

- Bilimsel tecrübeleri ve değerli fikirleri ile iyi bir bilim insanı olma ve akademik hayattaki yolumu daima aydınlatan; bu tez çalışmasının gerçekleştirilmesi, sonuçlandırılması ve sonuçların değerlendirilmesi aşamasında desteğini hiçbir zaman esirgemeyen tüm bunların haricinde dürüst ve etik bir insan olmanın önemini bana her zaman gösteren danışman hocam sayın Prof. Dr. Ayhan TOPUZ'a (Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi),
- Tez çalışmalarım boyunca verdikleri burs desteğinden dolayı (2210-C Öncelikli Alanlara Yönelik Yüksek Lisans Burs Programı) Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu'na (TÜBİTAK) ve yetkililerine,
- Tez çalışmalarının gerçekleşmesinde laboratuvar imkânlarından yararlandığım Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanlığı'na, Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na ve araştırmamı maddi olarak destekleyen Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi ve çalışanlarına,
- Gerek laboratuvar ve tez çalışmalarım gerekse kişisel hayatımda bana her zaman, her koşulda destek olan, beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan ekip arkadaşım Gıda Mühendisi Tuğçe ATBAKAN'a
- Laboratuvar çalışmalarım ve tez yazım aşamamda her türlü sorunuma destek olan Gıda Yüksek Mühendisi Emrah EROĞLU, Dr. Zehra GÜNEL, Gıda Yüksek Mühendisi Handan BAŞÜNAL GÜLMEZ ve diğer ekip arkadaşlarıma, analizlerin gerçekleşmesinde ortaya çıkan sorunlara çözüm yolu bulmam da bana destek olan, Dr. Öğr. Üyesi Mehmet TORUN (Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi), Dr. Öğr. Üyesi Cüneyt DİNÇER (Akdeniz Üniversitesi Finike MYO) ve Dr. Ferhan BALCI TORUN'a teşekkürlerimi bir borç bilirim. Ayrıca uzakta da olsa her türlü problemde desteğini esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi İsmail TONTUL'a (Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik Fakültesi), teşekkürlerimi sunarım.
- Yıllardır her zaman yanımda olan bana hem annelik hem babalık yapan ve bu aşamalara gelmemde en büyük emeğe sahip olan annem Gülsüm AŞIK'a, kardeşim Seray AŞIK'a, ikinci babam olarak her zaman yanımda olan Amcam Eyup AŞIK'a, dedem Kemal YÖNDEMLİ'ye ve tüm aileme teşekkürlerimi sunarım.
- Ve son olarak beni her zaman uzaklardan izlediğine inandığım, yanımda onu daima hissettiğim merhum babam Ali Rıza AŞIK'A özlem ve dualarımı gönderiyorum.

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Farklı Kurutma Yöntemleri İle Biyoaktif Bileşenlerce Zengin Portakal Tozu Üretimi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

09/07/2019

Serenay AŞIK

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	4
2.1. Turunçgiller	4
2.2. Portakal.....	9
2.3. Kurutma.....	11
2.3.1.Sıcak hava kurutma	12
2.3.2.Kırınım pencereleli kurutma.....	14
2.3.3.Köpük kurutma	20
2.3.4.Portakal kurutma üzerine yapılmış çalışmalar.....	24
3. MATERYAL VE METOT	27
3.1. Materyal	27
3.2. Metot	27
3.2.1.Köpük yapıcı ajan kullanımının optimizasyonu	27
3.2.2.Portakal pürelerinin hazırlanması	28
3.2.3.Kırınım pencereleli kurutma optimizasyonu	29
3.2.4.Sıcak hava kurutma optimizasyonu	31
3.2.5.Portakal tozlarının depolanması	32
3.2.6.Analizler	32
3.2.6.1. Nem Oranı	33
3.2.6.2. Su aktivitesi	33
3.2.6.3. Renk	33
3.2.6.4. Parçacık boyutu	33
3.2.6.5. Yığın yoğunluğu	33
3.2.6.6. Sıkıştırılmış yoğunluk	34
3.2.6.7. Akabilirlik	34

3.2.6.8. Çözünürlük.....	34
3.2.6.9. Askorbik asit	34
3.2.6.10. Fenolik bileşen kompozisyonu	35
3.2.6.11. Antioksidan aktivite	36
3.2.6.12. Toplam karotenoid miktarı	37
3.2.6.13. Uçucu bileşen kompozisyonu	37
3.2.6.14. Hidroksimetilfurfural (HMF)	38
3.2.6.15. Partikül morfolojisi (SEM).....	38
3.2.6.16. İstatiksel analizler	38
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	39
4.1. Köpük Yapıcı Ajan Kullanımının Optimizasyonu	39
4.1.1. Köpük yapıcı ajan oranlarının köpük kapasite değerleri	40
4.1.2. Köpük yapıcı ajan oranlarının köpük stabilitesi değerleri	42
4.1.3. Köpük yapıcı ajan kullanım oranının yanıt yüzey metodu ile belirlenen optimum şartları	45
4.2. Kırınım Pencereli Kurutma Optimizasyonu	47
4.2.1. Kurutma sıcaklığının askorbik asit miktarı üzerine etkisi	49
4.2.2. Serme kalınlığının askorbik asit miktarı üzerine etkisi	49
4.2.3. Kırınım pencereli kurutma için yanıt yüzey metodu ile belirlenen optimum kurutma şartları	49
4.3. Sıcak Hava Kurutma Optimizasyonu	51
4.3.1. Sıcak hava kurutma sisteminde sıcaklığın askorbik asit miktarı üzerine etkisi	54
4.3.2. Sıcak hava kurutma sisteminde serme kalınlığının askorbik asit miktarı üzerine etkisi	54
4.3.3. Sıcak hava kurutma sisteminde hava hızının askorbik asit miktarı üzerine etkisi	54
4.3.4. Sıcak hava kurutma sisteminde yanıt yüzey metodu ile belirlenen optimum kurutma şartları	54
4.4. Taze Portakalın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	56
4.5. Farklı Yöntemlerle Kurutulmuş Portakal Tozlarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	58
4.5.1. Nem oranı değişimi	58
4.5.2. Su aktivitesi değişimi	59
4.5.3. Renk değişimi	60
4.5.3.1. <i>L</i> değeri değişimi	60

4.5.3.2. <i>a</i> değeri değışimi	62
4.5.3.3. <i>b</i> değeri değışimi	64
4.5.3.4. Ton açısı (°) değeri	66
4.5.3.5. Doygunluk (C) değeri	67
4.5.4. Yığın yoğunluğu değışimi	69
4.5.5. Sıkıştırılmış yoğunluk değışimi	71
4.5.6. Akabilirlik değışimi	72
4.5.7. Çözünürlük değışimi	74
4.5.8. Parçacık boyutu	76
4.5.9. Askorbik asit değışimi	77
4.5.10. Antioksidan aktivite değışimi	80
4.5.11. Toplam fenolik madde değışimi	83
4.5.12. Toplam karotenoid değışimi	85
4.5.13. Esmerleşme indeksi	87
4.5.14. Fenolik madde kompozisyonu	89
4.5.15. Uçucu bileşen kompozisyonu	95
4.5.16. Hidroksimetilfurfural miktarı	102
4.5.17. Partikül morfolojisi	104
5. SONUÇLAR	106
6. KAYNAKLAR	109
7. EKLER	121
8. ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

$\leq$	: Küçük veya eşit
$\geq$	: Büyük veya eşit
%	: Yüzde
β	: Regresyon katsayıları
$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat derece
μm	: Mikrometre
a_w	: Su aktivitesi
cm	: Santimetre
$D_{[4,3]}$	: Hacim ağırlıklı ortalama yarıçap (μm)
d_{10}	: Partiküllerin %10'unun belirtilen değerden küçük olduğunu gösterir
d_{50}	: Partiküllerin %50'sinin belirtilen değerden küçük olduğunu gösterir
d_{90}	: Partiküllerin %90'ının belirtilen değerden küçük olduğunu gösterir
d/dk	: Devir/dakika
g	: Gram
Kg	: Kilogram
L	: Litre
M	: Molar
m	: Metre
mL	: Mililitre
nm	: Nanometre
p	: Önemlilik derecesi
ρ_b	: Yığın yoğunluğu (g/cm^3)
mg/kg	: Milyonda birlik kısım

Pre-R² : Tahminlenmiş regresyon katsayısı

PRESS: Tahminlenmiş kalıntı hata kareler toplamı

ρ_t : Sıkıştırılmış yoğunluk (g/cm³)

R² : Regresyon katsayısı

s : Saniye

Kısaltmalar

AA : Askorbik asit

A : Karboksimetilselüloz

Abs : Absorbans

ANOVA: Varyans analizi

B : Peyniraltı suyu proteini tozu

BHT : Bütilendirilmiş hidroksitolüen

C : Soya proteini tozu

D : Depolama süresi

CI : Carr İndeks

CV: Varyasyon katsayısı

DPPH : 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl

GC-MS: Gaz kromatografisi-Kütle spektrometresi

GMS : Gliserol monostearat

H : Hava Hızı

HKT : Hata kareler toplamı

HMF : Hidroksimetilfurfural

HPLC : Yüksek basınç sıvı kromatografisi

K : Serme kalınlığı

KK : Köpük kapasitesi

KMS : Karboksimetil selüloz

KPK : Kırınım pencereli kurutma

KPKK : Kırınım pencereli köpük kurutma

KS : Köpük stabilitesi

M.Ö. : Milattan önce

M.S. : Milattan sonra

Max : Maksimum

Min : Minimum

MS : Metil selüloz

SD : Serbestlik derecesi

SEM : Taramalı elektron mikroskobu

SH : Standart hata

SHK : Sıcak hava kurutma

SHKK : Sıcak hava köpük kurutma

SPSS : Sosyal Bilimler İçin İstatistiksel Paket (Statistical Package for the Social Science)

TEAA : Troloks eşdeğeri antioksidan aktivite

U : Uygulama

YA : Yumurta albümini

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Bazı Turunçgil Türleri	4
Şekil 2.2. Turunçgil Meyvesinin Kesiti	5
Şekil 2.3. Askorbik Asit Molekül Yapısı	6
Şekil 2.4. Askorbik asidin dönüşüm mekanizması	7
Şekil 2.5. Flavon ve Flavanon iskeleti	8
Şekil 2.6. Portakal Meyvesi ve Ağacı	9
Şekil 2.7. Dünyada Portakal Üretimi Yapan Başlıca Ülkeler (2018)	10
Şekil 2.8. Türkiye'de Portakal Üretimi Yapılan İller	11
Şekil 2.9. Kırınım pencereli kurutma sisteminin ısı aktarım mekanizması	15
Şekil 2.10. Kırınım pencereli kurutma sistemi ısı transferi mekanizması	16
Şekil 2.11. Kuru portakal çeşitleri	25
Şekil 3.1. Köpük stabilitesi ölçümleri	28
Şekil 3.2. Kırınım pencereli kurutma sisteminde serilen püre	30
Şekil 3.3. Kırınım pencereli kurutma sisteminde üretilen toz ürün	30
Şekil 3.4. Sıcak hava kurutma sistemine serilen pulp ve kurutulduktan sonraki hali	32
Şekil 4.1. Soya protein izolatu kullanım oranı sabit tutulduğunda karboksimetil selüloz ve peyniraltı suyu proteini tozu kullanım oranının köpük kapasitesi üzerine etkisi (yüzey fonksiyonu (a), izdüşüm gösterimi (b))	41
Şekil 4.2. Peyniraltı suyu proteini tozu kullanım oranı sabit tutulduğunda karboksimetil selüloz ve soya protein izolatu kullanım oranının köpük kapasitesi üzerine etkisi (yüzey fonksiyonu (a), izdüşüm gösterimi (b))	42
Şekil 4.3. Karboksimetil selüloz kullanım oranı sabit tutulduğunda peyniraltı suyu proteini tozu ve soya protein izolatu kullanım oranının köpük kapasitesi üzerine etkisi (yüzey fonksiyonu (a), izdüşüm gösterimi (b))	42
Şekil 4.4. Soya protein izolatu kullanım oranı sabit tutulduğunda karboksimetil selüloz ve peyniraltı suyu proteini tozu kullanım oranının köpük stabilitesi üzerine etkisi (yüzey fonksiyonu (a), izdüşüm gösterimi (b))	44
Şekil 4.5. Peyniraltı suyu proteini tozu kullanım oranı sabit tutulduğunda karboksimetil selüloz ve soya protein izolatu kullanım oranının köpük stabilitesi üzerine etkisi (yüzey fonksiyonu (a), izdüşüm gösterimi (b))	44
Şekil 4.6. Karboksimetil selüloz kullanım oranı sabit tutulduğunda peyniraltı suyu proteini tozu ve soya protein izolatu kullanım oranının köpük stabilitesi üzerine etkisi (yüzey fonksiyonu (a), izdüşüm gösterimi (b))	45
Şekil 4.7. Köpük yapıcı ajanların optimum karışım oranı ile köpürtülmüş portakal püresi görüntüsü	46
Şekil 4.8. Köpük formunun mikroskop görüntüsü	46

Şekil 4.9. Kalınlık ve sıcaklık parametrelerinin askorbik asit miktarı üzerine etkisi (izdüşüm gösterimi (a) , yüzey fonksiyonu (b))	49
Şekil 4.10. Kırınım pencereli kurutma sisteminde optimum noktada üretilen portakal tozları: Köpüksüz formun kurutulması ile elde edilen örnek (a) , köpük kurutma yöntemi ile elde edilen örnek (b)	50
Şekil 4.11. Sıcak hava kurutma sisteminde kalınlık ve sıcaklık parametrelerinin askorbik asit miktarı üzerine etkisi (a : izdüşüm gösterimi, b : yüzey fonksiyonu)	53
Şekil 4.12. Sıcak hava kurutma sisteminde hava hızı ve sıcaklık parametrelerinin askorbik asit miktarı üzerine etkisi (a : izdüşüm gösterimi, b : yüzey fonksiyonu)	53
Şekil 4.13. Sıcak hava kurutma sisteminde hava hızı ve kalınlık parametrelerinin askorbik asit miktarı üzerine etkisi (a : izdüşüm gösterimi, b : yüzey fonksiyonu)	53
Şekil 4.14. Sıcak hava kurutma sisteminde optimum noktada üretilen portakal tozları: köpüksüz formun kurutulması ile elde edilen örnek (a) , köpük kurutma yöntemi ile elde edilen örnek (b)	55
Şekil 4.15. Ton açısı değerinin değişimine bağlı olarak renk tonları	67
Şekil 4.16. Farklı yöntemlerle kurutulmuş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı askorbik asit (mg/100g KM) değerleri.....	78
Şekil 4.17. Kurutma yöntemlerine bağlı askorbik asit kaybı(%).....	80
Şekil 4.18. Kurutma yöntemlerine bağlı antioksidan aktivite kaybı (%).....	82
Şekil 4.19. Kurutma yöntemlerine bağlı toplam fenolik madde kaybı (%)	84
Şekil 4.20. Kurutma yöntemlerine bağlı toplam karotenoid madde kaybı (%)	87
Şekil 4.21. Kurutma yöntemlerine bağlı esmerleşme indeksi değerleri	88
Şekil 4.22. Sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan portakal tozlarına ait SEM görüntüsü(x700).....	104
Şekil 4.23. Sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan portakal tozlarına ait SEM görüntüsü (x300).....	104
Şekil 4.24. Kırınım pencereli kurutma sisteminde kurutulan portakal tozlarına ait SEM görüntüsü(x700).....	105
Şekil 4.25. Kırınım pencereli köpük kurutma yöntemi ile üretilmiş portakal tozlarına ait SEM görüntüsü(x200).....	105

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Bazı Turunçgil türlerinden elde edilen meyve sularının flavonoid içerikleri	8
Çizelge 2.2. Farklı kurutma yöntemlerinin enerji gereksinimi, buharlaştırma kapasitesi ve termal verimlilik açısından karşılaştırılması	15
Çizelge 2.3. Literatürde kullanılan bazı köpük kurutma koşulları.....	24
Çizelge 3.1. Köpük yapıcı ajan kullanımı optimizasyonunda Box-Behnken deneme deseni.....	27
Çizelge 3.2. Kırınım pencereli kurutma optimizasyonunda Merkezi Kompozit deneme deseni	29
Çizelge 3.3. Sıcak hava kurutma optimizasyonu için oluşturulan Box-Behnken deneme deseni	31
Çizelge 3.4. Askorbik asit analizi HPLC koşulları	35
Çizelge 3.5. Fenolik madde kompozisyonu analizi HPLC koşulları	35
Çizelge 3.6. Fenolik bileşen kompozisyonu analizinde uygulanan gradient elüsyon programı	36
Çizelge 3.7. Fenolik standartlarının tutulma zamanları ve ölçüldükleri dalga boyları	36
Çizelge 3.8. GC-MS analiz şartları	37
Çizelge 4.1. Köpük yapıcı ajan optimizasyon deneme deseni ve analiz verileri	39
Çizelge 4.2. Köpük kapasitesi değerleri üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu ve model uygunluğunu test edilebilmek için kullanılan istatistikler	40
Çizelge 4.3. Köpük stabilitesi değerleri üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu ve model uygunluğunu test edilebilmek için kullanılan istatistikler	43
Çizelge 4.4. Köpük yapıcı ajan kullanımı optimum şartları	45
Çizelge 4.5. Köpük yapıcı ajan kullanım oranlarının optimum noktalarda doğrulama deney sonuçları	45
Çizelge 4.6. Kırınım pencereli kurutma optimizasyonu Merkezi Kompozit deneme deseni ve analiz sonuçları.....	47
Çizelge 4.7. Askorbik asit değerleri üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu ve model uygunluğunu test edilebilmek için kullanılan istatistikler	48
Çizelge 4.8. Kırınım pencereli kurutma sistemi optimum kurutma koşulları.....	50
Çizelge 4.9. Kırınım pencereli kurutma sisteminde optimum koşullarda yapılan kurutmanın teorik ve deneysel sonuçları.....	50
Çizelge 4.10. Sıcak hava kurutma optimizasyonunda Box-Behnken deneme deseni ve analiz sonuçları.....	51

Çizelge 4.11. Askorbik asit değerleri üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu ve model uygunluğunu test edebilmek için kullanılan istatistikler	52
Çizelge 4.12. Sıcak hava kurutma sistemi optimum kurutma koşulları	55
Çizelge 4.13. Sıcak hava kurutma sisteminde optimum koşullarda yapılan kurutmanın teorik ve deneysel sonuçları.....	55
Çizelge 4.14. Taze portakalın fiziksel ve kimyasal özellikleri	56
Çizelge 4.15. Taze portakalın bazı fenolik bileşenleri (mg/100g KM)	56
Çizelge 4.16. Taze portakala ait uçucu bileşen kompozisyonu (milyon alan).....	57
Çizelge 4.17. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilmiş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı nem oranları değişimi (%).....	58
Çizelge 4.18. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilmiş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı su aktivitesi değerleri değişimi.....	59
Çizelge 4.19. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak su aktivitesi değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları.....	60
Çizelge 4.20. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak Su Aktivitesi değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları	60
Çizelge 4.21. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilmiş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı <i>L</i> değerleri değişimi.....	61
Çizelge 4.22. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak <i>L</i> değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları	61
Çizelge 4.23. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak <i>L</i> değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları.....	62
Çizelge 4.24. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilmiş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı <i>a</i> değerleri değişimi.....	63
Çizelge 4.25. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak <i>a</i> değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları	63
Çizelge 4.26. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarında depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak <i>a</i> değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları.....	64
Çizelge 4.27. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilmiş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı <i>b</i> değerleri değişimi.....	64
Çizelge 4.28. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak <i>b</i> değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları	65

Çizelge 4.29. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak b değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları.....	65
Çizelge 4.30. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilmiş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı ton açısı değerleri değişimi (°)	66
Çizelge 4.31. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak ton açısı değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları	66
Çizelge 4.32. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak ton açısı değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	67
Çizelge 4.33. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilmiş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı doygunluk değerleri	68
Çizelge 4.34. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak doygunluk değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları	68
Çizelge 4.35. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak doygunluk değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	69
Çizelge 4.36. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı yığın yoğunluğu değerleri değişimi (g/cm^3)	69
Çizelge 4.37. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı yığın yoğunluğu değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları	70
Çizelge 4.38. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak yığın yoğunluğu değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları	70
Çizelge 4.39. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı sıkıştırılmış yoğunluk değerleri değişimi (g/cm^3).....	71
Çizelge 4.40. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak sıkıştırılmış yoğunluk değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları.....	72
Çizelge 4.41. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak sıkıştırılmış yoğunluk değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	72
Çizelge 4.42. Farklı yöntemlerle kurutulmuş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı akabilirlik değerleri değişimi	73
Çizelge 4.43. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı akabilirlik değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları	73

Çizelge 4.44. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak akabilirlik değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	74
Çizelge 4.45. Farklı yöntemlerle kurutulmuş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı çözünürlük değerleri değişimi (%)	74
Çizelge 4.46. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı çözünürlük değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları	75
Çizelge 4.47. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı % çözünürlük değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları.....	75
Çizelge 4.48. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının partikül boyutu (μm) analiz sonuçları	76
Çizelge 4.49. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının parçacık boyutu analizine ait varyans analiz sonuçları.....	76
Çizelge 4.50. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının partikül boyutu analizine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları	77
Çizelge 4.51. Farklı yöntemlerle kurutulmuş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı askorbik asit ($\text{mg}/100\text{g KM}$) değerleri	78
Çizelge 4.52. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak askorbik asit değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları	79
Çizelge 4.53. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak askorbik asit değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları	79
Çizelge 4.54. Farklı yöntemlerle kurutulmuş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı antioksidan aktivite ($\text{gTEAA}/100\text{g km}$).....	81
Çizelge 4.55. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak antioksidan aktivite değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları.....	81
Çizelge 4.56. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak antioksidan aktivite değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları	82
Çizelge 4.57. Farklı yöntemlerle kurutulmuş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı toplam fenolik madde değişimi ($\text{mg}/100\text{g KM}$).....	83
Çizelge 4.58. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak toplam fenolik madde miktarı değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları	83
Çizelge 4.59. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak Toplam Fenolik	

Madde miktarı değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları	84
Çizelge 4.60. Farklı yöntemlerle kurutulmuş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı toplam karotenoid değişimi (mg/100g KM).....	85
Çizelge 4.61. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak toplam karotenoid değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları.....	86
Çizelge 4.62. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak toplam karotenoid değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları	86
Çizelge 4.63. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen portakal tozlarının esmerleşme derecesine ait varyans analiz sonuçları	88
Çizelge 4.64. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen portakal tozlarının esmerleşme derecesine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	88
Çizelge 4.65. Farklı yöntemlerle kurutulmuş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı fenolik madde kompozisyonu (mg/100g KM)	91
Çizelge 4.66. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak fenolik madde miktarları ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları	93
Çizelge 4.67. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak fenolik madde miktarları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları.....	94
Çizelge 4.68. Sıcak hava kurutma yöntemiyle üretilen portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı uçucu bileşen kompozisyonu değişimi (milyon alan)	97
Çizelge 4.69. Sıcak hava köpük kurutma yöntemiyle üretilen portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı uçucu bileşen kompozisyonu değişimi (milyon alan).....	98
Çizelge 4.70. Kırınım pencereli kurutma yöntemiyle üretilen portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı uçucu bileşen kompozisyonu değişimi (milyon alan).....	99
Çizelge 4.71. Kırınım pencereli köpük kurutma yöntemiyle üretilen portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı uçucu bileşen kompozisyonu değişimi (milyon alan)	100
Çizelge 4.72. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak D-Limonen alanlarının ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları.....	101
Çizelge 4.73. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak D-Limonen alanlarının ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi.....	101
Çizelge 4.74. Farklı yöntemlerle kurutulmuş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı HMF değişimi (mg/100g KM)	102

Çizelge 4.75. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak HMF değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları.....103

Çizelge 4.76. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak HMF değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi.....103



1. GİRİŞ

Turunçgiller Rutaceae familyasının Aurantoideae alt-familiyasına dahillerdir. Üretimi yapılan en önemli turunçgiller *Citrus limon* (limon), *C. aurantifolia* (misket), *C. aurantium* (acı portakal), *C. sinensis* (tatlı portakal), *C. reticulata* (mandarin, satsuma), *C. grandis* ya da *C. maxima* (pummelo) ve *C. paradisi* (altıntop)'dır (Braverman 1949). Turunçgiller içerdikleri besin ögeleri ve fonksiyonel bileşenlerden dolayı bireylerin beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Turunçgil meyveleri başta C vitamini olmak üzere niasin, folik asit, diyet lif, pektin, potasyum, kalsiyum, magnezyum gibi gıda bileşenlerini içermektedir (Tokgöz 2009).

Türkiye turunçgil yetiştiriciliği için ekolojik şartlar bakımından oldukça uygundur. Turunçgiller ülkemizde en fazla Akdeniz, Ege ve kısmen de Doğu Karadeniz bölgelerinde yetiştirilmektedir. TÜİK 2016 yılı verilerine göre, Türkiye'de turunçgil üretiminin %87'si Akdeniz Bölgesi'nden sağlanmaktadır. Türkiye toplam turunçgil üretiminin %86'sı Mersin, Adana, Antalya ve Hatay illerinden karşılanmaktadır (Tepge 2016).

Ülkemizde ve diğer ülkelerde üretim ve ihracat yönünden önemli bir yere sahip olan turunçgillerin en çok tüketileni ve ticari değere sahip olanı '*Citrus sinensis* L.' olarak adlandırılan portakaldır. Uzun yıllardır günlük tüketimde sevilen meyvelerden olan portakalın tarımı ülkemizde en çok Akdeniz bölgesinde yapılır. Üretilen yaş meyveler sofralık olarak, meyve suyu endüstrisinde, pastacılık ve dondurma üretiminde; uçucu yağları ise kozmetik endüstrisi başta olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. Ayrıca portakal hem kuru meyve hem de portakal tozu halinde çeşitli gıda formülasyonlarında kullanılmaktadır. Portakalın 100 gramı 11,54 g karbonhidrat, 2,4 g lif, 0,2 g yağ, 0,7 g protein içermekte ve yaklaşık 46 kcal enerji vermektedir. Bilindiği üzere portakal önemli bir C vitamini kaynağı olup, 100 gramlık bir portakal yetişkin ve sağlıklı bireylerin günlük C vitamini ihtiyacının yaklaşık %75'ini karşılamaktadır (Yılmaz 2002).

Kurutma, eş zamanlı kütle ve ısı transferinin gerçekleştiği materyal içerisindeki nemi azaltma işlemi olarak tanımlanabilir (Ertekin ve Yaldiz 2004). Bir başka deyişle kurutma, gıdaların nem içeriklerinin düşürülüp daha uzun süre muhafaza edilmelerini sağlamak amacıyla kullanılan bir metot olarak tanımlanabilir. Kurutma işlemi ile gıdaların su aktiviteleri belli bir değer altına düşürülerek mikrobiyolojik, enzimatik, kimyasal bozulmalar önlenir. Bu yöntem sayesinde gıdalar uzun süre bozulmadan kalabilmekte ve gıdaların raf ömrü artmaktadır (Başüenal 2016). Gıda endüstrisinde büyük önemi olan kurutma işlemleri genellikle termal enerjinin kullanımına dayanmaktadır. Güneşte kurutma gıdaların kurutulması için bilinen en eski metotlardan biridir. Dondurarak kurutma, püskürterek kurutma, sıcak hava ile kurutma, ozmotik kurutma ve diğer çeşitli kurutma yöntemleri gıda endüstrisinde kullanılan proseslerdir (De la Fuente-Blanco vd. 2006).

Kurutma işlemi önceleri geleneksel olarak açık alana serilen ürünlerin doğal konveksiyonla kurutulması ile gerçekleştirilirken, zaman içerisinde teknolojik gelişmeler ile birlikte bu yöntemin yerini; daha hızlı, daha hijyenik ve daha homojen kurutma sağlayabilen sıcak havada kurutma uygulaması almıştır (Tunde-Akintunde vd. 2005). Tüm bu avantajlarına karşın gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bu yöntemin hala üründe renk, besin ve aroma kaybının yanında büzüşme ve esmerleşme gibi problemleri olduğu da bilinmektedir (Çam 2016).

Kırınım pencereli kurutma sistemi sıvı-katı veya yarı sıvı gıdaların tozlara, kuru ürünlere dönüşmesini sağlamak amacıyla atmosfer ortamında kullanılan bir yöntemdir. Bu kurutma sisteminde termal enerji, bant altında 80-90°C sıcaklıkta bulunan sudan plastik bir konveyör bandına ince bir şekilde yayılmış materyale aktarılır ve sıcak sudan bant boyunca geçen kızılötesi radyasyonun gıdaya ulaşmasına izin veren bir "pencere" oluşturduğu ileri sürülmüştür. Ürün buharlaşmayla nemini kaybederken, "pencere" yavaş yavaş kapanır gıda içerisindeki su böylece uzaklaştırılıp kuru veya toz ürün elde edilir. Kurumanın son aşamalarına doğru ısı transferi yavaşlar ve bu yavaşlama ürünün kalite kaybının çok olmamasına yardımcı olmaktadır. Günümüzde yumurta karışımı, çeşitli meyve ve sebze püreleri, bitkisel ekstraktlar, beslenme takviyelerinin kurutulmasında kullanılan kırınım pencereli kurutmanın çeşitli avantajları bulunmaktadır. Bu avantajlar, kurutmanın çok kısa sürede tamamlanması, kurutma sırasında hassas bileşen kayıplarının oldukça düşük seviyede kalması, son ürün renginin taze ürüne oldukça yakın olması, çapraz kontaminasyon riskinin bulunmaması, kurulum ve işletme maliyetlerinin düşük olması şeklinde özetlenebilmektedir (Nindo ve Tang 2007).

Sıvı ve yarı katı malzemelerin köpürtülerek kurutulması, kuruma süresinin kısaltılmasında etkili yöntemlerden biri olduğu uzun zamandır bilinmektedir (Kadam ve Balasubramanian 2011). Köpük kurutma yöntemi sıvı veya yarı-sıvı gıdalarda kuruma hızını arttırmak amacıyla geliştirilmiş bir yöntemdir (Falade vd. 2003). Gıdaların köpürtülerek kurutulması, köpük ajanının sıvı gıdalara dahil edilmesini ve daha sonra stabil bir köpük oluşturması ile başlar. Daha sonra elde edilen köpüklü yapı istenilen kurutma prosesinde kurutulmaktadır. Kurutma işleminde dehidrasyonun hızlı olduğu bazı çalışmalarda rapor edilmiştir. (Morgan vd. 1961, Rockwell vd. 1962). Genellikle kuruma oranları köpüklü gıdalarda sıvı-gaz ara yüzeyinde artan yüzey alanından dolayı nispeten daha yüksektir. Köpük kurutma yöntemi ile kurutulmuş ürünün bozulmayı önleyici mikrobiyal, kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonlara karşı daha dayanıklı olması, depolama sırasında taşıma, ambalajlama gibi konularda pratik olması gibi birçok avantajı vardır (Kadam ve Balasubramanian 2011). Gıdaların köpük forma getirilebilmesi için formülasyona belirli oranlarda polisakkaritler veya proteinler ilave edilerek ara yüzey oluşumu sağlanır ve köpüklenme meydana gelmektedir. Yumurta beyazı proteini, albümin, soya proteini, peyniraltı suyu proteini, karboksimetilselüloz gibi bileşenler bu amaçla sıklıkla kullanılan materyallerdir.

Yapılan literatür araştırmalarında portakalın, kabuğu ile birlikte işlenerek hazırlanan, fonksiyonel bileşenlerce zenginleştirilmiş pürenin kırınım pencereli kurutma ve köpük kurutma yöntemleriyle kurutulduğu bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Ayrıca portakal kabuğunun da değerlendirilerek ürünün fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi de çalışmada yeni ve farklı bir yaklaşım olarak ele alınmıştır.

Bu çalışmada portakal püreleri köpüklü ve köpüksüz formda olmak üzere kırınım pencereli, sıcak hava kurutma sistemlerinde kurutulmuştur. Köpük formunun elde etmede Karboksimetilselüloz (%0-3), peyniraltı suyu proteini tozu (%0-5) ve soya proteini tozu (%0-3)'nun kullanım oranlarının köpük stabilitesi ve kapasitesi değerleri üzerine etkisi araştırılmış, köpük stabilitesi ve kapasitesinin maksimum olduğu işlem koşulları optimize edilmiştir. Literatürde kırınım pencereli kurutma yöntemi ile meyve ve sebzelerin köpürtülerek kurutulması ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmadığından, kurutma koşullarını belirlemek amacıyla optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

Kırınım pencereli kurutma sistemi için sıcaklık (60-90°C) ve serme kalınlığı(2-4 mm), sıcak hava kurutma sistemi için de sıcaklık (60-90°C), serme kalınlığı(2-4 mm), ve hava hızı(1-3 m/s) parametrelerinin ürünlerdeki askorbik asit miktarı üzerine etkileri belirlenmiş ve askorbik asit miktarının maksimum olduğu işlem koşulları optimize edilmiştir. Belirlenen optimum koşullarda köpüklü ve köpüksüz formdaki püreler kırınım pencereli (90°C sıcaklık, 2 mm serme kalınlığı) ve sıcak hava kurutma (90°C sıcaklık, 2 mm serme kalınlığı, 3m/s hava hızı) sistemlerinde kurutulmuştur. Elde edilen portakal tozları 90 gün boyunca depolanmış ve ürünler üzerine uygulanan kurutma işlemlerinin etkisi incelenmiştir.



2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Turunçgiller

Narenciye ürünleri olarak da adlandırılan, turunçgillerin anavatanı Arap Yarımadası'nın doğusundan başlayıp, Filipinler'in doğusuna kadar devam eden geniş bir coğrafya içerisinde yer almaktadır. Ancak literatürde Çin, Güneydoğu Asya ve Hindistan'ın turunçgillerin esas anavatanı olduğu belirtilmektedir. Yaklaşık 20 milyon yıllık evrimsel bir geçmişi olan turunçgiller Rutaceae familyasının Aurantoideae alt-familyasına dahildir (Kayabaşı ve Etikan 2015). Günümüzde üretimi bütün Akdeniz bölgesine yayılan turunçgiller, ilk kez 1400'lerde şu anki Amerika kıtasının olduğu bölgeye özellikle de Orta ve Güney Amerika taraflarına taşınmıştır. Dünyada en fazla üretimi yapılan meyve grubu olan turunçgiller 'Citrus' türü ağaçları içeren bir bitki topluluğudur. En önemli turunçgil türleri *Citrus limon* (limon), *C. aurantifolia* (misket), *C. aurantium* (acı portakal), *C. sinensis* (tatlı portakal), *C. reticulata* (mandarin, satsuma), *C. grandis* yada *C. maxima* (pomelo) ve *C. paradisi* (altıntop)'dir (Yılmaz 2002).

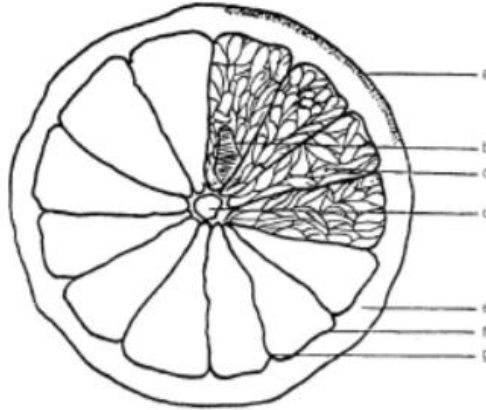
Şekil 2.1'de bazı türlerinin gösterildiği turunçgiller çok yıllık bir bitki olup, tropik ve subtropik (sıcak bölgeye ait) iklim bölgelerinde yetiştirilir. Turunçgil meyvelerinin yetiştirilmesinde en önemli parametreler sıcaklık ve nem olup, sıcaklığın düşmesi meyve kalitesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Turunçgil meyvelerinin son rengini alabilmesi için ılıman bir sıcaklığa ihtiyaç vardır ve sıcaklığın -12 dereceye düşmesi ile bütün turunçgil ağaçları ölebilmektedir. Soğuğa en fazla dayanımı olan turunçgil türü mandarin olup, düşük sıcaklıklara toleransı en az olan tür ise limondur (Anonim 2).



Şekil 2.1. Bazı Turunçgil Türleri (Anonim 3)

Turunçgiller yapısal olarak flavedo ve albedo adı verilen iki katmandan oluşan bir kabuk ile içerisine dilimler radyal olarak yerleşmiş şekilde bulunan meyve eti adı verilen iki kısımdan oluşur. Flavedo kısmı meyvenin en dışındaki genellikle sarı-turuncu renkli kısımdır. Bu tabakada karotenoidler ve içerisinde yağ üreten grupların olduğu hücreler bulunur. Esansiyel yağlar böceklerle ve mikroorganizmalara karşı doğal bir toksik etki gösterip meyveyi dış etkenlere karşı korumaya yardımcı olur. Turunçgil esansiyel yağında yüzün üzerinde uçucu bileşen olduğu rapor edilmiş olup, bu uçucu bileşenlerin kimyasal yapılarının 31 adet hidrokarbon, 26 adet alkol, 25 adet aldehit, 16 adet ester, 6 adet aketon ve 5 adet asitten oluştuğu bildirilmiştir (Yılmaz 2002).

Turunçgil kabuk yağı veya turunçgil esansiyel yağı olarak bilinen turunçgil yağları, kozmetik sanayisinde önemli bir yere sahip olmasına rağmen turunçgillerden meyve suyu üretimi yapılırken bu yağlar acılık verdiğinden dolayı uzaklaştırılmaktadır. Şekil 2.2’de bir kesitin verildiği turunçgil meyvesi incelendiğinde, Flavedo kısmının hemen altında pektin içeriği yüksek albedo kısmı bulunur. Albedo kısmında bulunan yüksek pektin oranı sayesinde turunçgiller ticari olarak pektin elde etmek amacıyla kullanılır. Kabuk bölümünün altında ise meyvenin sofralık olarak tüketilebilecek kısmı olan meyve eti bulunur. Endokarp olarak da adlandırılan meyve eti kısmında radyal olarak yerleşmiş meyve dilimleri bulunur. Dilimler parankima hücrelerinin yan yana gelmesiyle ve içinde meyve suyu bulunan keseciklerden oluşur. Dilimler içerisinde meyvenin cinsine ve olgunluğuna bağlı olarak meyve çekirdekleri bulunur. Meyve eti ve kabuk oranı turunçgillerde türler arasında farklılık göstermektedir. (Cemeroğlu 2013).



a) Yağ bezeleri içeren flavedo tabakası, b) Tohum, c) Meyve suyu keseleri, d) Merkezi eksen, e) Albedo, f) Segment, g) Segment membranı

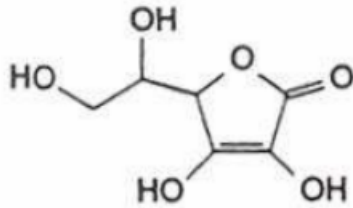
Şekil 2.2. Turunçgil Meyvesinin Kesiti (Anonim 4)

Turunçgiller C vitamininin başlıca kaynakları olarak gösterilmiş ve benimsenmiştir. C vitaminini ilk olarak, 1752’de keşfeden İngiliz Doktor James Lind’in insan sağlığı ve iskorbit hastalığının tedavisi için turunçgillerin tüketilmesini tavsiye

ettiği bildirilmektedir (Rouseff ve Nagy 1994). C vitamininin vücuttaki ana işlevi proteinlerin fonksiyonel özelliklerini iyileştirmek ve geliştirmek için gerekli olan kimyasal tepkimelerde görev almaktır (Anonim 5). Kimyasal adı askorbik asit olan C vitamininin cilt ve bağ dokulardaki protein ve kolajenin oluşumu için gerekli bir vitamin olması nedeniyle, eksikliği vücutta hasarlara yol açmaktadır. Hücre duvarı kırılabilirliği, eklem hastalıkları, dişlerin dökülmesi ve enfeksiyonlara karşı direncin azalması bu hasarların bazılarıdır. Askorbik asitin insan vücudunda oldukça önemli fonksiyonları vardır ve bu fonksiyonların en önemlileri oksijenin metabolizma olaylarında oluşturduğu toksik serbest radikalleri indirgemesi ve reaksiyonlar için indirgeyici özellikte ortam oluşturmalarıdır. Bulunduğu ortamın indirgen olmasını sağlaması enzimlerin aktif formda kalmasını sağlamaktadır. Askorbik asidin insan sağlığı için bir diğer önemli fonksiyonu ise bazı kimyasal bileşiklerin karsinojenik formuna dönüşmesini engellemektir. Örneğin nitritlerin, amid ve aminler ile tepkimeye girerek karsinojenik etkisi olan nitrozaminlere dönüşümünü engellemektedir (Yılmaz 2002).

C vitamini biyokimyasal reaksiyonlarda redüksiyon ve oksidasyon rolü sebebiyle hemen hemen her canlı dokuda bulunması gerekmektedir. Bu vitamin beyaz kristal yapıda bir bileşiktir ve doğada çeşitli izomerleri vardır. Ancak sadece L-askorbik asidin biyolojik aktivitesi vardır ve bu sebeple askorbik asit denilince akla sadece L formu gelmektedir (Cemeroğlu 2013).

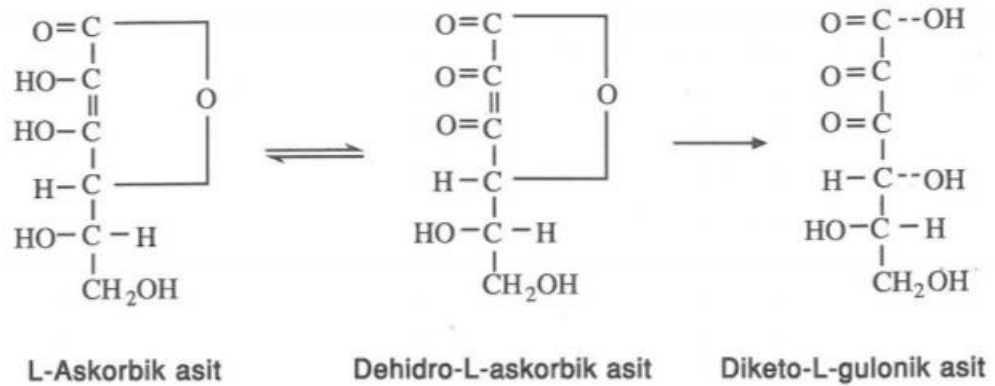
Şekil 2.3’de molekül yapısı gösterilen askorbik asit çevresel etmenlere karşı oldukça hassas olan bir vitamindir. Sıcaklık, oksijen, ışık, çeşitli enzimler ve iyonların varlığı başta olmak üzere, bazı önemli etkenler askorbik asidin parçalanma hızını artırır. L-askorbik asit olumsuz etmenlerden dolayı kolaylıkla dehidroaskorbik aside okside olabilmektedir. Ortaya çıkan bu dehidroaskorbik asit aynı L-askorbik asit gibi aktivite gösterebilmektedir. Ancak oksidasyonun bir sonraki aşamasında ortaya çıkan dehidroaskorbik asidin herhangi bir biyolojik aktivitesi yoktur.



Şekil 2.3. Askorbik Asit Molekül Yapısı (Hacısevki 2009)

Şekil 2.4’de dönüşüm mekanizmasının gösterildiği askorbik asit, dehidroaskorbik aside geri dönüşümlü olarak parçalanırken, dehidroaskorbik asit diketogulonik aside dönüşümsüz olarak parçalanır. Ortaya çıkan diketoaskorbik asit çeşitli etmenlerle furfurala kadar parçalanabilmektedir. Furfural bileşikler polimerize olarak veya aminoasitlerle enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarına katılarak esmer bileşikler oluşturur. Ortaya çıkan bu esmer bileşikler ürünlerde istenmeyen bir özelliktir. Bu sebepten dolayı turunçgiller ile ilgili yapılan birçok çalışmada askorbik asidin kendi

formunun korunmasına veya minimum derecede bozulmasına yönelik önlemler alınmıştır (Cemeroğlu 2013).

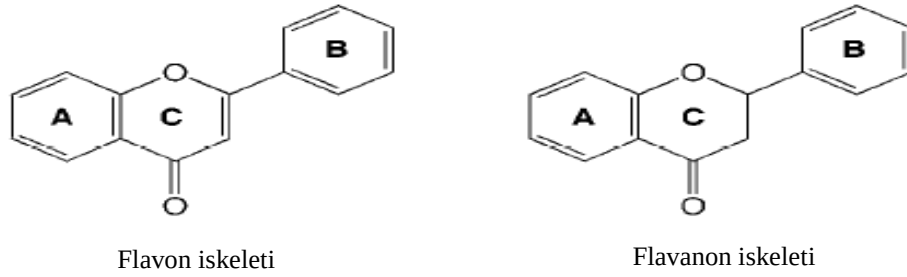


Şekil 2.4. Askorbik asidin dönüşüm mekanizması (Cemeroğlu 2013)

Besleyici özelliğinin yanı sıra insan vücudunda gösterdiği birçok yararlı fonksiyon sayesinde insan sağlığını olumlu yönde etkileyen, hastalıkları önleyip, hastalık oluşma riskini de azaltan, kapsül, hap gibi formları olmayan gıdalara ‘fonksiyonel gıda’ adı verilmektedir. Turunçgiller bileşiminde bulunan askorbik asit, folik asit, diyet lifi, flavonoidler ve vitaminler ile fonksiyonel bir besin olarak tanımlanabilmektedir. Yapılarında bulunan bu bileşenlerin miktarları meyvenin çeşidine, olgunluk durumuna, depolama koşullarına ve işleme yöntemine göre çeşitlilik göstermektedir (Turner ve Burri 2013).

Turunçgiller, yapılarında flavonoidler, çeşitli terpenler, hidroksisinamik asit, lifler, aroma maddeleri gibi fonksiyonel özellik taşıyan gruplar bulundurulur (Rieger 2001). Flavonoidler yapılarında bulunan karbon halkasının değişimine göre flavanoller, flavonlar, flavanonlar, isoflavonlar, kateşinler ve antosiyanidinler olmak üzere altı gruba ayrılırlar (Peterson vd. 1998). Turunçgillerde bulunan flavanon türleri, naringenin, naringin, hesperidin, neohesperidin, narirutin, eriositrin, taksifolin, neoeriositrin ve poncirindir. Turunçgil türleri içinde; narirutin, naringenin, ve naringin glikozitleri en fazla greyfurtta, hesperidin ve hesperidin glikozitleri ise en fazla portakal ve mandalina da bulunur. Ayrıca turunçgil türlerinde bulunan ağızda acı tat bırakan bileşikler flavonoidler (naringin, neohesperidin) ve limonoidler (nomilin, limonin)dir. Bu acı tada sebep olan bileşiklerin miktarları meyvenin olgunlaşması ile azalış gösterir (Gattuso vd. 2007).

Turunçgil flavonoidleri meyvede bulunan doğal biyoaktif bileşenlerdir. Şekil 2.5’de molekül yapısı gösterilen bu bileşenlerin insan sağlığı için oldukça yararlı etkileri vardır. Özellikle naringenin, naringin, hesperidin, tangeritin, narirutinin ağrı giderici, diyabet önleyici, antioksidan, anti-karsiyojenik ve anti-viral etkilerinin olduğu bilinmektedir (Alam vd. 2013; Assini vd. 2014). Çizelge 2.1’de de görüldüğü gibi turunçgil türleri insan sağlığına faydalı çeşitli flavonoid bileşikleri içermektedir.



Şekil 2.5. Flavon ve Flavanon iskeleti (Cin ve Gezer 2017)

Çizelge 2.1. Bazı Turunçgil türlerinden elde edilen meyve sularının flavonoid içerikleri (Cin ve Gezer 2017)

Flavonoid (mg/100mL)	Portakal Suyu	Greyfurt Suyu	Mandalina Suyu	Limon Suyu	Turunç Suyu
Eriositrin	0.31	0.41	0.31	16.7	-
Neeriositrin	0.59	0.32	0.05	-	0.77
Hesperidin	28.6	0.93	24.3	20.5	-
Neohesperidin	-	1.21	-	-	0.87
Naringin	21.3	23.0	-	-	1.97
Naringenin	-	2.70	-	-	-
Narirutin	5.2	7.60	3.92	-	-
Nobiletin	0.33	0.15	0.23	-	-
Tangeretin	0.04	0.12	0.26	-	0.08
Luteolin	-	-	-	0.08	-
Taksifolin	0.03	-	-	-	-
Poncirin	1.04	1.26	-	-	-

Turunçgillerin ticari olarak dünya pazarı incelendiğinde, taze meyve ve sofralık olarak tüketilen çeşitlerinin ticaret hacminin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ticaret hacminin yüksek oluşundan dolayı Türkiye'nin de içinde bulunduğu Dünya turunçgil piyasasında önemli rol oynayan, Akdeniz Havzasında bulunan ülkelerde de rekabet taze meyve ve sofralık olarak tüketilen çeşitlerdir (Tepge 2016). Dünya turunçgil üretimi 2018 verilerine göre yaklaşık 140 milyon ton olup Türkiye 5 milyon tonluk üretim ile Dünya turunçgil üretiminin yaklaşık %3'ünü karşılamaktadır. Ülkemizde turunçgil üretiminin %84,2'si Akdeniz Bölgesi'nde bulunan Antalya, Hatay, Mersin, Adana illerinden yapılmaktadır (Oran 2014).

2019 yılının başında ülkemizde gerçekleştirilen bir araştırmaya göre, 2018 yılında yapılan turunçgil ihracatı olumsuz hava koşullarına rağmen önceki yıla göre %9 artmış göstermiştir. İhraç edilen toplam narenciye miktarı yaklaşık 2 milyon ton, ihracat hacminin ise yaklaşık 900 milyon dolar değerinde olduğu rapor edilmiştir. 2018 yılında turunçgil kategorisinde en çok ihracatı yapılan ürün yaklaşık 190 bin ton ile greyfurt olup, 87 bin ton ihracat hacmi ile portakal ikinci, 82 bin ton ihracat hacmi ile limon da üçüncü sırada yer almaktadır. Turunçgil ihracatının en çok yapıldığı ülke 584 bin ton ile Rusya Federasyonu ilk sırada yer alırken, Irak, Ukrayna ve Romanya da en çok turunçgil ihracatının yapıldığı ülkelerdir (Anonim 1).

2.2. Portakal

Latince adı '*Citrus sinensis*' olan portakal, İpek Yolunun Anadolu'dan geçtiği yıllarda Hindistan'ın da içinde bulunduğu bölgede yetişen, o bölgeden ticareti yapılan ancak Ümit Burnu'nun keşfedilip ticaret yollarının değişmesi ile Portekiz civarına ve Avrupa'ya yayılan ticari bir üründür. Türk topraklarına ilk kez Portekiz'den geldiği için Portekiz meyvesi anlamına gelen 'Portakal' meyvesi adı verilmiştir (Anonim 6).

Portakal (*Citrus Sinensis* Osbeck) turunçgil grubunun tüketim ve işlem açısından en çok tercih edilen meyvesidir. Ülkemiz ılıman orta kuşakta yer aldığı için portakal üretimi için uygun ekolojik şartlara sahiptir. Güney sahil kesimleri ülkemizde portakal ve turunçgil yetiştiriciliğinin olduğu bölgelerdir. Adana, Mersin, Antalya ve Hatay portakal üretiminin olduğu başlıca illerimizdir. Portakal meyvesi; çok yıllık, kökleri toprağın derinliklerine kadar inen, boyları yaklaşık 2-3 metre, yaprakları sert ve düz olan ağaçlarda yetişir. (Anonim 7).

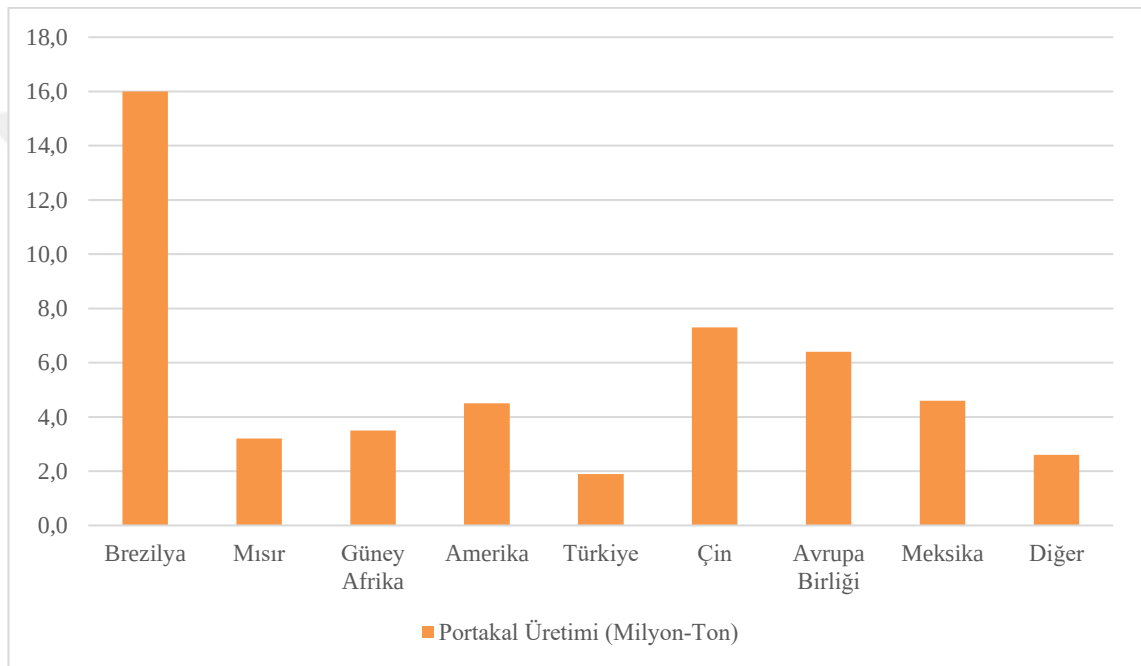


Şekil 2.6. Portakal Meyvesi ve Ağacı (Anonim 7)

Portakal meyvesinin yüksek C vitamini içeriğinden dolayı günlük diyet ve beslenmeye önemli katkısı olduğu bilinmektedir. Aynı zamanda önemli miktarda karotenoid, flavonoid, uçucu yağ ve şeker içermesi sebebiyle hem sofralık hem de çeşitli endüstrilerde hammadde olarak kullanılmaktadır (Topuz vd. 2005). Bir adet portakal meyvesinin 100 gramı yaklaşık 46 kcal enerji verdiği rapor edilmiş olup, bileşiminde 11,54 g karbonhidrat, 2,4 g lif, 0,7 g protein, 0,2 g yağ ve 45 mg C vitamini bulunmaktadır. 100 g portakalın içerdiği C vitamini miktarı sağlıklı ve yetişkin bir bireyin günlük C vitamini ihtiyacının yaklaşık %75'ini karşılar. Portakal meyvesinin yenilebilir kısımlarının yanı sıra kabuk kısmı da önemli düzeyde esansiyel yağ, polisakkarit ve şeker içerdiğinden dolayı insan sağlığı açısından yararlı ve antioksidan özelliklere sahip fitokimyasalları içerdiği rapor edilmiştir (Yılmaz 2002).

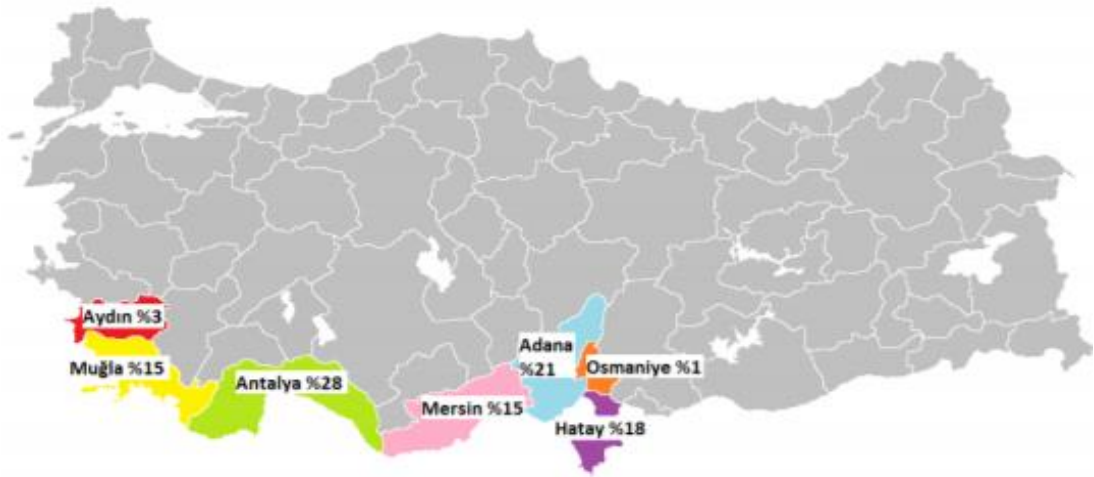
Portakal, duyuşal özelliklerinin iyi olması, beslenme açısından tavsiye edilmesi, bazı hastalıkların tedavi sürecine ve iyileşmesine yardımcı olması sebebiyle dünyada tüketim açısından en popüler meyveler arasında yer almaktadır.

Dünyada toplam portakal üretiminin bir önceki sezona göre 2018 yılında Brezilya ve Amerika’da olumsuz hava koşulları nedeniyle 54 milyon tondan 47,8 milyon tona gerilediği rapor edilmiştir (Centonze vd. 2019). Şekil 2.6’da verildiği gibi Brezilya, Mısır, Güney Afrika, ABD, Türkiye, Çin ve Avrupa Birliği ülkeleri dünyada portakal üretiminde önemli konumda olan başlıca ülkelerdir. USDA 2018 verilerine göre Güney Afrika ve Mısır dünyada portakal ihracatında önde gelen iki ülkedir. Mısır, dünyadaki toplam portakal ihracatının 3’te 1’ini oluşturarak en yüksek ihracat hacmine sahip olan ülkedir (Anonim 8).



Şekil 2.7. Dünyada Portakal Üretimi Yapan Başlıca Ülkeler (2018) (Anonim 8)

Ülkemizde 2018 yılında portakal üretimi bir önceki sezona göre %10 oranında artışla yaklaşık olarak 2 milyon tondan 2,2 milyon tona ulaştığı bildirilmiştir. Şekil 2.7’de ülkemizde portakal üretimi yapan iller gösterilmiş olup üretim yapılan ilk 3 il sırasıyla; Antalya, Adana ve Hatay’dır (Anonim 9).



Şekil 2.8. Türkiye'de Portakal Üretimi Yapılan İller (Anonim 9)

2.3. Kurutma

Kurutma, eş zamanlı kütle ve ısı transferine bağlı olan materyal içerisindeki nemin azaltılması işlemidir (Ertekin ve Yaldiz 2004). Bir başka deyişle kurutma, gıdaların nem içeriklerinin düşürülüp daha uzun süre muhafaza edilmelerini sağlamak amacıyla kullanılan bir metot olarak tanımlanabilir. Kurutma, insanlığın ilk yıllarından beri gıdaları muhafaza etmek, daha uzun süre saklamak amacıyla kullanılmaktadır. Kurutma işlemi ile gıdaların su aktiviteleri belli bir değer altına düşürülerek mikrobiyolojik, enzimatik, kimyasal bozulmalar önlenir. Bu yöntem sayesinde gıdalar uzun süre bozulmadan kalabilmekte ve gıdaların raf ömrü artmaktadır. Çeşitli kurutma yöntemleri ile üretilen gıdalar, doğrudan kuru gıda olarak tüketilebilmekte veya gıda endüstrisinde ham madde olarak kullanılabilir (Başunal 2016).

Meyve ve sebzelerin kurutularak muhafaza edilmesi milattan önceki dönemlerde Hindular, Persler, Yunanlılar, Mısırlılar ve Çinliler tarafından gerçekleştirilmiştir. Orta ve Yakın Doğu halkı ise incir, hurma, şeftali ve üzümü güneşte kurutup tüketmişlerdir. Doğal kurutma tarihi milattan önce 20.000'e kadar uzanırken, mekanik kurutma İkinci Dünya Savaşı'nın sonundan günümüze kadar hızla gelişim göstermiştir (Hayashi 1989).

Kurutulmuş gıdaların muhafaza sürelerinin uzatılmasına rağmen bazı besin öğelerinde kayıplar meydana gelebilmektedir. Ürünlerdeki sağlıklı bileşen kayıplarını en aza indirmek için kurutma metodunun doğru seçilmesi gerekir (Kovacı vd. 2018). Kurutma süresince devamlı değişen koşullar, uygulanacak işlem için en uygun parametreleri belirlemeyi zorlaştırır (Saavedra vd. 2017).

Düşük enerji gereksinimi, zaman verimliliği ve elde edilen son ürün kalitesi kurutma sanayisinde en önemli üç ana etkidir. Yeni teknolojilerin geliştirilmesi ile günümüzde pek çok işlem gibi kurutma süreci de izlenebilmekte ve kontrol edilebilmektedir (Pu vd. 2016). Güneşte kurutma yöntemi; basit ve düşük maliyetli olması açısından avantajlı gibi görünse de işlem süresinin uzun olması, hava koşullarına bağlı kalınması ve mikrobiyal kontaminasyon gibi çeşitli sorunlardan dolayı ürün kalitesi olumsuz etkilenmektedir. Güneşte kurutmadan farklı olarak çeşitli kurutma proseslerinin

endüstride kullanılmaya başlanması ile ürün kalitesinde önemli derece artışlar meydana gelmiştir (Silva vd. 2016). Günümüzde geleneksel metodun yanı sıra; püskürtmeli, akışkan yataklı, dondurarak kurutma sistemleri, mikrodalga, radyo frekans destekli yeni sistemler ve bu sistemlerin çeşitli kombinasyonları da gıda kurutmada kullanılmaktadır (Kutlu ve İşçi 2016). Kullanılan sistemler her geçen gün geliştirilerek kurutulmuş gıda sanayisi için yeni üretim metotları ortaya çıkmaktadır.

Literatürde; kurutma işleminde tek bir enerji kaynağı kullanmak yerine birkaç enerji kaynağının kombinasyonu ile enerji verimliliğinde ilerleme sağlayan çalışmalar yapılmıştır. Örneğin konvektif kurutmada gıdanın yüzeyinden ve yüzeye yakın bölgelerinden serbest suyun uzaklaştırılması işlemi mikrodalga destekli kurutmaya göre kolay bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Ancak konvektif kurutmanın gıda yüzeyini sertleştirme etkisinden dolayı suyun buharlaşması kısmen zorlaşmaktadır. Bu sebepten ötürü bu iki yöntemin ve diğer yöntemlerin çeşitli kombinasyonlarının; enerji ve ürün verimliliğini, kurutma maliyetini ve gıda kalitesini iyileştirebildiğine dair literatür mevcuttur (Xu vd. 2018).

Gıda kurutma teknolojileri dört nesilden oluşmaktadır. Isı transferi için sıcak hava kullanılan ve katı materyal kurutmaya en uygun olan; tepsili, fırın, tünel gibi yatak ve dolap tipi kurutucular birinci nesil kurutuculardır. Viskoz, bulamaç, macun türü gıdalar için daha uygun kurutma tekniği olan püskürtme ve tamburlu kurutucular, ikinci nesil teknolojilerdir. Dondurarak ve ozmotik kurutma üçüncü nesil kurutma teknolojileri olarak bilinmektedir (Vega-Mercado vd. 2001). Kızıl ötesi kurutma, mikrodalga kurutma, akışkan yataklı kurutma, radyo frekansı ile kurutma, ısı pompalı kurutma ve kırımım pencereci kurutma gibi, işlenebilecek hammaddelerin kalite özelliklerine, türüne ve raf ömrüne dayanan kurutma yöntemleri ise dördüncü nesil kurutma teknolojileri olarak kabul edilmektedir (Chou ve Chua 2001).

2.3.1. Sıcak hava kurutma

Gıdaların kurutulması için ilk zamanlardan beri geleneksel olarak açıkta-güneşte doğal konveksiyonla kurutma yöntemi kullanılırken, zamanla gelişen teknolojiler sayesinde bu yöntemin yerini; daha hijyenik, hızlı, kullanışlı, homojen bir kurutma sağlayabilen sıcak hava kurutma uygulaması almıştır (Tunde ve Afolabib 2005). Geleneksel kurutma, kurulum ve üretim maliyetinin düşük, iş gücü olarak insan kullanıldığı için işçiliğin yoğun ve ürün kalitesinin nispeten daha zayıf olduğu bir yöntemdir. Geleneksel kurutmaya göre sıcak hava kurutmanın kurulum maliyetinin yüksek olduğu bilinmektedir. Ancak sıcak hava kurutma sistemi, ürünü dış etkilerden daha iyi korumaktadır ve bu sayede ürün kalitesi daha yüksek olmaktadır. Gıda sanayisinde meyve ve sebzelerin kurutulmasında daha yaygın olarak kullanılan bu metodun, ürünün yapısına ve bileşimine bağlı olarak esmerleşme, büzüşme gibi problemlerinin yanında, besin, aroma ve renk kayıplarına sebep olmaktadır (Voda vd 2012). Ayrıca enerji verimliliğinin düşük oluşu, yüksek enerji tüketimi ile yüksek işletme maliyeti de bu yöntemin temel dezavantajlarındandır (Rodríguez vd. 2017). Gıda materyallerinin ısı iletkenliğinin düşük olmasından dolayı sıcak havada kurutma işleminde gıdaların iç kısımlarındaki ısı transferi de sınırlı kalmaktadır (Wang ve Xi 2005). Bu yüzden kurutma süresi uzamakta ve gıdalarda yukarıda belirtildiği gibi gıdanın yapısına bağlı olarak istenmeyen değişiklikler meydana gelebilmektedir.

Sıcak havada kurutmanın dezavantajlarını en aza indirmek için genellikle hibrit yöntemlerden yararlanılmaktadır. Bu amaçla, mikrodalga, kızılötesi, ultrason gibi elektromanyetik enerji kaynakları ile yeni hibrit teknolojilerin geliştirildiği çalışmalar mevcuttur (Kovacı vd. 2018). Ürünlerin kalite özelliklerini iyileştiren, enerji verimliliği sağlayan yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve tasarlanması ile ilgili çalışmalar günümüzde halen devam etmektedir.

Sıcak hava kurutma yöntemi üzerine farklı materyallerle gerçekleştirilen bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Mantarların 50-55-60-70°C’de sıcak havada kurutulması ile değişen yapısal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada; kuruma sıcaklığındaki artış ile kuru mantarların sertliğinin arttığı, kuruma sıcaklığındaki azalma ile ise son ürünlerin yapışkanlığının azaldığı bildirilmiştir (Kotwaliwale vd. 2007).

Srikiatden ve Roberts (2008) yaptıkları bir çalışmada 1.4-2.8 mm kalınlığında patates dilimleri ve 1.4 mm kalınlığında havuç dilimlerini sıcak havada 70°C sıcaklık ve 1.3 m/s hava hızı ile kurutmuşlardır. İşlem sonrasında kuru ürünlerin sıcaklığa bağlı difüzyon katsayıları ve modellemesi yapılmıştır.

Kurutma sıcaklığı ve örnek kalınlığının kurutma kinetiğine etkisinin incelendiği bir çalışmada; lahanaya yaprakları 10, 20, 40 ve 50 mm kalınlığında katmanlar halinde serilerek tepsilerde kurutulmuştur. Kurutma işlemi için 30-40-50 ve 60°C sıcaklık ve 1 m/s hava hızı denenmiştir. Kurutma sıcaklığındaki artış ile ürünlerin kuruma hızı artmıştır. Ayrıca örnek kalınlığındaki artış ile de ürünlerin kurutma hızının azaldığı belirlenmiştir. Aynı zamanda çalışma kapsamında kurutulmuş lahanaların kurutmaya ait aktivasyon enerjileri de hesaplanmış, kurutma sıcaklıklarının difüzyona etkisi Arrhenius denklemi ile ifade edilmiştir (Mwithiga ve Olwal 2005).

Üzüm pestillerinin sıcak hava kurutma sisteminde ve güneşte kurutulmasının ardından son ürünün bazı fizikokimyasal özellikleri karşılaştırılmıştır. Sıcak hava kurutma yöntemi için 55-65-75°C sıcaklık aralıkları denenmiştir. Çalışma sonunda güneşte kurutulan pestillerin kuruma süresinin daha uzun olduğu için mikrobiyal yükünün daha fazla olduğu rapor edilmiştir. Sıcak hava kurutma sisteminde kurutma hızının diğer yöneteme göre daha yüksek oluşu sebebi ile de ürünün biyoaktif bileşenlerin daha çok korunduğu vurgulanmıştır (Maskan vd. 2002).

Mikrodalga destekli sıcak hava kurutma yönteminin uygulanarak kuru sarımsak dilimlerinin üretilip, kalite analizlerinin gerçekleştirildiği bir çalışmada, mikrodalga destekli sıcak hava kurutma sisteminin sıcak hava kurutma işlemine kıyasla kuruma süresinde yaklaşık %91 kısalma sağladığı belirtilmiştir. Nitekim kuruma süresinin kısa olmasından ötürü ürünün renk, lezzet, koku gibi kalite özelliklerinin iyileştiği rapor edilmiştir (Sharma ve Prasad 2001).

Sıcak hava kurutma sisteminde elma posasının matematik modellenmesinde kurutma parametreleri için 75-85-95-105°C sıcaklık ve 1.20 m/s hava hızı kullanılmıştır. Kuruma süresi boyunca belirli periyotlarda ürünlerin nem içeriği ölçülmüştür. Elde edilen verilerin farklı kinetik modellere uygunluğu test edilmiş ve verilerin Logaritmik modele daha uygun olduğu belirlenmiştir (Wang vd. 2007).

Dondurarak kurutma ve sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan balkabağı tozlarının fizikokimyasal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, sıcak hava kurutma yöntemiyle kurutulan örneklerin antioksidan ve fenolik içeriklerinin daha yüksek, renk kalitesinin ise daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Que vd. 2008).

Güneşte ve sıcak hava kurutma yöntemiyle kurutulan kayısıların fizikokimyasal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, 70°C’de sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan örneklerin β -karoten içeriğinin en yüksek, renk kalitesinin en iyi olduğu vurgulanmıştır (Karabulut vd. 2007).

2.3.2. Kırınım pencereci kurutma

Kırınım pencereci kurutma sistemi akışkan veya sıvı-katı karışımı gıdaların kurutularak toz formuna dönüşmesini sağlamak amacıyla kullanan bir yöntemdir. Bu yöntem, 1986 yılında Richard Magoon tarafından patentlenmiştir (Shende ve Datta 2018).

Kırınım pencereci kurutma sisteminde ısı enerjisi, bant altında sirküle ettirilen 80-90°C sıcaklıktaki sudan özel bir bant üzerine yayılmış materyale aktarılır ve sıcak sudan bant boyunca geçen kızılötesi radyasyonun gıdaya ulaşmasına izin veren bir "pencere" oluşturduğu ileri sürülür. Ürünün içerisindeki su aldığı enerji ile buharlaşmaya başlayıp ürün nemini kaybederken, "pencere" yavaş yavaş kapanır gıda içerisindeki su bu şekilde uzaklaştırılıp toz veya kuru ürün elde edilir. Kurumanın son aşamalarına doğru gıdanın nemi azaldıkça ısı transferi yavaşlar ve bu durum üründe kalite kaybının en düşük düzeyde tutulmasına olanak sağlamaktadır (Nindo ve Tang 2007; Topuz vd. 2009). Günümüzde yumurta karışımı, dilim halinde meyve ve sebze, çeşitli meyve ve sebze püreleri ve bitkisel ekstraktlar gibi ürünlerin kurutulmasında kırınım pencereci kurutma sistemi birçok avantaja sahip olduğu için sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır (Bernaert vd. 2018).

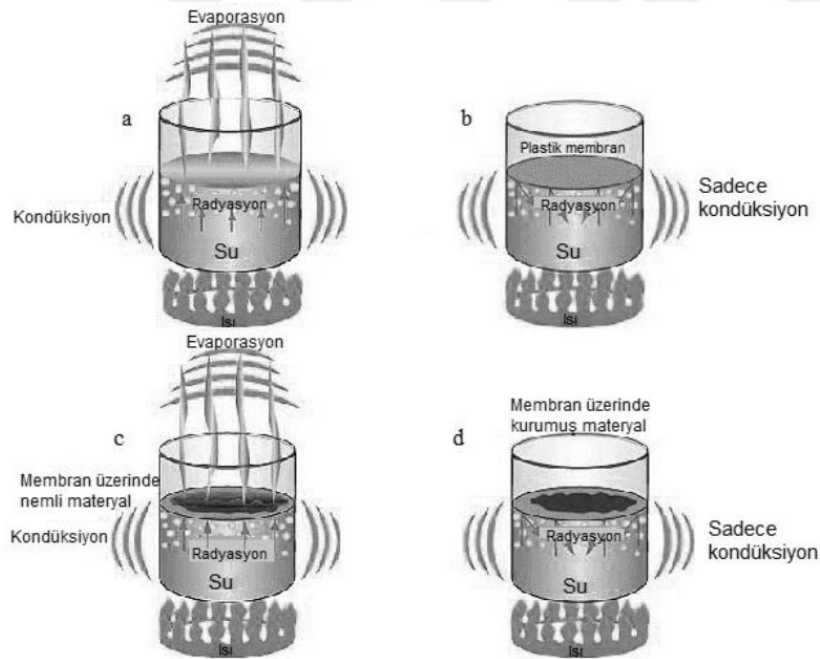
Kırınım pencereci kurutma yönteminin çeşitli avantajları bulunmaktadır. Kurutma süresinin kısa olması, bu sayede de materyal içinde bulunan hassas bileşenlerin kaybının düşük seviyede tutulması sistemin en önemli avantajlarından biridir. Son ürün renginin taze ürüne oldukça yakın olması, çapraz kontaminasyon riskinin düşük olması, kurulum ve işletme maliyetlerinin düşük olması da kırınım pencereci kurutma sisteminin avantajları olarak sayılabilmektedir (Nindo ve Tang 2007). Kapasitesinin düşük olması ve şekerli ürünlerin kurumasında yapışma sorunu ise kırınım pencereci kurutma sisteminin dezavantajları olarak sayılabilmektedir (Moses vd. 2014).

Kırınım pencereci kurutma yönteminin diğer kurutma yöntemlerine kıyasla bazı olumlu yönleri bulunmaktadır. Örneğin maliyet açısından dondurarak kurutma işlemine göre %50 daha az maliyetli olduğu ve enerji tüketiminin %50 daha az olduğu bildirilmiştir. Enerji verimliliği ise dondurarak kurutucuya göre yaklaşık 40 kat, püskürterek kurutucuya göre ise yaklaşık 3 kat daha fazladır (Bernaert vd. 2018; Nindo ve Tang 2007).

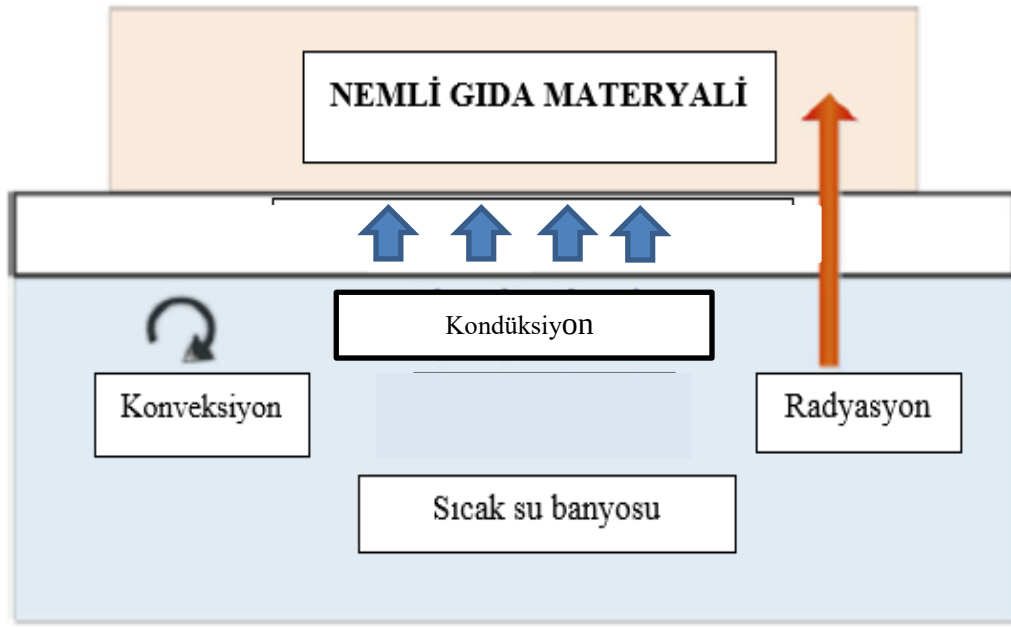
Çizelge 2.2. Farklı kurutma yöntemlerinin enerji gereksinimi, buharlaştırma kapasitesi ve termal verimlilik açısından karşılaştırılması (Shende ve Datta 2018)

Kurutma yöntemi	Enerji gereksinimi (kW)	Buharlaştırma kapasitesi ($\text{KgH}_2\text{Osa}^{-1}\text{m}^{-2}$)	Termal verimlilik (%)
Sıcak hava kurutma	20-35	0.3-1.8	35-40
Püskürterek kurutma	11-13	1-30	20-51
Vakum kurutma	2.11-4.41	6-20	35-78
Dondurarak kurutma	130.65	0.0027-0.0037	30-32
Kırınım pencereli kurutma (Pilot ölçekli)	11.5-13.8	4-8	52-72
Kırınım pencereli kurutma (Laboratuvar ölçekli)	15.81-17.54	3.1-4.6	33.3-53.2

Şekil 2.9 ve 2.10' da ısı aktarım mekanizmasının gösterildiği kırınım pencereli kurutma sisteminde kurutma süresini etkileyen en önemli parametreler; materyalin kimyasal yapısı, serme kalınlığı ile kurutma sıcaklığıdır. Serme kalınlığı arttıkça kuruma süresi uzamakta ve bu durum bileşenlerin kaybının artmasına neden olmaktadır (Abonyi vd. 1999; Caparino vd. 2013; Baeghbali vd. 2016).



Şekil 2.9. Kırınım pencereli kurutma sisteminin ısı aktarım mekanizması (Tontul 2017)



Şekil 2.10. Kırınım pencereli kurutma sistemi ısı transferi mekanizması (Ortiz-Jerez vd. 2015)

Kırınım pencereli kurutma sistemi nispeten yeni bir kurutma yöntemi olduğu için bu uygulama ile yapılan çalışma sayısı kısıtlıdır. Gerçekleştirilen çalışmalar genellikle meyve sebze pürelerinin veya dilimlerinin kurutulmasına yönelik olup literatürde kırınım pencereli kurutma yöntemi kullanılan bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Havuç dilimleri ile yapılan bir çalışmada dilimler 2 ve 4 mm kalınlığında serilmiştir. Havuç dilimleri 74 ve 94°C sıcaklıklarda sıcak hava kurutma ve kırınım pencereli kurutma sisteminde kurutulmuş, kurutma yöntemlerinin kuru ürünlerdeki fizikokimyasal etkileri incelenmiştir. Sıcak hava kurutma işleminin kırınım pencereli kurutma işleminden daha uzun sürdüğü ve kırınım pencereli kurutma sisteminde ürünlerin kuruma süresinin %21-51 oranında kısaldığı bildirilmiştir. Toplam fenolik madde, renk ve antioksidan aktivite açısından kırınım pencereli kurutma sisteminde kurutulan havuç dilimleri ile taze havuç dilimleri arasında kurumadde bazlı bir karşılaştırma yapıldığında ürünler arasında istatistiksel açıdan bir fark olmadığı rapor edilmiştir. Kuru ürünlerin, tekstürel özellikleri açısından kurutma yöntemleri arasında bir farklılık olmadığı belirtilmiştir (Hernández-Santos vd 2016).

Kırmızıbiberler ile yapılan bir çalışmada kırınım pencereli kurutma ve dondurarak kurutma yöntemlerinin biberlerin renkleri üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışma sonunda kırınım pencereli kurutma sistemindeki renk kayıplarının dondurarak kurutma sisteminde üretilen örneklere göre daha az olduğu belirlenmiştir (Topuz vd. 2009).

Sıcak hava akımında kurutma, fırında kurutma, doğal konveksiyonla kurutma ve kırınım pencereli kurutma sisteminde kurutulmuş keçiyoynuzu dilimlerinin fizikokimyasal özellikleri açısından farklılıkları analiz edilmiş ve kırınım pencereli

kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin fizikokimyasal özellikler bakımından çalışmada kullanılan diğer kurutma yöntemlerine göre daha iyi sonuçlar vermiştir (El-Safy 2014).

Kırınım pencereli ve tepsili kurutma sistemlerinde 62°C’de 1 ve 2 mm kalınlığında kurutulan mango dilimlerinin su aktiviteleri ve renk değişimlerinin kıyaslandığı bir çalışmada; kurutma sürelerinin kırınım pencereli kurutma sisteminde 1 saat, tepsili kurutucuda 2 saat olduğu rapor edilmiştir. Renk değişimlerinin ise her iki yöntemde de benzer olduğu bulunmuştur (Ochoa-Martinez vd. 2012).

Farklı kalınlıklardaki kivi dilimlerinin 80-90-100°C sıcaklıklarda sıcak hava ve kırınım pencereli kurutma sistemlerinde kurutulduğu bir çalışmada, elde edilen ürünlerin esmerleşme dereceleri, renk ve duysal özellikleri belirlenmiştir. Denemeler 0.8, 1.6 ve 2.4 mm dilim kalınlığında yürütülmüştür. Kurutma işlemleri sonucunda her iki sistemde de 2.4 mm kalınlıkta ve 100°C sıcaklıkta kurutulan örneklerin en yüksek kuruma süresine sahip olduğu (yaklaşık 140 dakika) belirtilmiştir. Kırınım pencereli kurutma sisteminde kurutulan örneklerin esmerleşme derecelerinin daha düşük olduğu, renk ve kalite özelliklerinin sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan örneklere kıyasla daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Jafari vd. 2016).

Konu ile ilgili yapılan bir başka çalışmada ise sarı, kırmızı ve mor patateslerin donuk, tambur ve kırınım pencereli kurutma sistemlerinde kurutulması ile biyoaktif bileşenlerin degradasyonu üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda toplam fenolik madde miktarı ile ürünlerin renginin ve kurutma yönteminin istatistiksel açıdan bir önemi olmadığı bulunmuştur. Ancak antosiyanin kaybının en yüksek tambur kurutucuda kurutulan ürünlerde olduğu tespit edilmiş olup, patates dilimlerinin kırınım pencereli kurutma sisteminde kurutulmasının daha uygun olacağı önerilmiştir (Kaspar vd. 2012).

Kırınım pencereli kurutma sisteminde balkabağı kurutulmasına ilişkin yapılan bir çalışmada, ürünün mikrobiyal yükünde 5 dk kurutma süresince toplam aerobik bakteri, koliform, *Escherichia coli* ve *Listeria innocua* sayıslarında sırasıyla 4.6, 6.1, 6.0 ve 5.5 log azalma olduğu bildirilmiştir (Nindo vd. 2003a).

Domates tozu elde etmek için suda çözünür kuru madde içeriği 4.8-5.2 olan domates püreleri 2 ve 3 mm serilerek kırınım pencereli kurutma sisteminde farklı sıcaklıklarda kurutulmuştur. En kısa kuruma süresi en yüksek kurutma sıcaklığı olan 95 °C’de ve en düşük serme kalınlığı olan 2mm’de 17 dakika olarak bulunmuştur. Elde edilen kurumuş ürünlerin renk değişimleri izlenmiş ve kurutma sıcaklığı azaldıkça toz ürünlerin renk değişiminin de azaldığı bulgulanmıştır. Bu bilgiler ışığında domates tozu üretmek için kırınım pencereli kurutma sisteminin alternatif bir teknoloji olduğu belirtilmiştir (Castoldi vd. 2015).

Dondurarak, püskürterek, tambur ve kırınım pencereli kurutma sisteminin havuç ve çilek tozlarının fizikokimyasal özellikleri üzerine etkilerinin belirlendiği bir çalışmada; ürünlerin toplam karoten içeriklerinin kırınım pencereli ve donuk kurutma sistemlerinde benzer olduğu ve toplam kaybın %10’un altında kaldığı belirlenmiştir (Abonyi vd. 2002).

Nar suyu konsantresinin (64Briks) donuk, püskürterek ve kırınım pencereli kurutma sistemlerinde kurutulup, önemli fizikokimyasal özellikleri incelenmiş ve toz

ürünlerin renk özelliklerinin en iyi donuk kurutucuda kurutulan örneklerle ait olduğu belirlenmiştir. Donuk kurutucuya en yakın renk özelliklerinin kırım pencere kurutma sisteminde kurutulan örneklerle ait olduğu vurgulanmıştır. En yüksek antioksidan aktivite değerinin ve en düşük antosiyanin kaybının kırım pencere kurutma sisteminde kurutulan örneklerle ait olduğu belirtilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada kurutma sistemlerinin enerji etkinlikleri de değerlendirilmiş olup en iyi sonucun kırım pencere kurutma sistemine ait olduğu belirlenmiştir (Baeghbalı vd. 2016).

Zotarelli vd. (2015) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, kırım pencere kurutma sisteminde nemli üründen suyu buharlaştırma hızının farklı ürün kalınlıkları, sıcaklık ve bant tipine göre değişimi incelenmiştir. Mango püresi ile yapılan bu çalışmada, sıcaklık 75, 85, 95 °C, ürün serme kalınlığı 2,3 ve 5 mm, bant tipi transparan ve siyah olarak denenmiştir. Kullanılan siyah filmin ürünlere sistemden iletilen radyasyon enerjisini kısıtladığı ve en düşük buharlaştırma yeteneğine sahip olduğu rapor edilmiştir. Transparan bantta 95°C sıcaklıkta 2 mm serilen örneklerin en hızlı şekilde kuruduğu ve bu parametrelerde sistemin buharlaştırma kapasitesinin en yüksek olduğu (10 kg/m²sa) belirtilmiştir.

Kırım pencere kurutma sisteminde papaya püresinin kurutma kinetiğinin gerçekleştirildiği bir çalışmada, ürünler aynı sıcaklık derecesinde kurutucuya 2, 3 ve 4 mm serilmiştir. Belirli periyotlarla alınan örneklerin su aktivitesi değerleri ölçülmüş, kurutma verilerinin Midilli model ile uyumlu olduğu rapor edilmiştir (Ocoro-Zamora ve Ayala-Aponte 2013).

Kırmızı meyveler ile (Kızılcık, yaban mersini, vişne, çilek) yapılan bir çalışmada ürünler püre haline getirilmiş, akışkan yataklı, donuk, sıcak hava ve kırım pencere kurutucularda kurutulmuştur. Elde edilen toz ürünlerin toplam fenolik, antosiyanin, flavonoid, C vitamini içerikleri belirlenmiştir. En yüksek askorbik asit içeriği kırım pencere kurutma sisteminde üretilen ürünlere ait olduğu saptanmıştır. Toplam fenolik, antosiyanin ve flavonoid içeriği bakımından en yüksek değerlerin donuk kurutucu ile elde edilen ürünlere ait olduğu, ancak donuk kurutucuya en yakın kalitede ürünlerin ise kırım pencere kurutma sisteminde üretilen ürünler olduğu rapor edilmiştir (Nemzer vd. 2018).

Kızılcık püresinin sıcak hava ve kırım pencere kurutma sistemlerinde kurutulduğu bir çalışmada, sıcak hava kurutma sistemi için kurutma sıcaklığı 50, 60, 70°C, kırım pencere kurutma sistemi için ise 90, 95, 98°C sıcaklıklar seçilmiştir. Elde edilen toz ürünlerin C vitamini, toplam monomerik antosiyanin, antioksidan aktivite ve HMF içerikleri belirlenmiştir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda en yüksek C vitamini, toplam monomerik antosiyanin içeriği ve antioksidan aktivite kırım pencere kurutma sisteminde üretilen ürünlerde belirlenmiştir. Ürünlerdeki en düşük HMF miktarı ise kırım pencere kurutma yöntemi ile elde ürünlerde tespit edilmiştir. Nitekim kızılcık püresi kurutma için en uygun yöntemin kırım pencere kurutma olduğu ve bu yöntemde kurutma sıcaklığının 90°C olarak seçilmesi gerektiği rapor edilmiştir (Tontul vd. 2018).

Pavan vd. (2012) açai suyunu dondurarak, kırım pencere ve sıcak hava kurutma yöntemleriyle kurutmuş ve elde edilen açai tozlarının depolama boyunca sorpsiyon izotermelerini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda tüm kurutuculardan elde edilen ürünlerin nem içeriğinin tek tabaka su içeriğinin altında olduğu ve açai tozlarının

sorpsiyon izotermelerinin Brunauer-Emmett-Teller (BET) and Guggenheim-Anderson-de-Boer (GAB) eşitliklerine uygun olduğu rapor edilmiştir.

Dondurarak, sıcak hava, doğal konveksiyonla ve kırımım pencereli kurutma yöntemleriyle kırmızıbiber pürelerindeki karotenoid ve kapsaisinoid içeriği belirlenmiş ve kurutma yöntemlerinin etkisi incelenmiştir. Elde edilen kuru biber tozlarının karotenoid içeriği (mutatoksantin dışında) ve A vitamini aktivitesinin (doğal konveksiyonla kurutulan ürünler haricinde) tüm ürünlerde benzer oranda azaldığı tespit edilmiştir. Devam eden doğal sentez nedeniyle doğal konveksiyonla kurutma ile kurutulan kırmızıbiberlerin karotenoid içeriği püreden bile daha yüksek olduğu bu durumun nedeni olarak rapor edilmiştir (Topuz vd. 2011).

Geleneksel formülasyonla ve formülasyona çeşitli hidrokolloidler eklenerek üretilen nar pestilleri 50,60 ve 70°C de sıcak hava kurutma sisteminde; 90 ve 180 W mikrodalga desteği ile sıcak hava kurutma sisteminde ve 90,95 ve 98°C’de kırımım pencereli kurutma sisteminde kurutulmuş ve ürünlerin önemli bazı fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Mikrodalga destekli sıcak hava kurutma sisteminde üretilen pestillerin fenolik madde içeriklerinin diğer kurutma yöntemleri ile üretilen pestillere göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Ancak son ürünlerinin askorbik asit ve antosiyanin içeriklerinin kırımım pencereli kurutma yönteminde üretilen pestillerde daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Isıya maruz kalan ürünlerde oluşan 5-hidroksimetilfurfural (HMF) içeriğinin ise kırımım pencereli kurutma sisteminde üretilen nar pestillerinde diğer kurutucularda üretilen ürünlere göre daha az olduğu belirlenmiştir (Tontul ve Topuz 2017).

Safranın sıcak havada ve kırımım pencereli kurutma sisteminde kurutularak safrana özgü renk bileşenlerinin değişiminin karşılaştırıldığı bir çalışmada, 70, 80°C sıcaklıklar kuruma sıcaklığı olarak belirlenmiştir. Safran kalitesi için önemli bileşenler olan krosin ve safranal miktarının kırımım pencereli kurutma sisteminde daha iyi korunduğu rapor edilmiştir. Dolayısı ile daha kaliteli safran tozu elde etmek için sıcak hava kurutma yöntemi yerine kırımım pencereli kurutma sisteminin kullanılabileceği bildirilmiştir (Aghaei vd. 2018).

Nohut unundan elde edilen protein izolatlarının dondurarak kurutma ve kırımım pencereli kurutma sistemlerinde kurutularak elde edilen ürünlerin bazı fizikokimyasal özellikleri karşılaştırılmıştır. Dondurarak kurutucudan elde edilen toz protein izolatlarının çözünürlük, yağ tutma kapasitesi ve köpük stabilitesinin daha iyi sonuç verdiği, ancak örneklerin en iyi emülsiyon stabilitesinin kırımım pencereli kurutma sisteminde üretilen örneklerle ait olduğu rapor edilmiştir (Tontul vd. 2018).

Tontul vd. (2018), yoğurt tozu üretmek amacıyla dondurarak kurutucu ve kırımım pencereli kurutma sistemini kullanmışlardır. Kırımım pencereli kurutma sisteminde kurutma sıcaklıklarını 50,60 ve 70°C olarak belirlemişlerdir. Kırımım pencereli kurutma sisteminde üretilen yoğurt tozlarının renk özellikleri hariç diğer fiziksel özellikleri dondurarak kurutucuda üretilen yoğurt tozlarından daha iyi bulunmuştur. Çalışma sonucunda, 50°C’de üretilen yoğurt tozlarında yoğurt bakterilerinin daha fazla miktarda bulunduğu belirlenmiştir.

Kırınım pencereli kurutma sistemiyle et dilimlerinin kurutulduğu bir çalışmada, 2 ve 3 mm kalınlığındaki etler için sıcaklıklar 80 ve 100°C sıcaklıklarda kurutulmuştur. Elde edilen ürünlerin fiziksel, mikrobiyolojik ve duyu özellikleri analizi edilmiş, renk özelliklerinin en iyi 80°C sıcaklıkta ve 2 mm kalınlıkta üretilen örneklerle karşılaştırılmıştır. Duyusal özellikler açısından en beğenilen örneğin 100°C sıcaklık ve 2 mm kalınlıkta üretilen örnekler olduğu da çalışmada belirtilen bir başka sonuçtur. Mikrobiyolojik açıdan incelendiğinde ise en düşük aerobik bakteri sayısının 100°C ve 2 mm kalınlıkta üretilen örneklerle karşılaştırıldığı rapor edilmiştir (Rostami vd. 2018).

Farklı kalınlıktaki balık dilimlerinin kırınım pencereli kurutma sisteminde kurutulduğu ve kalite özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, ürünlerin serme kalınlığı azaldıkça kuruma süresinin azaldığı ve protein degradasyonunun yavaşladığı belirlenmiştir. Ayrıca elde edilen kuru dilimlerin kalite özelliklerinin önemli düzeyde korunduğu rapor edilmiştir (Land ve Raes 2019).

Cadwallader vd. (2010) yaptıkları bir çalışmada portakal kabuk yağının mikroenkapsülasyonu için püskürterek kurutma ve kırınım pencereli kurutma yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Kırınım pencereli kurutma sistemi yüzey yağ miktarını azaltmış ve portakal kabuk yağının yağ korunumunu arttırmıştır. Ancak kırınım pencereli kurutma sisteminde üretilen ürünlerdeki oktanal, limonen oksit ve linalool bileşenlerindeki kayıpların, püskürterek kurutma sistemi ile üretilen örneklerle karşılaştırıldığında daha yüksek belirlenmiştir.

Kırınım pencereli kurutma sisteminde *Lactobacillus fermentum* K73 mikroorganizmasının enkapsülasyonu ile mikroorganizmanın aktivasyonu için yapılan kurutma kinetiği çalışmada, 60, 70 ve 80°C sıcaklıklarda denenmiştir. Denenen tüm sıcaklıklarda yapılan kurutmalar sonucu mikroorganizma başarılı bir şekilde enkapsüle edilmiştir. Kırınım pencereli kurutma sisteminin en uygun işlem koşulları 80°C ve 41 dakika olarak belirlendiği rapor edilmiştir (Aragón-Rojas vd. 2019).

2.3.3. Köpük kurutma

Köpük kurutma, gıdaların sıvı formalarının çeşitli köpük yapıcı ajanlar ile stabil köpüklü bir yapıya dönüştürüldüğü ve daha sonra kurutma işleminin gerçekleştirildiği bir yöntemdir. Bu yöntem; kuruma süresini kısaltıp gıda bileşenlerinin sıcak havaya daha az maruz kalarak kurumasına olanak sağlamaktadır. Başarılı bir köpük kurutma prosesinin ilk şartı kararlı köpük oluşumudur. Bu köpük yapısının oluşmasında zamlar, proteinler ve çeşitli emülgatörler köpük yapma ajanı olarak kullanılmaktadır. Köpük kurutma yöntemlerinde içerisine belli bir oranda köpük yapıcı ajan eklenmiş gıda materyali blender ve özel olarak tasarlanmış çırpıcı cihazlarda stabil köpük yapısı elde edilene kadar çırpılmaktadır. Elde edilen köpük formu kurutucuya ince tabaka halinde serilmekte ve diğer kurutma yöntemleri gibi belli bir nem içeriğine kadar kurutulmaktadır (Brygidyr vd. 1977; Venkatachalam vd. 2014).

Köpük kurutma işlemi hem kütle hem de ısı transferinin gerçekleştiği bir işlem olup; çeşitli gıda kurutma sistemlerinde de olduğu gibi ısı iletiminin konveksiyon, iletim ve radyasyon yoluyla gerçekleştirildiği gıda kurutma metodudur (Venkatachalam vd. 2014; Varhan ve Koç 2017). Gıdaların köpük formuna getirilip kurutulması işleminde

kuruma süresinin kısa olmasının temel nedeni, oluşturulan köpüğün geniş bir yüzey alanına sahip olmasından dolayı suyun hızlı bir şekilde buharlaşmasıdır. Kuruma süresi kısaldığı için elde edilen kuruyan materyalde kimyasal, mikrobiyal ve biyokimyasal reaksiyonlar kısıtlanmakta ve ürününün kalitesi artmaktadır (Kadam vd. 2011). Yapılan çalışmalar gıdaların köpük formunda kurutulması ile elde edilen ürünlerin dondurarak kurutma işleminde elde edilen ürünlerle benzer kalitede olduğunu göstermiştir. Ayrıca köpük kurutma işleminde kurulum ve işletme maliyeti oldukça düşük olup vakumlu, dondurarak ve püskürterek kurutma yöntemine kıyasla daha düşük maliyetle toz ürünler elde edilebilmektedir (Kadam vd. 2010a; Cemeroğlu 2013).

Köpük kurutmanın temel mekanizması olan köpük oluşumu sürekli faz içerisinde gaz fazın dağılması ile oluşan kolloidal bir dispersiyondur (Sangamithra vd. 2015). Gıdalarda köpük oluşumu yüzey aktiflik ve ara film oluşturma özelliği ile ilgilidir. Gıdalar içine belirli oranlarda çeşitli sentetik polisakkaritler veya proteinler ilave edilerek bu ara yüzey oluşumu sağlanır ve köpüklenme meydana gelir. Köpük yapıcı ajanlar katı-sıvı veya sıvı-sıvı yüzeyler arasında yüzey gerilimini düşüren yüzey aktif materyallerdir (Hettiarachchy ve Ziegler 1994). Ara yüzey oluşumunu sağlayıp yüzey gerilimini düşüren ve hücresel yapıyı sağlayıp köpük stabilitesini oluşturan köpük yapıcı ajanların havayı absorblama yetenekleri farklılık göstermektedir (Kuzielova vd. 2016). Gıdalarda köpük oluşumunu etkileyen faktörler; köpük ajanının cinsi ve konsantrasyonu, gıdanın bileşenleri, köpük yapma süresi ve karıştırma hızıdır (Çınar ve Erafşar 2018). Köpük yapısının olmasını sağlamak için yumurta albümini, peyniraltı suyu proteini, soya proteini, çeşitli gamlar, karboksimetil selüloz, maltodekstrin, gliserol mono stearat gibi birçok ajanlar köpürtme ajanı kullanılmaktadır.

Köpürtme ajanı olarak kullanılan proteinler çırpma işlemi esnasında hava kabarcıklarının etkisi ile hidrofobik yapıdaki küçük molekülleri meydana getirmektedir. Oluşturulan bu moleküller karışımın yüzey gerilimini düşürerek hava kabarcıkları ile ara yüzey oluşumunu sağlamaktadır (Panesar 2013). Ayrıca protein yapısındaki köpürtme ajanları hidrojen bağları ile birlikte hava kabarcıklarının yapısını daha stabil hale getirmektedir (Kuzielova vd. 2016). Literatürde köpük kurutma ile ilgili yapılan bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Limon suyunun köpük kurutma yöntemi ile kurutulması ile ilgili yapılan bir çalışmada; köpürtme ajanı olarak %2 (w/v) yumurta beyazı proteini ovalbümin ile birlikte %1,5 (w/v) metil selüloz kullanılmıştır. Köpük formu elde etmek için 3 dakika boyunca elektrikli mikserde çırpma işlemi uygulanmıştır. Elde edilen karışım sıcak hava da 50, 60 ve 70°C’de kurutulmuştur. Kurutma sıcaklığındaki artış ile toz ürünlerin akışkanlığının, renk açısının ve esmerleşme derecesinin arttığı bildirilmiştir (Dehghannya vd. 2019).

Yabanmersini tozu üretmek için püskürterek ve dondurarak kurutma yöntemleriyle köpük kurutma uygulanmış bir çalışmada; köpürtme ajanı olarak maltodekstrin ve peyniraltı suyu protein izolatu kullanılmıştır. Maltodekstrin ve peyniraltı suyu proteini kullanım oranları %0,4-3,2 aralığında belirlenmiştir. En yüksek köpük stabilitesi maltodekstrin ve peyniraltı suyu proteininin kullanım oranları %0,4-1-1,6 olan karışımlarda elde edilmiştir. Dondurarak ve püskürterek kurutulan örnekler renk, çözünürlük ve verim açısından karşılaştırılmıştır. Dondurarak kurutucudan elde edilen ürünlerin renkleri mor, püskürterek kurutulan ürünlerin renkleri kırmızıya dönük olarak ölçülmüştür. Dondurarak kurutma sonrası ürün verimi püskürterek kurutma sonrası ürün

veriminden daha yüksek bulunmuştur. Her iki kurutucudan elde edilen ürünlerin çözünürlük değerlerinin ise %95'ten yüksek olduğu bildirilmiştir. Yabanmersini tozu üretiminde köpük kurutma yönteminin dondurarak kurutma yöntemi ile beraber kullanımının püskürterek kurutma yöntemi ile beraber kullanımına göre daha avantajlı olduğu bildirilmiştir (Darniadi vd. 2018).

Ananas meyvesinin köpük kurutma yöntemi ile kurutulmasını ele alan çalışmada; farklı briks değerlerindeki (8, 10 ve 12) ananas püreleri, köpürtme ajanı olarak yumurta albümininin farklı konsantrasyonları (%5, 10 ve 15) kullanılarak köpük yapısına getirilmiştir. Kurutma işlemi 60, 70 ve 80°C sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre %7.5 yumurta albümini kullanılarak köpüklü yapıya getirilen 12 °Briks değerine sahip ananas pürelerinin 60°C'lik kurutma sıcaklığında kurutulduktan sonra elde edilen ürünlerde daha iyi lezzet ve en yüksek besin kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir (Kannan ve Monisha 2018).

Mangonun köpük kurutulmasında köpük yapıcı ajan olarak soya lesitini (0-1.5 g/100 g) ve karboksimetilselüloz kullanılmıştır. Sıcak hava kurutma yöntemiyle gerçekleştirilen bu çalışmada kurutma 53-87°C sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir. Kurutulan ürünlerde köpürtme ajanı olarak sadece lesitin kullanıldığı ve sıcaklığın yüksek olduğu uygulamaların mangoların fenolik madde içeriklerini ve antioksidan kapasitelerini olumsuz yönde etkilediği bildirilmiştir. Ayrıca çalışma sonunda 80°C kurutma sıcaklığı ve 0.30 g/100 g karboksimetilselüloz ve lesitin konsantrasyonunun, mango tozunun fenolik bileşiklerinin ve antioksidan kapasitesinin en yüksek olduğu koşullardır. (Lobo vd. 2017).

Karboksimetil selüloz ve soya protein izolatu konsantrasyonlarının kavun püresinin köpürme özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, köpürtme işlemini optimize etmek için Box-Behnken deneme deseni kullanılmıştır. Köpürtme işlemi için optimum şartların %8.71 soya protein izolatu ve %0.54 karboksimetil selüloz konsantrasyonu ile 5.7 dakikalık çırpma süresi olduğu tespit edilmiştir. Optimum şartlarda köpürtülmüş kavun püresi 50, 60 ve 70°C'de sıcak hava kurutma sisteminde kurutulmuş ve kuruma hızının 70°C'de en yüksek olduğu belirlenmiştir (Asokapandian vd. 2016).

Muz dilimlerinin püre haline getirilip köpürtme ajanı olarak gliseril monostearatın farklı oranlarda kullanılmış ve elde edilen köpük formu sıcak havada 60-70-80°C sıcaklıklarda kurutulmuştur. Duyusal olarak taze muz meyvesine daha yakın olduğu için en iyi sonucun 60°C'de sıcak hava ile kurutma işleminde elde dildiği bildirilmiştir (Falade ve Okocha 2012).

Börülce pürelerinin köpük kurutma yöntemi ile kurutulmasında köpük yapıcı ajan olarak gliseril monostearat ve yumurta albümininin kullanılmış, köpük yapıcı ajanların oranları %2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5 ve 15 pürelerin çırpılma süreleri ise 3, 6, 9, 12, 15, 18 ve 21 dakika olarak seçilmiştir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda köpük stabilitesi 9 ve 21 dakikalık çırpılma sürelerinde en az bulunmuştur. Kurutulan örneklerde ve taze üründe duyusal özellikler açısından istatistiksel bir fark bulunmadığı rapor edilmiştir (Falade et al. 2003).

Kurutma sıcaklığının ve köpürtme ajanı olarak kullanılan yumurta albümini konsantrasyonlarının köpük kurutma yöntemi kullanılarak üretilen domates tozları üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada yumurta albümini %0, 5, 10, 15 ve 20'lik oranları kullanılmıştır. Köpük formdaki domates suları 2.5 mm kalınlığında tepsilere yayılmış ve 60, 65 ve 70°C sıcaklıklarda kurumaya bırakılmıştır. Köpük oluşumunun kararlı bir hal alması için %10 yumurta albümini konsantrasyonu ve 5 dakikalık çırpılma süresinin optimum koşullar olduğu bulunmuştur. Köpük yapıcı ajan konsantrasyonunun %15'e kadar artması kuruma işlemini hızlandırmış daha yüksek konsantrasyonlar ise kuruma işleminin etkinliğini azaltmıştır. Çalışma sonunda köpük formdaki domates pürelerinin kuruma süreleri 60 °C'de 510, 70 °C'de 450 dakika olarak rapor edilmiştir (Kadam ve Balasubramanian 2011).

Mikrodalga destekli kurutma sisteminde Frenk üzümü suyunun köpük kurutulması ile ilgili bir optimizasyon çalışmasında; mikrodalga gücünün artması ve serilen pulp kalınlığının azalması ile ürünlerin C vitamini ve antosiyanin içeriklerinin olumlu yönde değişiklik gösterdiği bildirilmiştir. Köpük yapıcı ajan olarak %3 gliserin monostearat ve %1.5 soya protein izolatu kullanılmıştır. Yapılan optimizasyon çalışmasında 560 Watt mikrodalga gücü, 65 g pulp miktarı ve 4.46 mm pulp kalınlığının optimum koşullar olduğu belirlenmiştir. Optimum koşullarda yapılan kurutmada kuruma süresinin 8 dakikaya kadar indiği rapor edilmiştir (Zheng vd. 2011).

Çizelge 2.3. Literatürde kullanılan bazı köpük kurutma koşulları

Ürün	Köpürtme ajanı (w/w)	Çırpma koşulları	Kurutma koşulları	Kaynak
Yıldız meyvesi	%0.1-0.5 Methosel 65 HG	4 dakika	Sıcak hava kurutma 70-90°C	Karim ve Wai 1999
Domates	%0-20 YA	5 dakika 1400 rpm	Sıcak hava kurutma 65-70°C	Kadam ve Balasubramanian 2011
Mango	%5-15YA %0.5 MS	-	Sıcak hava kurutma 60-75°C	Rajkumar vd. 2007
Papaya	%5-20 YA %0-1 MS %1-4 GMS	10-15 dakika	Sıcak hava kurutma 60-70°C	Kandasamy vd. 2014
Elma	%0-1.5 Jelatin	3-9 dakika 2300 rpm	Sıcak hava kurutma 60°C	Valenzuela ve Aguilera 2013
Yoğurt	%0.5-2 MS %1-4 YA	12 dakika	Sıcak hava kurutma 50-70°C	Krasaekoopt ve Bhatia 2012
Mandalina	%0-2 YA %0-1 KMS	-	Sıcak hava kurutma 65-85°C	Kadam vd. 2011
Elma	%3 YA %1 MS	-	Dondurarak kurutma	Raharitsifa ve Ratti 2010a

(YA: Yumurta albümini, KMS: Karboksimetil selüloz, GMS: Gliserol monostearat, MS: Metil selüloz)

2.3.4. Portakal kurutma üzerine yapılmış çalışmalar

Portakal meyvesinden çeşitli sektörlerde farklı biçimlerde yararlanılır. Marmelat ve reçel üretiminin yanı sıra meyvenin iç kısmı meyve suyu sanayisinde, kabuk yağları genellikle kozmetik sanayinde, kabuk kısmı ise kurutularak gıda sanayisinde çeşitli amaçlarla kullanılır. Portakal meyvesinin iç kısmı son zamanlarda dilimlenerek ‘kuru meyve’ olarak kullanılmaya başlanmıştır. Acılığı giderilmiş portakal kabuğunun kendisi genellikle şekerleme olarak, toz formu ise bitki çayı, kek ve toz tatlılarda kullanılır. Pastacılık ve fırıncılık sektöründe, dondurma üretiminde ve gıda endüstrisinin çeşitli kollarında kullanılan portakal tozları, işlenecek veya üretilecek gıdaya renk, koku, tat ve aroma vermek amacıyla kullanılmaktadır. Bu amaç doğrultusunda şekil 2.10’da da çeşitli formlarının gösterildiği portakal tozu veya dilim kuru portakalları kullanımı son dönemlerde oldukça popüler hale gelmiştir. Ayrıca sanayide işleme sonrası açığa çıkan,

atık olarak elde edilen portakal kabuklarını değerlendirmek için ticari olarak kıvam artırıcı olan pektin maddesi üretiminde hammadde olarak kullanılmaktadır.



Şekil 2.11. Kuru portakal çeşitleri (Anonim 10; Anonim 11)

Literatürde portakal içerikli ürünlerin üretilmesi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla çok sayıda çalışma yapıldığı belirlenmiştir. Söz konusu bu çalışmalar genellikle meyve ve/veya kabuk kurutma, kurutma sırasında meydana gelen kalite özelliklerinin incelenmesi, portakal esansiyel yağ ve aroma profili konularında yoğunlaşmıştır. Literatürde yer alan portakal konulu bilimsel çalışmaların bazıları aşağıda özetlenmiştir:

Portakal suyunda püskürterek kurutma optimizasyonunun araştırıldığı bir çalışmada; %65 konsantrasyondaki portakal suları çeşitli sıcaklık ve besleme hızlarında püskürterek kurutulmuştur. Optimum noktalar 15 ml/dakika akış hızı, 130°C hava giriş sıcaklığı ve 85°C hava çıkış sıcaklığı olarak bulunmuştur (Chegini ve Ghobadian 2007).

Portakal dilimlerinin mikrodalga destekli sıcak hava kurutma sistemde kurutulup doğrudan kuru portakal dilimleri üretilmesi ile ilgili bir çalışmada hava hızı 2 m/s, hava sıcaklığı 60°C, mikrodalga gücü ise 0, 0.17, 0.36, 0.69 ve 0.88 W/g olacak şekilde mikrodalga destekli kurutma denemeleri yapılmıştır. Bu denemeler sonucunda mikrodalga desteği arttıkça portakal dilimlerinin kuruma hızının arttığı ve kalite özelliklerinin yükseldiği rapor edilmiştir (Dıaz vd. 2003).

Konu ile ilgili yapılmış diğer bir çalışmada portakal kabukları ve meyve püresinin sıcak hava kurutma sisteminde 30 ve 90°C arasında çeşitli sıcaklıklarda kurutulmuş ve elde edilen son ürünlerde bazı fizikokimyasal analizler yürütülmüştür. Diyet lif ve antioksidan aktivite analizleri sonuçlarına göre 40 ve 70 °C arasındaki kurutma sıcaklıklarında ürünlerin kalite özelliklerinin etkilenmeyip, taze ürüne en yakın kalitede ürünler elde edildiği bildirilmiştir (Garau vd. 2007).

Ultrason uygulamasının portakal kabuğunun sıcak hava da kurutulması üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada 1 m/s hava hızı ile 40°C kurutma sıcaklığı

kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre ultrason uygulamasının kurutulmuş kabukların rengini önemli ölçüde iyileştirdiği, kütle transferini hızlandırıp, kuruma süresini kısalttığını rapor edilmiştir (Garcia-Perez vd. 2012).

Brennan vd. (1971) portakal tozu elde etmek amacıyla portakal konsantresine taşıyıcı materyal olarak sodyum karboksimetil selüloz, gam arabik ve sıvı glikoz ilave edip farklı şartlarda püskürterek kurutucuda kurutmuşlardır. Sıvı glikoz içeren portakal konsantresinin kurutulmasından elde edilen portakal tozlarının en iyi toz akış gösterdiği ve kurutma sıcaklığındaki artış ile rengin olumsuz etkilendiği, tozların çözünürlüğünün azaldığı rapor edilmiştir.

Portakal kabuklarının sıcak hava kurutma ile kurutma kinetiğinin yapıldığı bir çalışmada, kurutma sıcaklıkları 40, 50, 60 ve 70 °C, hava hızları 0.6, 1.0 ve 1.4 m/s olarak belirlenmiştir. Kurutmanın matematiksel modellenmesinde nem değerleri kullanılmış ve en uygun modelin Arrhenius eşitliği ile ifade edildiği rapor edilmiştir (Rosa vd. 2015).

Yanıt yüzey metodu ile optimizasyon işleminin gerçekleştirildiği bir çalışmada, portakal kabukları sıcak hava kurutma yöntemi ile 35, 55°C sıcaklık ve 2, 3 m/s hava hızında kurutulmuştur. Elde edilen ürünlerin sertlik dereceleri ölçülmüş ve en sıkı yapıdaki ürünün elde edildiği parametreler optimum noktalar olarak belirlenmiştir. Kurutma sıcaklığının 52.3°C sıcaklık ve hava hızının 2 m/s olduğu noktanın optimum nokta olduğu rapor edilmiştir (Manjarres-Pinzon vd. 2013).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Araştırmada kullanılan portakallar (*Citrus Valencia* L.) Antalya'nın Serik ilçesinde bulunan yerel bir üreticiden temin edilmiştir. Bu kapsamda, aynı üretim ve hasat koşullarını temsil edecek şekilde hasat olgunluğuna sahip yaklaşık 50 kg portakal kullanılmıştır. Portakallar optimizasyon ve kurutma çalışmalarında kullanılmak üzere +4°C'de buzdolabında muhafaza edilmiştir. Köpük yapıcı ajan olarak kullanılan karboksimetil selüloz Sigma-Aldrich (Darmstadt, Almanya) firmasından, soya protein izolatı Alfasol (Kimbiotek Kimyaevi Mad. San. Ve Tic. A.Ş, İstanbul, Türkiye) firmasından, peyniraltı suyu proteini tozu Hardline (HardLine Nutrition, Kavi Gıda San. Ve Tic. Ltd. Şti. İstanbul, Türkiye) firmasından temin edilmiştir. Analizlerde kullanılan kimyasallar analitik saflıkta olup Sigma-Aldrich (Darmstadt, Almanya) ve Merck (Darmstadt, Almanya) firmalarından temin edilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Köpük yapıcı ajan kullanımının optimizasyonu

Optimizasyon işlemi Design Expert 7.1 (Stat-Ease Co., Mineapolis, ABD) paket programı ile yanıt yüzey metodu kullanılarak Box-Behnken deneme desenine göre gerçekleştirilmiştir. Karboksimetil selüloz, peyniraltı suyu proteini tozu ve soya protein izolatı köpük yapıcı ajan olarak kullanılmıştır. Köpük yapıcı ajanların oranı için literatürde köpük kurutma yöntemi için sıklıkla kullanılan alt ve üst sınırlar belirlenmiş ve bu sınırlar içinde optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Karboksimetil selüloz için %0-3, peyniraltı suyu proteini için %0-5, soya protein izolatı için ise %0-3 alt ve üst limitler olarak kararlaştırılmıştır.

Çizelge 3.1. Köpük yapıcı ajan kullanımı optimizasyonunda Box-Behnken deneme deseni

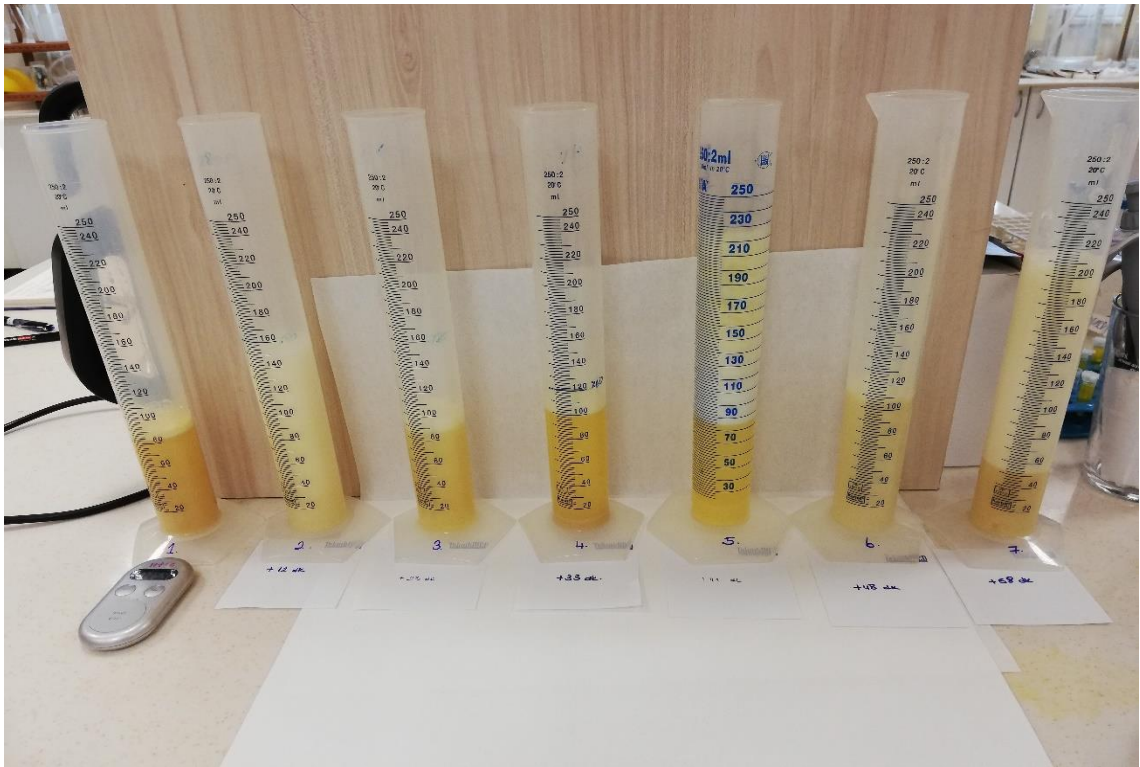
Desen	Karboksimetil selüloz (%)	Peyniraltı suyu proteini tozu (%)	Soya protein izolatı (%)
1	1.50	0.00	3.00
2	1.50	2.50	1.50
3	3.00	0.00	1.50
4	0.00	0.00	1.50
5	0.00	2.50	0.00
6	3.00	2.50	3.00
7	0.00	2.50	3.00
8	1.50	2.50	1.50
9	1.50	0.00	0.00
10	1.50	5.00	0.00
11	0.00	5.00	1.50
12	1.50	2.50	1.50
13	1.50	5.00	3.00
14	3.00	5.00	1.50
15	1.50	2.50	1.50
16	3.00	2.50	0.00
17	1.50	2.50	1.50

Ticari portakal sularının köpük formunu elde etmek için deneme deseninde verilen oranlar kullanılarak oda sıcaklığında 3 dakika yüksek hızda bir blender ile çırpılmıştır. Elde edilen köpük formları mezürlere aktarılıp 0. ve 60. dakikalardaki hacimleri kaydedilmiştir. Köpük stabilitesi Eşitlik 3.1 yardımı ile hesaplanmıştır (Kadam ve Balasubramanian 2011). Sıfırıncı dakikada ölçülen köpük oluşturma kapasiteleri ve hesaplanan köpük stabilitesi deneme desenine cevap olarak girilip, en uygun köpük yapıcı karışım köpük kurutma yöntemi için portakal pürelerine ilave edilmiştir.

$$\text{Köpük Stabilitesi (\%)} = 100 - (\text{BH} - \text{SH}) / \text{BH} * 100 \quad (\text{Eşitlik 3.1})$$

BH= Başlangıç köpük hacmi (mL)

SH=60 dakika sonraki köpük hacmi (mL)



Şekil 3.1. Köpük stabilitesi ölçümleri

3.2.2. Portakal pürelerinin hazırlanması

Kırınım pencereless ve sıcak hava kurutma sistemlerinde kurutulacak portakal pürelerinin hazırlanması için portakallar bütün halde yıkanmış, çekirdekleri çıkarılmıştır. Yıkanan portakallar parçalayıcı yardımıyla püre haline getirilmiştir. Köpük kurutma yöntemi ile kurutulacak pürelere optimum noktası belirlenmiş köpük yapıcı ajanlar belli oranlarda eklenmiş ve köpük formunun oluşması için püre ağırlığı kadar saf su ilave edilmiştir. Elde edilen karışım blender yardımı ile 3 dakika boyunca yüksek devirde çırpılmış ve köpük formunun oluşumu sağlanmıştır. Köpük formlarının toplam kuru madde içeriği 10 ± 0.03 olarak bulunmuş ve optimum kurutma parametreleri belirlenmiş kurutucularda serme kalınlığı ayarı yapılabilen serme aparatı ile serilerek kurutulmuştur.

Köpük yapıcı ajan ilavesiz kurutulacak olan örnekler aynı şekilde blender yardımıyla parçalanmış ve kuru madde içeriklerinin aynı olması için ağırlığının 0.5 katı kadar su ilave edilmiştir. Elde edilen form yine 3 dakika boyunca parçalayıcıda püre formuna getirilmiştir. Elde edilen köpüksüz formdaki portakal püreleri de optimum noktaları belirlenmiş kurutucularda kurutulmuştur.

3.2.3. Kırınım pencereli kurutma optimizasyonu

Literatürde portakal meyvesinin kırınım pencereli kurutma sisteminde köpük kurutma yöntemi ile kurutulmasına ilişkin herhangi bir çalışmaya rastlanılmadığından, kurutma parametrelerini belirlemek adına optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon işlemi Design Expert 7.1 (Stat-Ease Co., Mineapolis, ABD) paket programı ile yanıt yüzey metodu kullanılarak Merkezi Kompozit deneme desenine göre gerçekleştirilmiştir. Kurutma parametreleri kırınım pencereli kurutma sistemi için önemli noktalar olan serme kalınlığı ve sıcaklık olarak belirlenmiştir. Serme kalınlığı için literatürde kırınım pencereli kurutma sisteminde kurutulan ürünler için uygulanan ortalama kalınlıklar baz alınarak ön denemeler sonucunda en uygun aralıklar olan 2-4 mm arası değerler seçilmiştir. Sıcaklık parametreleri için ise ürün içerisindeki nemi uzaklaştırıp kuru ürünler elde etmek amacıyla uygulanan 60-90 °C aralıkları seçilmiştir.

Çizelge 3.2. Kırınım pencereli kurutma optimizasyonunda Merkezi Kompozit deneme deseni

Desen	Kalınlık (mm)	Sıcaklık (°C)
1	3.00	75.00
2	4.41	75.00
3	3.00	53.79
4	3.00	75.00
5	2.00	90.00
6	1.59	75.00
7	2.00	60.00
8	4.00	90.00
9	3.00	96.21
10	3.00	75.00
11	4.00	60.00
12	3.00	75.00
13	3.00	75.00

En uygun köpük yapıcı ajan oranı belirlendikten sonra, Portakallar oda sıcaklığındaki su ile yıkandıktan sonra dilimlenmiş ve blender yardımı ile parçalanmıştır. En uygun köpük yapıcı ajan oranı portakal pürelerine eklenmiş ve köpük oluşumunu sağlamak için portakal püresi ile aynı miktarda su ilave edilmiştir. Köpük yapıcı ajan formülasyonu ilavesiyle tekrardan blenderda 3 dakika çırpılarak köpük formu elde edilmiştir. Elde edilen köpük formları desende verilen kalınlıklarda yükseklik ayarlı serme aparatı ile bant üzerine serilmiş ve yukarıda belirtilen şartlarda kurutulmuştur. Kurutulan ürünler spatula yardımı ile bant üzerinden alınmıştır. Köpük formlarının kırınım pencereli kurutma sisteminde kuruma süreleri kalınlık ve sıcaklığa bağlı olarak 10 dk ile 1 saat arasında değişmiştir. En düşük kuruma süresi (10-15 dk) deneme deseniindeki 5 numaralı desene, en uzun kuruma süresi ise 7 numaralı desene aittir.

Deneme desenine yanıt olarak C vitamini içeriği girilmiő ve rnlerin C vitamini içeriği belirlenmiştir. Taze ürüne en yakın C vitamini içeriğine sahip ürünün kurutma parametreleri optimum noktalar olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.2. Kırınım pencereli kurutma sisteminde serilen püre



Şekil 3.3. Kırınım pencereli kurutma sisteminde üretilen toz rn

3.2.4. Sıcak hava kurutma optimizasyonu

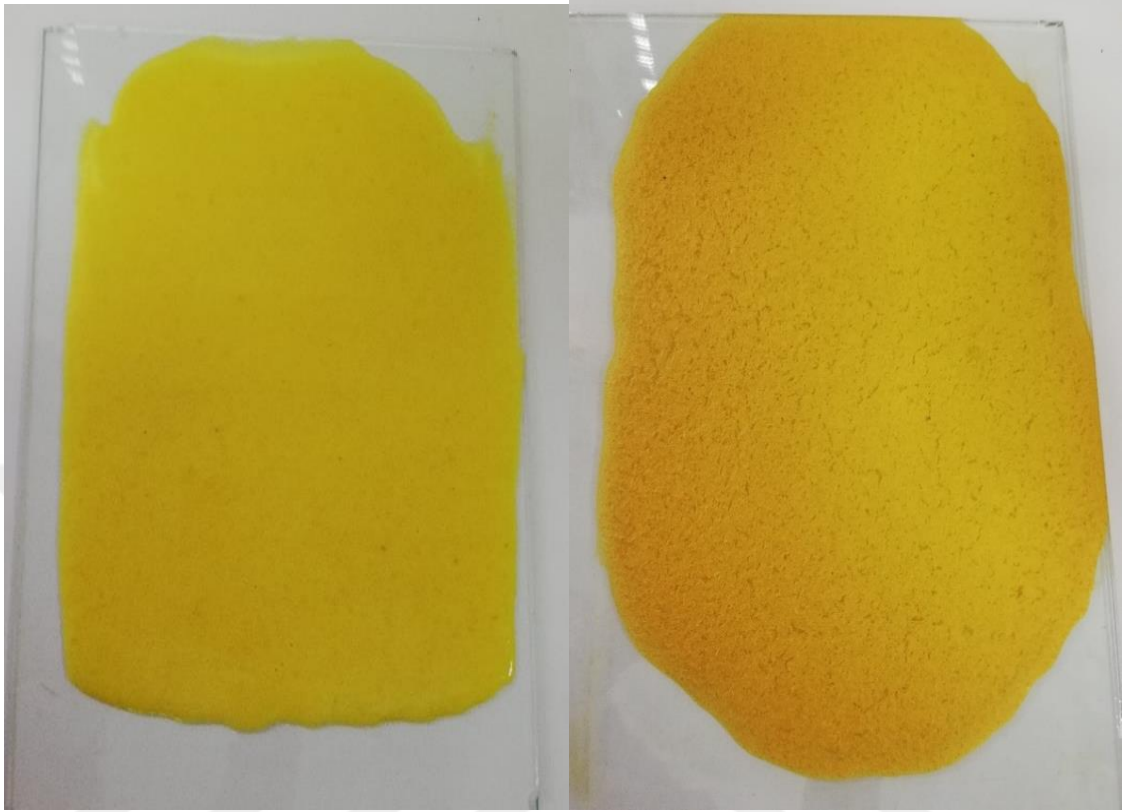
Portakal meyvesinin köpük kurutma yöntemi ile sıcak havada kurulması ile ilgili kurutma parametrelerini belirlemek için optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon işlemi parametreleri, Box-Behnken deneme desenine göre Design Expert 7.1 (Stat-Ease Co., Mineapolis, ABD) paket programında yanıt yüzey metodu kullanılarak belirlenmiştir. Optimizasyon işleminde bağımsız değişkenler olarak sıcak hava kurutma işlemi için önemli olan serme kalınlığı, sıcaklık ve hava hızı belirlenmiştir. Serme kalınlığı için literatürde kurutulan ürünler için uygulanan ortalama kalınlıklar baz alınarak ön denemeler sonucunda uygun aralıklar olan 2-4 mm arası değerler seçilmiştir. Sıcaklık parametreleri için kuru ürünler elde etmek amacıyla literatürde ve endüstride sıcak hava kurutma yönteminde sıklıkla uygulanan 60-90 °C aralıkları seçilmiştir. Hava hızı parametresi için 1-3 m/s değerleri belirlenmiştir.

Çizelge 3.3. Sıcak hava kurutma optimizasyonu için oluşturulan Box-Behnken deneme deseni

Desen	Kalınlık (mm)	Sıcaklık (C°)	Hava hızı (m/s)
1	3.00	75.00	2
2	3.00	75.00	2
3	3.00	75.00	2
4	3.00	75.00	2
5	3.00	60.00	3
6	3.00	60.00	1
7	4.00	75.00	3
8	2.00	75.00	1
9	3.00	90.00	1
10	4.00	90.00	2
11	3.00	75.00	2
12	4.00	60.00	2
13	3.00	90.00	3
14	4.00	75.00	1
15	2.00	60.00	2
16	2.00	75.00	3
17	2.00	90.00	2

En uygun köpük yapıcı ajan oranı belirlendikten sonra, Portakallar oda sıcaklığındaki su ile yıkandıktan sonra dilimlenmiş ve blender yardımı ile parçalanmıştır. En uygun köpük yapıcı ajan oranı portakal pürelerine eklenmiş ve köpük oluşumunu sağlamak için portakal püresi ile aynı miktarda su ilave edilmiştir. Köpük yapıcı ajan formülasyonu ilavesiyle tekrardan blenderda 3 dakika çırpılarak köpük formu elde edilmiştir. Elde edilen köpüklü form, cam plakalara yükseklik ayarlı serme aparatı ,le deneme deseninde belirtilen kalınlıklarda serilip sıcak hava kurutma sisteminde kurutulmuştur. Pürelerin kuruma süreleri kalınlık ve sıcaklığa bağlı olarak 25 dk- 1.5 saat arasında değişmiştir En düşük kuruma süresi (yaklaşık 25 dk) deneme desenindeki 17 numaralı desene, en uzun kuruma süresi ise 12 numaralı desene aittir. Deneme deseninden elde edilen ürünlerin C vitamini içeriği kromatografik yöntemle belirlenmiştir. C vitamini

içeriği en yüksek olan ürünün kurutma koşulları sıcak hava kurutma yöntemi için optimum noktalar olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.4. Sıcak hava kurutma sistemine serilen pulp ve kurutulduktan sonraki hali

3.2.5. Portakal tozlarının depolanması

Çalışma kapsamındaki kurutma yöntemleriyle optimum koşullarda kurutulmuş olan portakal tozları (her biri yaklaşık 25 g) polietilen torbalarda (oksijen geçirgenliği $6500-8500 \text{ cm}^3/\text{m}^2$. 24 saat) atmosferik ortamda 90 gün boyunca 25°C sıcaklıktaki etüvde ve 4°C sıcaklıktaki buzdolabında depolanmıştır (Depolama sıcaklarının dalgalanması belli periyotlarda kontrol edilmiştir). Ürünler polietilen torbalara aktarılmış ve ürünlerin nem çekmesini engellemek amacıyla içerisinden mümkün olduğunca hava uzaklaştırarak torbaların açık kısımları elektrikli ısı yapıştırıcı ile kapatılmıştır. Depolanan ürünlerin 0.,15.,30.,60.,90. günlerde nem miktarı ve su aktivitesi, renk, yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk, akabilirlik, çözünürlük, askorbik asit, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, HMF, toplam karotenoid, fenolik bileşen kompozisyonu ve uçucu bileşen kompozisyonu analizleri yapılmıştır.

3.2.6. Analizler

Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen ürünlere nem miktarı, su aktivitesi, renk, partikül boyutu, yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk, akabilirlik, çözünürlük, esmerleşme indeksi, askorbik asit, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, HMF, toplam karotenoid, fenolik bileşen kompozisyonu ve uçucu bileşen kompozisyonu analizleri gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışması kapsamında portakal püreleri elde etmek amacıyla kullanılan taze portakalların hem kabuk hem de bütün halinde bazı önemli fizikokimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir. Taze portakal meyvelerinin ve portakal kabuklarının nem, su aktivitesi, renk, askorbik asit, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, toplam karotenoid madde, fenolik madde kompozisyonu ve uçucu bileşen kompozisyonu belirlenmiştir.

3.2.6.1. Nem Oranı

Kırınım pencereli ve sıcak hava kurutma sisteminde doğrudan ve köpüklü formda kurutulan örneklerin nem oranı gravimetrik olarak belirlenmiştir. Bu amaçla elde edilen toz ürünler yaklaşık 3 g olacak şekilde önceden darası alınmış kurutma kabına tartılarak etüvde 70°C sıcaklıkta sabit tartıma gelinceye kadar kurutulmuştur. İlk ve son tartımlar üzerinden yüzde nem oranı hesaplanmıştır (Cemeroğlu 2013).

3.2.6.2. Su aktivitesi

Örneklerin su aktivitesi (a_w) değerleri su aktivitesi tayin cihazı (Aqua Lab 4TE, ABD) ile belirlenmiştir. Cihaz içerisinde bulunan ölçüm kabına örnekler yerleştirilmiş ve ortam nispi nemine ulaştıktan sonra ölçüm sonucu cihaz ekranından okunmuştur.

3.2.6.3. Renk

Örneklerin renk analizi Konica-Minolta CR-400 renk ölçer cihazı kullanılarak yapılmıştır. Ölçümler öncesinde cihaz önce siyah ve sonra beyaz kalibrasyon plakaları ile kalibre edilmiştir. Renk değerleri L (koyuluk-açıklık), a (yeşilik-kırmızılık), b (mavilik-sarıklık) CIE L, a, b renk parametreleri cinsinden ifade edilmiştir. Bu değerlerden ton açısı (Eşitlik 3.2) ve doygunluk (Eşitlik 3.3) aşağıdaki eşitliklere göre hesaplanmıştır.

$$\text{Ton açısı} = \frac{180}{\pi} \times \arctan \frac{b^*}{a^*} \quad (\text{Eşitlik 3.2})$$

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

3.2.6.4. Parçacık boyutu:

Örneklerin parçacık boyut analizleri lazer difraksiyon prensibi ile çalışan parçacık boyut analiz cihazı (Malvern, Mastersizer 2000SR, İngiltere) ve bu cihaza bağlanan toz modülü (Malvern Hydro 2000S, İngiltere) kullanılarak Fuchs vd (2006)'a göre yapılmıştır. Sonuçlar cihazın yazılımı (Malvern Application Ver. 5.60) yardımıyla hacim ağırlıklı ortalama (HAO), yüzey ağırlıklı ortalama (YAO), D10, D50 ve D90 değeri (μm) olarak hesaplanmıştır.

3.2.6.5. Yığın yoğunluğu:

Toz örneklerin yığın yoğunluğu değerleri, 25 mL hacme sahip silindirik ölçülü bir kap içerisine yaklaşık 2 g örneğin hava boşluğu kalmayacak şekilde doldurulması ve herhangi bir basınç uygulanmaksızın kütle/hacim oranının belirlenmesi ile hesaplanmıştır. Sonuçlar g/cm^3 olarak ifade edilmiştir (Bhandari vd. 1999).

3.2.6.6. Sıkıştırılmış yoğunluk:

Farklı yöntemlerle kurutulmuş toz örneklerin sıkıştırılmış yoğunluğu Beristain vd (2001)'e göre belirlenmiştir. Bu amaçla 2 g örnek ölçülü silindire tartılmıştır. İçerisinde örnek bulunan silindir 30 mm mesafeden 10 kez serbest düşmeye bırakılmış ve örneğin son hacmi kaydedilmiştir. Örnek ağırlığının kaydedilen hacme bölünmesi ve gerekli birim dönüştürmesinden sonra da örneklerin sıkıştırılmış yoğunluğu g/cm³ olarak hesaplanmıştır.

3.2.6.7. Akabilirlik:

Akabilirlik değeri yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yoğunluk değerleri üzerinden hesaplanan boyutsuz bir değer olup, Carr indeks (CI) olarak ifade edilmiştir (Carr 1965). Toz örneklerin akabilirlik değerlerini hesaplamak amacıyla aşağıdaki belirtilmiş olan bağıntı kullanılmıştır.

$$CI = ((\rho_t - \rho_b) / \rho_t) \times 100 \quad (\text{Eşitlik 3.4})$$

Bağıntıda; ρ_b örneklerin yığın yoğunluğu değerlerini (g/cm³), ρ_t ise sıkıştırılmış yoğunluk değerlerini (g/cm³) belirtmektedir.

Carr (1965) yaptığı çalışmada, yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yoğunluk değerleri üzerinden hesaplanan Carr Index (CI) değerlerini, 15'ten küçük olması durumunda çok iyi, 15-20 arasında ise iyi, 20-35 arasında ise zayıf, 35-45 arasında ise kötü ve 45'ten büyük ise çok kötü olarak belirtmiştir.

3.2.6.8. Çözünürlük

Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen toz örneklerinin çözünme oranı Canocha vd (2005) tarafından bildirilen metoda göre belirlenmiştir. Bu amaçla 0.1 g örnek, oda sıcaklığındaki 50 mL saf su içerisinde manyetik karıştırıcıyla (VWR Stirrer, ABD) 600 d/dk'da 5 dk süreyle karıştırılarak çözündürülmüştür. Elde edilen çözelti santrifüj tüplerine aktararak, 3000 g'de 5 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrasında üstte kalan sıvı kısımdan alınan 20 mL örnek, önceden darası alınmış cam petri kaplarına aktarılmış ve 70°C'de sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Ağırlık farkından hesaplanan yüzde çözünme oranı örneklerin kuru maddesi üzerinden verilmiştir.

3.2.6.9. Askorbik asit:

Kırınım pencereli ve sıcak hava kurutma sistemlerinde farklı yöntemlerle kurutulan ürünlerin ve taze örneklerin L- Askorbik asit miktarı Asami vd. (2003) tarafından kullanılan kromatografik yöntemle belirlenmiştir. Bu amaçla 0.5 g örnek 10 mL metafosforik asit çözeltisi (%4.5) içerisinde 1 dk boyunca ultraturrax ile homojenize edildikten sonra 10000 d/dk hızda 10 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj işleminden sonra üstte kalan berrak kısım membran filtreden (0.45 µm) süzülerek ve HPLC'ye enjekte edilmiştir. Örnekler DGU-20A5 degaz ünitesi, LC-20AD pompa ünitesi, SIL-20AD otomatik örnekleyici, CTO-20AC kolon fırını, SPD-20M20A diode array detektörden oluşan HPLC sisteminde analiz edilmiştir.

Örneklerin askorbik asit miktarı, örneklerle aynı koşullarda cihaza enjekte edilen 6 farklı konsantrasyondaki L-askorbik asit standart çözeltileri ile oluşturulan kurve yardımıyla hesaplanmıştır. Örnek pikleri ile standart pikinin tutunma zamanı, UV spektrumları ve benzerlik indeksleri dikkate alınarak tanımlama yapılmıştır. Ayrıca örneklere standart L-askorbik asit ilave edilerek pik alanlarındaki değişimler dikkate alınarak doğrulanmıştır. HPLC analiz koşulları Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Askorbik asit analizi HPLC koşulları

Kolon:	Nucleosil 5 C 18
Kolon sıcaklığı:	35°C
Hareketli faz:	Ultra saf su, pH 2.2 (Sülfürik asit ile ayarlanmış)
Akış hızı:	0.6 mL/dk
Dedektör:	Diode Array, 245 nm.
Enjeksiyon miktarı:	20 µL
Analiz süresi:	15 dk

3.2.6.10.Fenolik bileşen kompozisyonu

Farklı yöntemlerle kurutulan ürünlerin ve taze örneklerin fenolik madde kompozisyonu Dincer vd. (2012) tarafından uygulanan metoda göre kromatografik olarak HPLC ile belirlenmiştir. Bu amaçla 0.5 g örnek 500 mL'lik balon içerisine konularak üzerine 40 mL BHT'li(Bütillendirilmiş hidroksitolüen) (1 g/L) metanol çözeltisi (%62.5'lik) ve 10 mL HCl (6M) çözelti edilerek çözelti içerisindeki oksijeni yok etmek için 60 sn boyunca azot gazına tabii tutulmuştur. Karışım içerisindeki hava kabarcıklarını gidermek amacıyla 15 dakika oda sıcaklığında ultrasonikasyon işlemi uygulanmıştır. Ardından örnekler 2 saat boyunca geri soğutucuda kaynatılmıştır. Ekstraksiyon işlemi sonucunda oda sıcaklığına soğutulan ekstraktların hacmi saf metanol ile 100 mL'ye tamamlanmış ve karışım membran filtreden (0.45 µm) süzülüp HPLC'ye enjekte edilmiştir. Örnekler DGU-20A₅ degaz ünitesi, LC-20AD pompa ünitesi, SIL-20AD otomatik örnekleyici, CTO-20AC kolon fırını, SPD-20M20A diode array detektörden oluşan HPLC sisteminde analiz edilmiştir.

Örneklerin fenolik madde kompozisyonunu belirlemek için gallic asit, klorojenik asit, kumarik asit, kafeik asit, ferulik asit, naringin, hesperidin ve kuarsetin standartları örneklerle aynı koşullarda cihaza enjekte edilmiştir. Fenolik madde kompozisyonu 8 farklı konsantrasyondaki standart çözeltileri ile kurve yardımıyla hesaplanmıştır.

Çizelge 3.5. Fenolik madde kompozisyonu analizi HPLC koşulları

Kolon:	AQ 5 C 18
Kolon sıcaklığı:	32°C
Hareketli faz:	A: Su: Asetik Asit: Metanol (88:2:10) B: Metanol: Asetik Asit: Su (90:2:8)
Akış hızı:	0.8 mL/dk
Dedektör:	Diode Array, 280, 320, 365 nm.
Enjeksiyon miktarı:	20 µL
Analiz süresi:	60 dk

Fenolik bileşen kompozisyonunda kullanılan mobil fazın gradient elüsyon program Çizelge 3.6'da verilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen kromatogramdaki fenolik standartların pikleri Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.6. Fenolik bileşen kompozisyonu analizinde uygulanan gradient elüsyon programı

Süre (dk)	A (%)	B (%)
0	100	0
15	85	15
25	50	50
35	30	70
50	25	75
55	100	0

Çizelge 3.7. Fenolik standartlarının tutulma zamanları ve ölçüldükleri dalga boyları

Pik No	Standartlar	Tutulma zamanları (dk)	Dalga boyları (nm)
1.pik	Gallik asit	8.216	280
2.pik	Klorojenik asit	21.795	320
3.pik	Kafeik asit	23.898	320
4.pik	p-kumarik asit	27.983	320
5.pik	Naringin	28.694	280
6.pik	Ferulik asit	28.696	320
7.pik	Kuarsetin	35.907	365
8.pik	Hesperidin	37.179	280

3.2.6.11. Antioksidan aktivite

Toplam antioksidan aktivite tayininin belirlenmesinde DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radikalının inhibisyonu yöntemi kullanılmıştır. Antioksidan bileşiklerin ekstraksiyonu, 1 g örneğin 25 mL %80'lik sulu metanol çözeltisi içerisinde ultrasonik banyoda 25°C'de 60 dk boyunca sonikasyon işlemiyle gerçekleştirilmiştir (Velioglu vd 1998). Daha sonra bu çözeltiler santrifüj tüpü içerisinde 10 kat metanol ile seyreltilmiştir. Seyreltilmiş çözeltilerden 50 µL alınarak ve üzerine taze hazırlanmış 60 µM DPPH çözeltisinden 950 µL ilave edilmiştir. Karışım vortekslelendikten sonra karanlıkta ve oda sıcaklığında 30 dk bekletilmiştir. DPPH çözeltisinin absorbansı bekleme süresinin başında saf metanole karşı 517 nm dalga okunmuştur. 30 dk inkübasyon sonrası örneklerin absorbans ölçümü yapılarak DPPH çözeltisinin absorbansına göre farkları hesaplanmıştır. Örneklerin antioksidan aktivitesi bu absorbans farkları kullanılarak, farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış troloks ile elde edilen eğri yardımıyla g troloks eşdeğer aktivite/100g kuru örnek ağırlığı cinsinden hesaplanmıştır.

3.2.6.12. Toplam karotenoid miktarı

Kırınım pencereleli kurutma sisteminde ve sıcak hava kurutma sisteminde farklı yöntemlerle kurutulan örneklerin ve taze pürelerin toplam karotenoid içeriği Meléndez-Martínez vd. (2007) tarafından uygulanan metodun modifiye edilmesi ile spektrofotometrik yöntemle göre belirlenmiştir. Bu amaçla 2 g örnek 10 mL ekstraksiyon çözeltisi ile (Hekzan/aseton/metanol, 50:25:25 h/h, %0.1 BHT) 10000 d/dk hızda 4°C’de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası berrak kısım tekrar ekstraksiyon çözeltisi ile 20 kat seyreltilmiştir. Elde edilen ürünlerin ekstraksiyon çözeltisine karşı 450 nm dalga boyunda spektrofotometrede absorbans değerleri okunmuştur. Ürünlerin toplam karotenoid içerikleri β-karoten Eşitlik 5’e göre hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam karotenoid içeriği (mg/100g KM)} = \left(\frac{\text{Abs} \times S_f}{2500} \right) * 1000 \quad (\text{Eşitlik 3.5})$$

S_f , ürünlerin seyreltme faktörünü, Abs ürünlerin absorbans değerlerini belirtmektedir.

3.2.6.13. Uçucu bileşen kompozisyonu

Kırınım pencereleli kurutma sisteminde ve sıcak havada kurutulan farklı yöntemlerle kurutulan örneklerin ve taze pürelerin uçucu bileşenleri GC-MS (QP2010-Plus, Shimadzu, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Uçucu bileşenlerin ekstraksiyonu SPME yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla yaklaşık 0.5 g örnek 20 mL hacimli vialle aktarılmış ve üzerine 4,5 mL saf su ilave edilerek homojenize edilmiş ve 50 sıcaklıkta ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. 500d/dk hızda karıştırılan vialler 10 dk ön inkübasyona bırakılmış daha sonra 5 dk süre ile uçucu bileşenlerin fibere [50/30 µm SPME (Supelco, Pensilvanya, ABD)] adsorpsiyonu sağlanmıştır. Ekstraksiyon sonunda uçucu bileşenlerin desorpsiyonu için fiber enjeksiyon bloğunda 5 dk bekletilmiştir. GC-MS analiz koşulları Çizelge 3.8’te verilmiştir.

Çizelge 3.8. GC-MS analiz şartları

Kolon	TRB5-MS
Fırın sıcaklık programı	40°C (3dk bekleme), 4°C/dk hızla 240°C yükselme (10dk bekleme)
Taşıyıcı gaz	He (1.61 mL/dk)
Enjeksiyon modu	Split 20
Enjeksiyon bloğu sıcaklığı	250 °C
Ara yüzey sıcaklığı	250 °C
İyon kaynağı sıcaklığı	200 °C
Kütle aralığı	35-350 amu
Tarama hızı	769 tarama/s
Analiz süresi	63 dk

3.2.6.14. Hidroksimetilfurfural (HMF)

Örneklerin HMF içerikleri Tontul (2017) tarafından kullanılan yöntemin modifiye edilmesiyle kromatografik olarak HPLC’de belirlenmiştir. HMF miktarının belirlenmesi amacıyla 1 g örnek su ile 10 mL’ye seyreltilmiş ve ultraturrax kullanılarak homojenize edilmiştir. Bu homojenat 10000 g’de 10 dk santrifüj edildikten sonra 5 mL berrak kısımdan alınarak başka bir santrifüj tüpüne aktarılmış ve üzerine 0.5’er mL Carrez I ve Carrez II çözeltileri eklenmiştir. Aynı şartlarda santrifüj edilen karışımın berrak kısmı 0.45 µm membran filtreden süzöldükten sonra HPLC’de analiz edilmiştir. HPLC sistemi DGU-20A5 degaz ünitesi, LC-20AD pompa ünitesi, SIL-20AD otomatik örnekleyici, CTO-20AC kolon fırını ve SPD-20M20A diode array detektörden oluşmaktadır.

Carrez I çözeltisi: 150 g potasyum hekzasiyanoferrat (II) suda çözülür ve 1000 mL’ye tamamlanır.

Carrez II çözeltisi: 300 g çinko sülfat heptahidrat suda çözülür ve 1000 mL’ye tamamlanır.

3.2.6.15. Partikül morfolojisi (SEM)

Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen portakal tozlarının morfolojik özelliklerinin belirlenmesi amacı ile SEM görüntüleri alınmıştır. Bu analizler Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Elektron Mikroskop Görüntü Analiz Ünitesinde gerçekleştirilmiştir. Örnekler, 10 nm Au/Pd tabakasıyla kaplandıktan sonra Zeiss LEO 1430 model SEM (Almanya) cihazında görüntülenmiştir.

3.2.6.16. İstatistiksel analizler

Köpük yapıcı ajan oranının belirlenmesi, kırım pencereci kurutma optimizasyonu ve sıcak hava kurutma optimizasyonu için optimum koşulların belirlenmesi amacıyla uygun deneme deseni Design Expert 7.0 (Stat-Ease Co., Minneapolis, ABD) paket programı kullanılarak yanıt yüzey metodu ile belirlenmiştir. Elde edilen veriler, Design-Expert paket programı (Stat-Ease Inc., Version 7.0, Minneapolis, ABD) dahilinde ANOVA analizi ile değerlendirilmiştir.

Araştırmada elde edilen portakal tozları dört farklı kurutma yöntemi ile elde edilmiştir. Toz örnekler 2 farklı depolama sıcaklığında 90 gün boyunca depolanmıştır. Örnekler depolama süresinde 0., 15., 30., 60. ve 90. günlerde analiz edilmiştir. Çalışma faktöriyel düzende tesadüf parselleri deneme desenine göre (4x2x5) düzenlenmiştir.

Tez çalışması kapsamında uygulamalar üç tekerrürlü, analizler iki paralelli yapılmıştır. Paralel analizlerin sonuçlarının ortalaması SAS 9.0 (Statistical Analysis System) paket programı kullanılarak Varyans Analizine tabii tutulmuş ve önemli bulunan farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile ortaya koyulmuştur.

Analiz sonuçları ± standart hata olarak verilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Köpük Yapıcı Ajan Kullanımının Optimizasyonu

Tez kapsamında gerçekleştirilen köpük kurutma yöntemi için belirlenen köpük yapıcı ajanların kullanım oranlarını belirlemek amacıyla yanıt yüzey metodu kullanılarak Box-Behnken deneme deseni kullanılmıştır. Deneme deseninin bağımlı değişkenleri karboksimetilselüloz, peyniraltı suyu proteini tozu ve soya protein izolatının literatüre göre belirlenen sınır değerler göz önüne alınarak seçilmiştir. Bu desene göre yürütülen denemelerden elde edilen veriler yanıt yüzey metoduna göre en yüksek köpük yapma kapasitesi ve stabilitesini sağlayacak şekilde optimize edilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Köpük yapıcı ajan optimizasyon deneme deseni ve analiz verileri

Desen	Karboksimetil selüloz (%)	Peyniraltı suyu proteini tozu (%)	Soya protein izolatı (%)	Köpük kapasitesi (mL)	Köpük stabilitesi (%)
1	1.50	0.00	3.00	98	94.89
2	1.50	2.50	1.50	155	92.25
3	3.00	0.00	1.50	99	96.96
4	0.00	0.00	1.50	133	82.7
5	0.00	2.50	0.00	249	69
6	3.00	2.50	3.00	116	94.82
7	0.00	2.50	3.00	206	85.43
8	1.50	2.50	1.50	152	99.34
9	1.50	0.00	0.00	111	95.49
10	1.50	5.00	0.00	160	98.75
11	0.00	5.00	1.50	240	95.83
12	1.50	2.50	1.50	149	99.32
13	1.50	5.00	3.00	149	99.32
14	3.00	5.00	1.50	116	98.27
15	1.50	2.50	1.50	145	97.93
16	1.50	2.50	0.00	119	98.31
17	3.00	2.50	1.50	168	99.4

Hesaplanan köpük kapasitesi ve stabilitesi verileri kullanılarak bu parametrelerin istatistiki olarak önemli bulunanlarına göre belirlenen en uygun modellerin regresyon eşitliği yanıt yüzey metodu ile oluşturulmuştur. Uygun modellerin istatistiki önem düzeyi %95 güven aralığında F-değeri ($p < 0.05$) ile ölçülmüştür. Köpük kapasitesi ve köpük stabilitesi cevapları için uygun modellerin değerlendirilmesinde model uyumsuzluğu, saf hata, varyasyon katsayısı (CV), tahmini hataların karelerinin toplamı (PRESS), regresyon katsayısı (R^2), düzeltilmiş regresyon katsayısı (R^2_{diz}), tahmini belirleme katsayısı ($Pred-R^2$) ve yeterli kesinlik parametreleri kullanılmıştır.

4.1.1. Köpük yapıcı ajan oranlarının köpük kapasite değerleri

Tez çalışması kapsamında köpük yapıcı ajan oranının optimizasyonu için cevaplardan biri olan köpük kapasitesi değerleri 98-249 mL arasında değişmiştir. Gerçekleştirilen optimizasyon sonucunda elde edilen köpük kapasitesi (KK) değerleri kullanılarak belirlenen en uyumlu modelin ana regresyon eşitliği (4.1) cevap yüzey metodu ile oluşturulmuştur.

$$KK = \beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 B + \beta_3 C + \beta_4 A.B + \beta_5 A.C + \beta_6 B.C + \beta_7 A^2 + \beta_8 B^2 + \beta_9 C^2 + \alpha \quad (\text{Eşitlik 4.1})$$

KK: Köpük kapasitesi (mL)

B₀₋₉: Regresyon katsayıları

A: Karboksimetilselüloz

B: Peyniraltı suyu proteini tozu

C: Soya protein izolatu

α : Hata

Çizelge 4.2. Köpük kapasitesi değerleri üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu ve model uygunluğunu test edilebilmek için kullanılan istatistikler

Varyasyon kaynakları	SD	HKT	<i>p</i> değeri			
Model (Kuadratik)	9	30971.96	0.0001*			
A	1	17860.50	<0.0001*			
B	1	6272.00	0.0002*			
C	1	612.50	0.0677			
AB	1	2025.00	0.0057*			
AC	1	400.00	0.1245			
BC	1	1.00	0.9329			
A ²	1	1379.41	0.0143*			
B ²	1	2610.57	0.0029*			
C ²	1	1.52	0.9175			
Kalıntı	7	919.80				
Model Uyumsuzluğu	3	613.00	0.1837			
Saf Hata	4	306.80				
Toplam	16	31891.76				
Model	R ²	R ² _{dzl}	Pred-R ²	CV %	PRESS	Yeterli kesinlik
Kuadratik	0.97	0.93	0.68	7.60	10287.38	17.346

*p<0.0.5 seviyesinde istatistiksel açıdan önemlidir.

A: Karboksimetilselüloz, B: Peyniraltı suyu proteini, C: Soya protein izolatu, SD: Serbestlik derecesi, HKT: Hata Kareler Toplamı

Çizelge 4.2’de verilen ANOVA tablosuna göre köpük kapasitesinin model ile uyumlu olduğu, model uyumsuzluğunun ise istatistiksel açıdan hiçbir parametre üzerinde etkili olmadığı belirlenmiştir. Köpük kapasitesi üzerine karboksimetil selüloz ve peyniraltı suyu proteini tozu kullanım oranının istatistiksel açıdan önemli olduğu, soya protein izolatının kullanım oranının ise istatistiksel açıdan önemsiz olduğu sonucuna varılmıştır. Model denkleminin yeterli kesinliğini gösteren sinyal gürültü oranı köpük kapasitesi için 17.346 olarak belirlenmekte olup bu değerin 4’ün üzerinde olması modeli

doğrulayan denklemin yeterli olduğunu göstermektedir. Önerilen modelin R^2 ve R^2_{djl} değerleri sırasıyla 0.97 ve 0.93 olarak tespit edilmiştir. Belirlenen bu değerlerin 1'e yakın olması elde edilen denklemin deneysel verileri daha iyi temsil ettiğini göstermektedir.

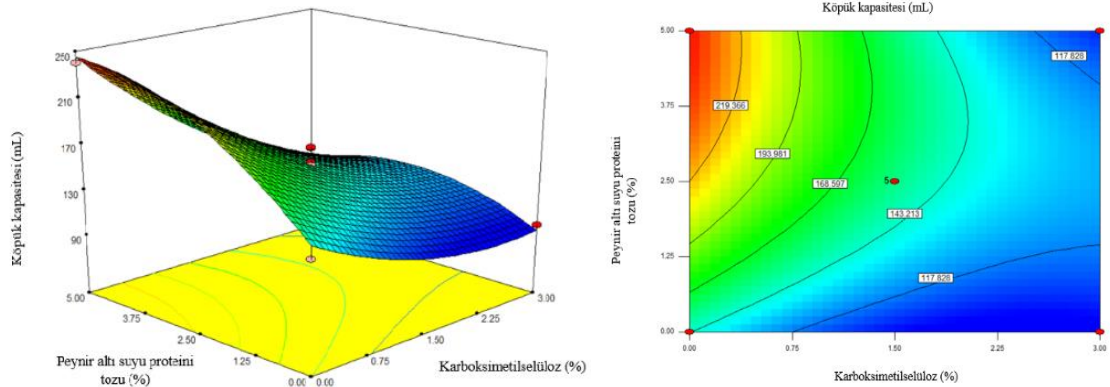
Köpük kapasitesi değeri için istatistiksel açıdan önemli varyasyon kaynakları ana denklem üzerinden tekrar düzenlenmiş ve ikinci dereceden polinomiyal eşitliği (4.2) elde edilmiştir. Köpük kapasitesi değerleri üzerine peyniraltı suyu proteini kullanım oranı etkisinin karboksimetil selülozun kullanım oranı etkisinden daha fazla olduğu denklemden belirlenmiştir.

$$KK = +153.80 - 47.25A + 28.00B - 22.50A.B + 18.10A^2 - 24.90B^2 + 5.13 \quad (\text{Eşitlik 4.2})$$

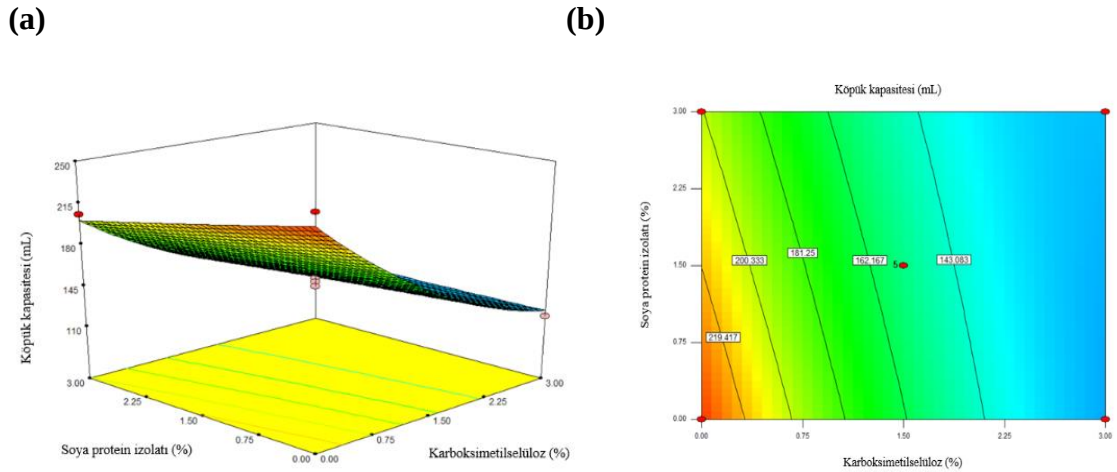
Bağımlı değişkenlerin köpük kapasitesi üzerine etkileri, yüzey fonksiyonu grafiği biçiminde Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3'te verilmiştir. Şekil 4.1 incelendiğinde Karboksimetilselüloz ve peyniraltı suyu proteini tozu kullanım oranının artması ile köpük kapasitesi değerleri artmıştır. Şekil 4.2'de soya proteini kullanım oranının değişmesi ile köpük kapasite değerlerinin etkilenmediği belirlenmiştir. Şekil 4.3'de ise soya proteini kullanım oranı sabit tutulduğunda, peyniraltı suyu proteini tozu kullanım oranı arttıkça köpük kapasitesi değerleri artış göstermiştir.

(a)

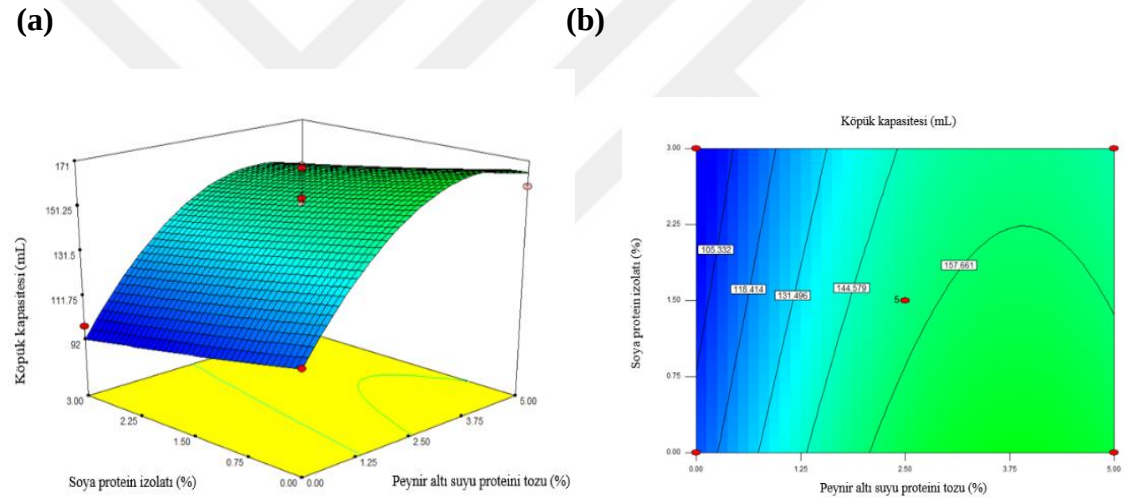
(b)



Şekil 4.1. Soya protein izolatu kullanım oranı sabit tutulduğunda karboksimetil selüloz ve peyniraltı suyu proteini tozu kullanım oranının köpük kapasitesi üzerine etkisi (yüzey fonksiyonu (a), izdüşüm gösterimi (b))



Şekil 4.2. Peyniraltı suyu proteini tozu kullanım oranı sabit tutulduğunda karboksümetil selüloz ve soya protein izolatu kullanım oranının köpük kapasitesi üzerine etkisi (yüzey fonksiyonu (a), izdüşüm gösterimi (b))



Şekil 4.3. Karboksümetil selüloz kullanım oranı sabit tutulduğunda peyniraltı suyu proteini tozu ve soya protein izolatu kullanım oranının köpük kapasitesi üzerine etkisi (yüzey fonksiyonu (a), izdüşüm gösterimi (b))

4.1.2. Köpük yapıcı ajan oranlarının köpük stabilitesi değerleri

Tez çalışması kapsamında köpük yapıcı ajan oranının belirlenmesi için gerçekleştirilen optimizasyon için cevaplardan biri olan köpük stabilitesi değerleri %99.4-69 arasında değişmiştir. Gerçekleştirilen optimizasyon sonucunda elde edilen köpük stabilitesi (KS) değerleri kullanılarak belirlenen en uyumlu modelin ana regresyon eşitliği (4.3) cevap yüzey metodu ile oluşturulmuştur.

$$KS = \beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 B + \beta_3 C + \beta_4 A.B + \beta_5 A.C + \beta_6 B.C + \beta_7 A^2 + \beta_8 B^2 + \beta_9 C^2 + \alpha \quad (\text{Eşitlik 4.3})$$

KK: Köpük kapasitesi (%)

B₀₋₉: Regresyon katsayıları

A: Karboksimetilselüloz

B: Peyniraltı suyu proteini tozu

C: Soya protein izolatu

α : Hata

Çizelge 4.3. Köpük stabilitesi değerleri üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu ve model uygunluğunu test edilebilmek için kullanılan istatistikler

Varyasyon kaynakları	SD	HKT	p değeri
Model (Kuatratik)	9	904.77	0.0162*
A	1	381.85	0.0024*
B	1	61.16	0.1060
C	1	20.70	0.3162
AB	1	34.87	0.2041
AC	1	98.80	0.0505
BC	1	0.34	0.8935
A ²	1	218.21	0.0099*
B ²	1	37.73	0.1885
C ²	1	52.44	0.1296
Kalıntı	7	124.42	
Model Uyumsuzluğu	3	86.47	0.1555
Saf Hata	4	37.9	
Toplam	16	1029.18	
Model	R ²	R ² _{dzl}	Pred-R ² CV % PRESS Yeterli kesinlik
Kuatratik	0.88	0.72	-0.40 4.48 1442.86 8.766

*p<0.0.5 seviyesinde istatistiksel açıdan önemlidir.

A: Karboksimetilselüloz, B: Peyniraltı suyu proteini, C: Soya protein izolatu, SD: Serbestlik derecesi, HKT: Hata Kareler Toplamı

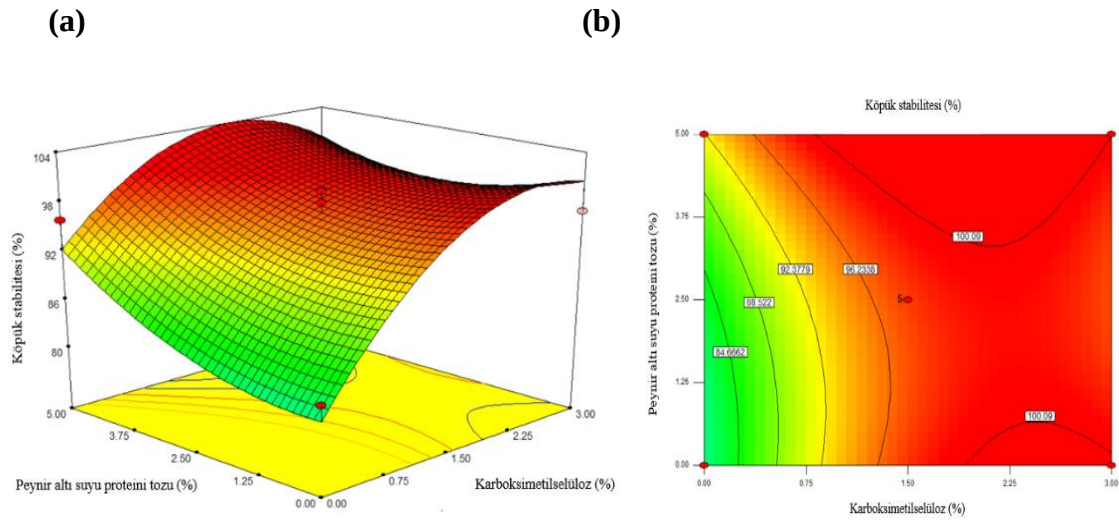
Çizelge 4.3'te verilen ANOVA tablosuna göre köpük stabilitesinin model ile uyumlu olduğu, model uyumsuzluğunun ise istatistiksel açıdan hiçbir parametre üzerinde etkili olmadığı gözlemlenmiştir. Köpük stabilitesi üzerine karboksimetil selüloz kullanım oranının istatistiksel açıdan önemli olduğu, peyniraltı suyu proteini tozu ve soya protein izolatının kullanım oranının ise istatistiksel açıdan önemsiz olduğu sonucuna varılmıştır. Model denkleminin yeterli kesinliğini gösteren sinyal gürültü oranı köpük kapasitesi için 8.766 olarak belirlenmekte olup bu değer 4'ün üzerinde olması modeli doğrulayan denklemin yeterli olduğunu göstermektedir. Önerilen model denkleminin R² ve R²_{dzl} değerleri sırasıyla 0.88 ve 0.72 olarak tespit edilmiştir. Belirlenen bu değerlerin 1'e yakın olması elde edilen denklemin deneysel verileri temsil etmekte ne kadar başarılı olduğunu göstermektedir.

Köpük stabilitesi değeri için istatistiksel açıdan önemli varyasyon kaynakları ana denklem üzerinden tekrar düzenlenmiş ve ikinci dereceden polinomiyal eşitliği (4.4) elde edilmiştir.

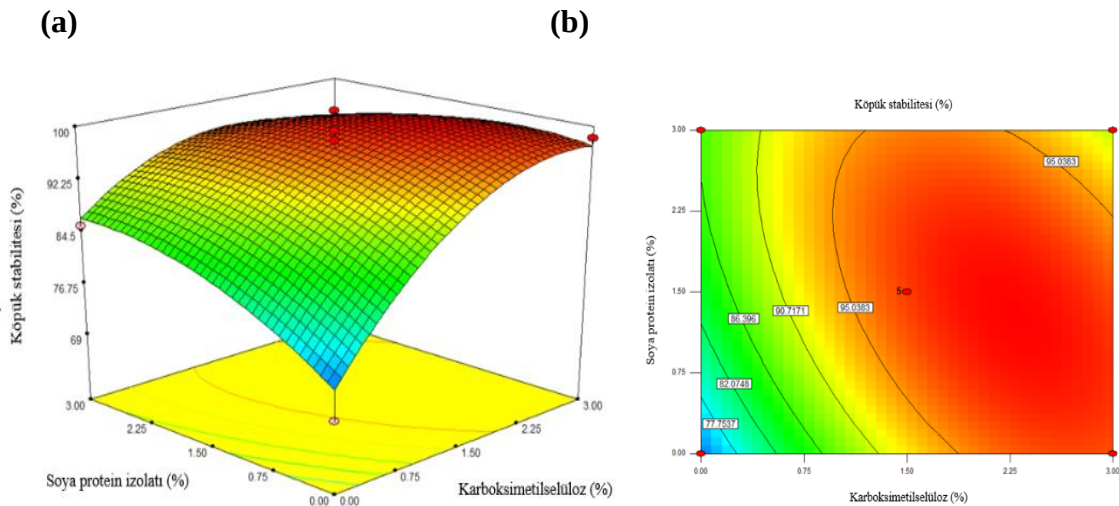
$$KS = 95.65 + 66.91A - 7.20A^2 + 1.89$$

(Eşitlik 4.4)

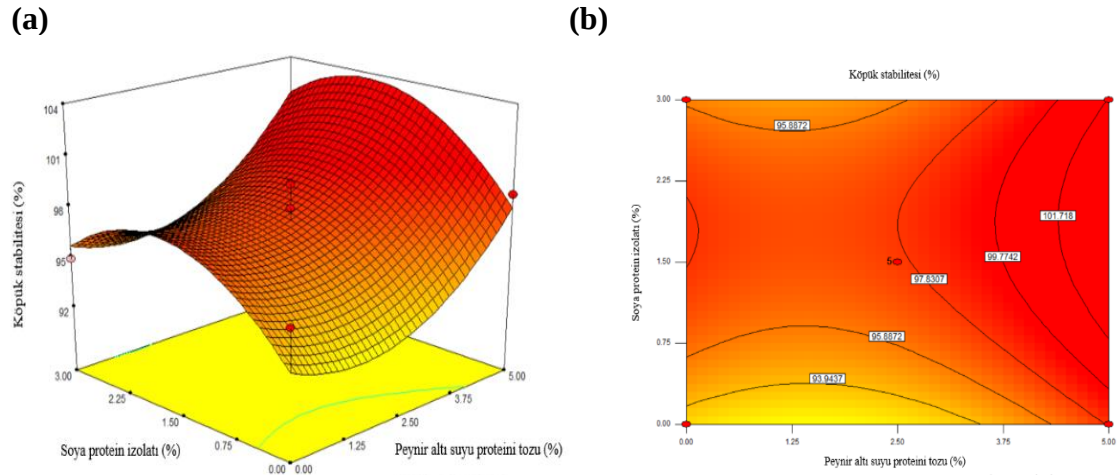
Köpük stabilitesi üzerine bağımlı değişkenlerin etkileri, yüzey fonksiyonu grafiği biçiminde Şekil 4.4, 4.5 ve 4.6'da verilmiştir. Şekil 4.4 incelendiğinde peyniraltı suyu proteini tozu kullanım oranının artması ile köpük stabilitesi değerleri etkilenmemiştir. Karboksimetilselüloz kullanım oranının artması ile de köpük stabilitesi değerleri artmıştır. Şekil 4.5'te soya proteini kullanım oranının değişmesi ile köpük kapasite değerlerinin etkilenmediği belirlenmiştir. Şekil 4.6'da ise soya proteini ve peyniraltı suyu proteini tozu kullanım oranı arttıkça köpük kapasitesi değerleri değişmemiş, sabit kalmıştır.



Şekil 4.4. Soya protein izolatu kullanım oranı sabit tutulduğunda karboksimetil selüloz ve peyniraltı suyu proteini tozu kullanım oranının köpük stabilitesi üzerine etkisi (yüzey fonksiyonu (a), izdüşüm gösterimi (b))



Şekil 4.5. Peyniraltı suyu proteini tozu kullanım oranı sabit tutulduğunda karboksimetil selüloz ve soya protein izolatu kullanım oranının köpük stabilitesi üzerine etkisi (yüzey fonksiyonu (a), izdüşüm gösterimi (b))



Şekil 4.6. Karboksimetil selüloz kullanım oranı sabit tutulduğunda peyniraltı suyu proteini tozu ve soya protein izolatu kullanım oranının köpük stabilitesi üzerine etkisi (yüzey fonksiyonu (a), izdüşüm gösterimi (b))

4.1.3. Köpük yapıcı ajan kullanım oranının yanıt yüzey metodu ile belirlenen optimum şartları

Köpük kurutma metodu için köpük yapıcı ajan kullanım oranlarının belirlendiği optimizasyon çalışmasında köpük kapasitesi ve köpük stabilitesi verilerinin maksimum değerde olmasında istatistiksel açıdan önemli bulunan faktörler birlikte değerlendirilerek istenebilirlik fonksiyonunun en yüksek değerde olduğu optimum kullanım oranları belirlenmiştir. Belirlenen optimum karışım çizelge 4.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Köpük yapıcı ajan kullanımı optimum şartları

	Karboksime- til selüloz (%)	Peyniraltı suyu proteini (%)	Soya protein izolatı (%)	KK(mL)	KS (%)	İstenebilirlik (%)
Minimum	0	0	0	98	69.09	-
Optimum	1.5	3.0	1.5	158.41	98.32	83
Maksimum	3.0	5.0	3.0	249	99.40	-

KK: Köpük kapasitesi, KS: Köpük stabilitesi

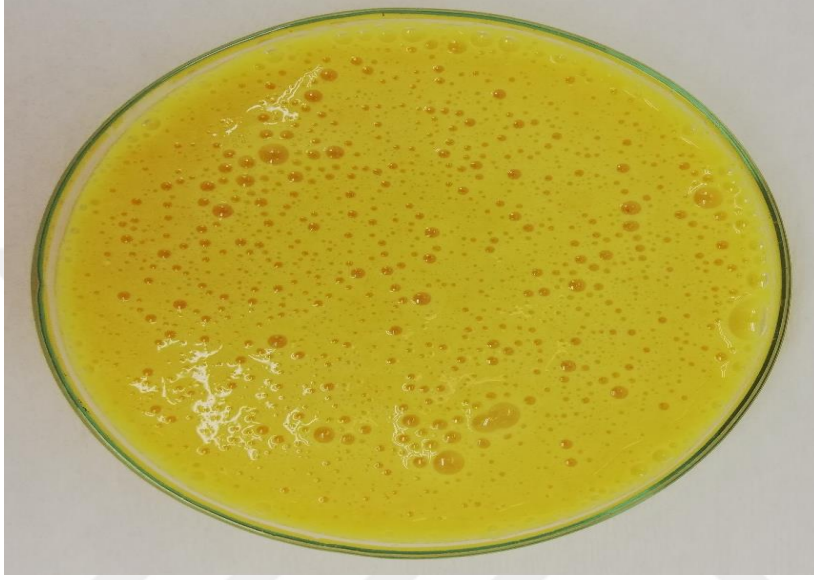
Çizelge 4.5. Köpük yapıcı ajan kullanım oranlarının optimum noktalarda doğrulama deney sonuçları

Cevaplar	Karboksime- til selüloz (%)	Peyniraltı suyu proteini tozu (%)	Soya protein izolatı (%)		KK(mL)	KS(%)
				Tahminlenen Değer	158.41	98.32
KK	1.5	3.0	1.5	Deneyisel değer	152.0±1.22	98.65±0.42
KS				Hata (%)	4.22	0.33

KK: Köpük kapasitesi, KS: Köpük stabilitesi; Hata (%) = $((d_{\text{deneyisel}} - d_{\text{tahminlenen}}) / d_{\text{deneyisel}}) \times 100$

Köpük kapasitesi ve köpük stabilitesi değerlerinin maksimum olduğu köpük yapıcı ajan karışımı pürelere işlenmiştir. Gerçekleştirilen doğrulama denemelerinin sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Programın önerdiği modelde tahminlenen değerlere oldukça yakın ve belirlenen hata değerinin %10'un altında olduğu belirlenmiştir.

En uygun köpük yapıcı ajan karışımının pürelere eklenmesi ile elde edilen köpüklü yapının görüntüsü Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Elde edilen köpüklü yapının mikroskop görüntüsü ise Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Köpük yapıcı ajanların optimum karışım oranı ile köpürtülmüş portakal püresi görüntüsü



Şekil 4.8. Köpük formunun mikroskop görüntüsü

4.2. Kırınım Pencereli Kurutma Optimizasyonu

Tez çalışması kapsamında kırınım pencereli kurutma sisteminde portakal tozları elde edebilmek için optimum sıcaklık ve serme kalınlığı noktalarını belirlemek amacıyla yanıt yüzey metodu kullanılarak Merkezi-Kompozit deneme deseni uygulanmıştır. Kırınım pencereli kurutma sisteminde en önemli parametreler olan sıcaklık ve serme kalınlığı deneme deseninin bağımlı değişkenleri olarak belirlenmiştir. Daha önce yapılan bilimsel çalışmalar ve ön denemeler göz önüne alınarak sıcaklık için 60-90 °C, serme kalınlığı için 2-4 mm aralıkları seçilmiştir. Bu desene göre tamamlanan denemelerden elde edilen veriler yanıt yüzey metoduna göre en yüksek askorbik asit içeriğini sağlayacak şekilde optimize edilmiştir.

Çizelge 4.6. Kırınım pencereli kurutma optimizasyonu Merkezi Kompozit deneme deseni ve analiz sonuçları

Desen	Kalınlık (mm)	Sıcaklık (°C)	Askorbik asit miktarı (mg/100g KM)
1	3.00	75.00	30.99
2	4.41	75.00	11.55
3	3.00	53.79	11.03
4	3.00	75.00	33.58
5	2.00	90.00	73.41
6	1.59	75.00	40.58
7	2.00	60.00	26.28
8	4.00	90.00	49.29
9	3.00	96.21	9.66
10	3.00	75.00	30.1
11	4.00	60.00	16.65
12	3.00	75.00	27.66
13	3.00	75.00	30.42

Askorbik asit sonuçları kullanılarak cevap için en uyumlu modelin regresyon eşitliği (4.5) cevap yüzey metodu ile oluşturulmuştur.

$$AA(\text{mg}/100\text{g KM}) = \beta_0 + \beta_1 K + \beta_2 C + \beta_3 K.C + \beta_4 K^2 + \beta_5 C^2 + \alpha \quad (\text{Eşitlik 4.5})$$

Bu eşitlikte;

AA: Askorbik asit miktarı (mg/100g KM)

K: Serme kalınlığı (mm)

C: Sıcaklık (°C)

β_{0-5} : Regresyon katsayıları

α : Hata'yı ifade etmektedir.

Çizelge 4.7'de verilen ANOVA analizi sonuçlarına göre askorbik asit miktarının kuadratik model ile uyumlu olduğu ($p < 0.05$), model uyumsuzluğunun hiçbir parametre üzerinde istatistiki açıdan önemli olmadığı gözlemlenmiştir. Modele göre askorbik asit miktarı üzerine kalınlık ve sıcaklık parametrelerinin istatistiki açıdan önemli olduğu belirlenmiştir. Model denkleminin yeterli kesinliğinin göstergesi olan sinyal gürültü oranı

askorbik asit için 37.30 olarak hesaplanmış ve değerin 4'ün üzerinde olması denklemin model için yeterli olduğunu göstermiştir. Optimizasyon için önerilen modelin denkleminin R^2 değeri 0.99 ve düzenlenmiş R^2 değerinin 0.98 olarak belirlenmiştir. Verilen değerlerin 1'e yakın olması model için önerilen denklemin deneysel sonuçları temsil etmede ne kadar başarılı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.7. Askorbik asit değerleri üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu ve model uygunluğunu test edebilmek için kullanılan istatistikler

Varyasyon kaynakları	SD	HKT	p- değeri
Model (Kuatratik)	5	2745.23	<0.0001*
K	1	702.27	<0.0001*
C	1	1584.84	<0.0001*
K.C	1	51.41	0.0237*
K ²	1	28.51	0.0623
C ²	1	406.66	0.0003*
Kalıntı	5	24.92	
Model uyumsuzluğu	1	6.40	0.3050
Saf Hata	4	18.52	
Toplam	10	2770.15	
Model	R^2	$R^2_{döl}$	Pred- R^2
Kuatratik	0.99	0.98	0.90
			CV%
			284.89
			Yeterli Kesinlik
			37.30

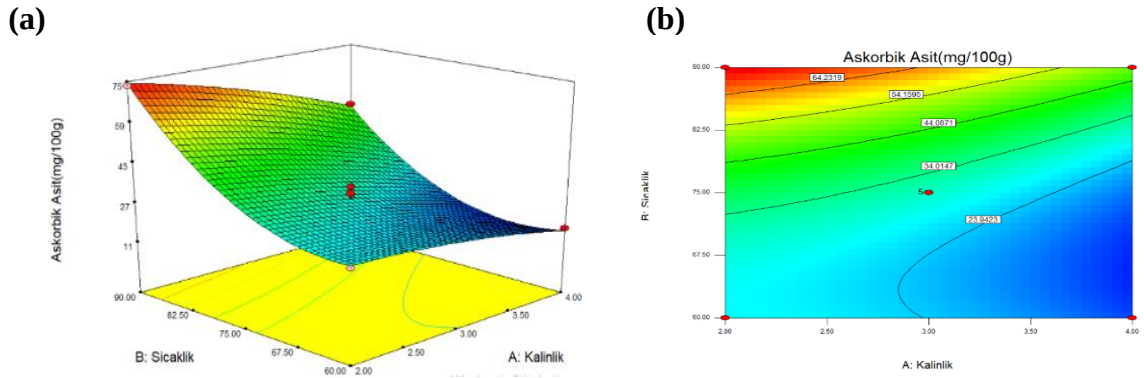
* $p < 0.05$ olan değerler istatistiksel açıdan önemlidir.

K: Kalınlık, C: Sıcaklık, SD: Serbestlik derecesi, HKT: Hata Kareler Toplamı, $R^2_{döl}$: Düzeltilmiş R^2

Kırınım pencereli kurutma sistemine cevap olarak girilen ve optimum noktada maksimum değerde çıkması istenilen askorbik asit miktarı (mg/100g KM) için istatistiksel açıdan önemli sayılan varyasyon kaynakları kullanılarak ikinci dereceden bir model eşitliği (4.6) elde edilmiştir.

$$AA = 30.53 - 9.37K + 19.90C - 3.59KC + 13.15C^2 + 1.00 \quad (\text{Eşitlik 4.6})$$

Belirlenen parametrelerin askorbik asit miktarı üzerine etkisinin gözlemlenebilmesi için uygun bulunan modeller kullanılarak eş yükselti eğrileri ve yanıt yüzey grafikleri oluşturulmuştur. Bu grafikler Şekil 4.9'da verilmiştir. Grafiklerin oluşturulabilmesi için belirlenen değişkenlerden herhangi biri orta noktada sabit tutulup diğer değişkenin kombinasyonları çıkarılmıştır. Şekil 4.9 incelendiğinde serme kalınlığının artması ile ürünlerin askorbik asit miktarının azaldığı, sıcaklığın artışı ile de askorbik asit miktarının arttığı belirlenmiştir.



Şekil 4.9. Kalınlık ve sıcaklık parametrelerinin askorbik asit miktarı üzerine etkisi (izdüşüm gösterimi (a), yüzey fonksiyonu (b))

4.2.1. Kurutma sıcaklığının askorbik asit miktarı üzerine etkisi

Kırınım pencereless kurutma optimizasyonu için gerçekleştirilen denemeler sonucunda kurutma sıcaklığının istatistiki açıdan önemli bir etkisinin olduğu ve kurutma sıcaklığının artışı ile askorbik asit miktarının arttığı belirlenmiştir. Sıcaklık artışı ile kurutma yüzeyine serilen pulp içerisindeki uzaklaşması gereken su daha hızlı bir şekilde gıda yüzeyine taşınarak buharlaşmış, böylelikle ürünün kuruması hızlanmıştır. Kurumanın hızlanıp kurutma süresinin kısalması ile askorbik asit degradasyonu azalmaktadır. Manso vd. (2001) çalışmalarında askorbik asitin sıcaklık ve zamana bağlı degradasyon kinetiğini incelemişler ve sıcaklığa maruz kalma zamanının artması ile askorbik asitin parçalanabildiğini, parçalanma ürünleri olarak ortaya çıkan bileşiklerin ürünlerde esmerleşme reaksiyonlarına katkı verdiklerini vurgulamışlardır.

4.2.2. Serme kalınlığının askorbik asit miktarı üzerine etkisi

Kırınım pencereless kurutma sisteminde gerçekleştirilen ön denemeler ve optimizasyon çalışmaları ile kurutulacak ürünlerin filme serme kalınlığının bu kurutma sistemi için önemli bir parametre olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan optimizasyon çalışmasında serme kalınlığının istatistiki açıdan askorbik asit miktarı üzerine önemli düzeyde etkisi olduğu belirlenmiştir. Serme kalınlığının artışı ile birim alanda kuruyacak olan materyalin miktarı artmış ve birim kütle başına buharlaşma yüzey alanı düşmektedir. Bu sebeple kuruma yavaşlamaktadır. Kuruma hızının yavaşlaması ürünün ısıya daha fazla maruz kalmasına neden olmakta ve ürün içindeki askorbik asit degradasyonu hızlandırmaktadır. Yapılan optimizasyon çalışmasında serme kalınlığı ve kurutma sıcaklığının askorbik asit degradasyonunu azaltıp ürün içerisindeki askorbik asit miktarının maksimum seviyede korunması amaçlanmıştır.

4.2.3. Kırınım pencereless kurutma için yanıt yüzey metodu ile belirlenen optimum kurutma şartları

Kurutma işlemi sonrasında askorbik asit miktarının maksimum değerde olmasında istatistiksel açıdan önemli bulunan faktörler birlikte değerlendirilerek istenebilirlik fonksiyonunun en yüksek değerde olduğu optimum kurutma koşulları belirlenmiştir. Belirlenen optimum koşullar Çizelge 4.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Kırınım pencereli kurutma sistemi optimum kurutma koşulları

	Sıcaklık (°C)	Kalınlık (mm)	Askorbik asit miktarı (mg/100g KM)	İstenebilirlik (%)
Minimum	53.79	1.59	73.41	-
Optimum	90.00	1.99	73.40	100
Maksimum	96.21	4.41	9.66	-

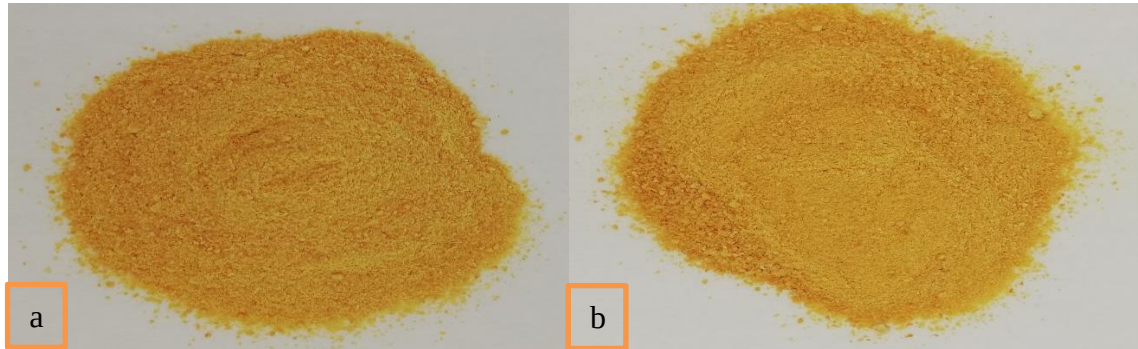
Çizelge 4.9. Kırınım pencereli kurutma sisteminde optimum koşullarda yapılan kurutmanın teorik ve deneysel sonuçları

Cevaplar	Sıcaklık (°C)	Kalınlık (mm)	Askorbik asit miktarı (mg/100g KM)
			Tahminlenen değer
			73.40
Optimum nokta	90.00	2.00	Deneysel değer
			79.93±2.86
			Hata (%)
			8.16

$$\text{Hata (\%)} = ((d_{\text{deneysel}} - d_{\text{tahminlenen}}) / d_{\text{deneysel}}) \times 100$$

Askorbik asit içeriğinin maksimum olduğu noktada gerçekleştirilen doğrulama denemelerinin sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiş ve programın önerdiği modelde tahminlenen değerlere oldukça yakın ve belirlenen hata değerinin %10’un altında olduğu belirlenmiştir.

Portakal pürelerinin köpüklü ve köpüksüz formunun optimum kurutma koşullarında kurutulması ile elde edilen toz ürünler Şekil 4.10’da gösterilmiştir.

**Şekil 4.10.** Kırınım pencereli kurutma sisteminde optimum noktada üretilen portakal tozları: Köpüksüz formun kurutulması ile elde edilen örnek (a), köpük kurutma yöntemi ile elde edilen örnek (b)

4.3. Sıcak Hava Kurutma Optimizasyonu

Köpüklü ve köpüksüz formdaki portakal pürelerinin sıcak havada kurutma yöntemi ile kurutulmasında en uygun kurutma sıcaklığını, hava hızını ve serme kalınlığı yanıt yüzey metodu ile Box-Behnken deneme deseninde yürütülen denemelerden elde edilen veriler kullanılarak optimize edilmiştir. Deneme deseninin bağımlı değişkenlerinin sınır değerleri ön denemeler göz önüne alınarak seçilmiştir. Bu desene göre yürütülen denemelerden elde edilen veriler yanıt yüzey metoduna göre en yüksek askorbik asit içeriğini sağlayacak şekilde optimize edilmiştir.

Çizelge 4.10. Sıcak hava kurutma optimizasyonunda Box-Behnken deneme deseni ve analiz sonuçları

Desen	Kalınlık (mm)	Sıcaklık (C°)	Hava hızı (m/s)	Askorbik asit miktarı (mg/100g KM)
1	3.00	75.00	2	9.44
2	3.00	75.00	2	15.34
3	3.00	75.00	2	17.28
4	3.00	75.00	2	17.42
5	3.00	60.00	3	12.48
6	3.00	60.00	1	4.21
7	4.00	75.00	3	16.76
8	2.00	75.00	1	12.25
9	3.00	90.00	1	25.47
10	4.00	90.00	2	29.41
11	3.00	75.00	2	12.97
12	4.00	60.00	2	10.14
13	3.00	90.00	3	60.91
14	4.00	75.00	1	10.33
15	2.00	60.00	2	7.28
16	2.00	75.00	3	15.61
17	2.00	90.00	2	48.98

Optimizasyon sonucu hesaplanan askorbik asit sonuçları kullanılarak cevap için en uyumlu modelin regresyon eşitliği (4.7) cevap yüzey metodu ile oluşturulmuştur.

$$AA(\text{mg}/100\text{g KM}) = \beta_0 + \beta_1 K + \beta_2 C + \beta_3 H + \beta_4 K.C + \beta_5 K.H + \beta_6 C.H + \beta_7 K^2 + \beta_8 C^2 + \beta_9 H^2 + \alpha$$

(Eşitlik 4.7)

AA: Askorbik asit miktarı (mg/100g KM)

B₀₋₉: Regresyon katsayıları

K: Kalınlık (mm)

C: Sıcaklık (°C)

H: Hava hızı (m/s)

α: Hata

Çizelge 4.11’de verilen ANOVA analizi sonuçlarına göre askorbik asit miktarının kuadratik model ile uyumlu olduğu ($p<0.05$), model uyumsuzluğunun hiçbir parametre üzerinde istatistiki açıdan önemli olmadığı gözlemlenmiştir. Modele göre askorbik asit miktarı üzerine sıcaklık ve hava hızı parametrelerinin istatistiki açıdan önemli etkisi olduğu belirlenmiştir. Model denkleminin yeterli kesinliğinin göstergesi olan sinyal gürültü oranı askorbik asit için 11.714 olarak hesaplanmış ve bu değer denklemin model için yeterli olduğunu göstermiştir. Optimizasyon için önerilen modelin R^2 değeri 0.94 ve düzenlenmiş R^2 değerinin 0.85 olarak belirlenmiştir. Bu değerler verilerin modeli başarılı bir şekilde temsil ettiğini göstermektedir.

Çizelge 4.11. Askorbik asit değerleri üzerine bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu ve model uygunluğunu test edebilmek için kullanılan istatistikler

Varyasyon kaynakları	SD	HKT	p değeri
Model (Kuadratik)	9	3335.81	0.0021*
K	1	38.19	0.3167
C	1	2134.00	<0.0001*
H	1	357.78	0.0131*
KC	1	125.78	0.0913
KH	1	2.36	0.7966
CH	1	184.55	0.0496*
K^2	1	6.94	0.6598
C^2	1	486.24	0.0063*
H^2	1	1.19	0.8546
Kalıntı	7	229.99	
Model Uyumsuzluğu	3	185.09	0.0666
Saf Hata	4	44.90	
Toplam	16	3565.80	
Model	R^2	R^2_{dzt}	Pred- R^2
Kuadratik	0.94	0.85	0.15
		CV %	PRESS
		29.87	3031.54
		Yeterli kesinlik	11.71

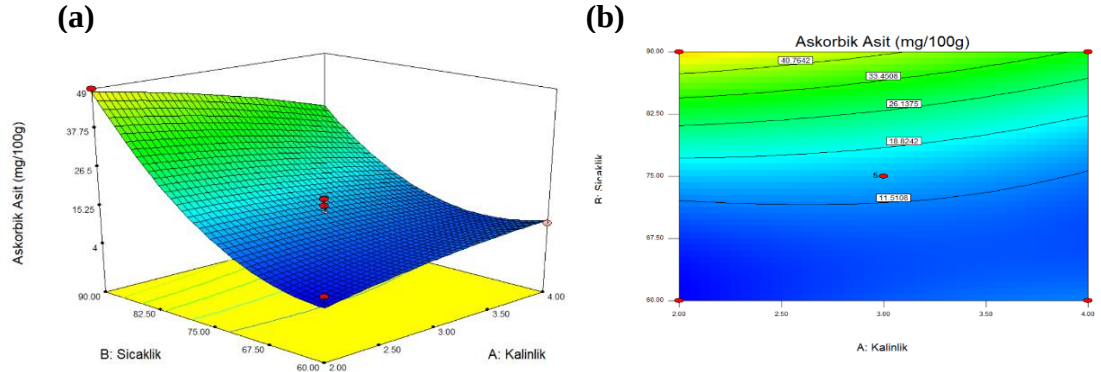
* $p<0.05$ olan değerler istatistiksel açıdan önemlidir.

K: Kalınlık, C: Sıcaklık, H: Hava hızı, SD: Serbestlik derecesi, HKT: Hata Kareler Toplamı, R^2_{dzt} : Düzeltilmiş R^2

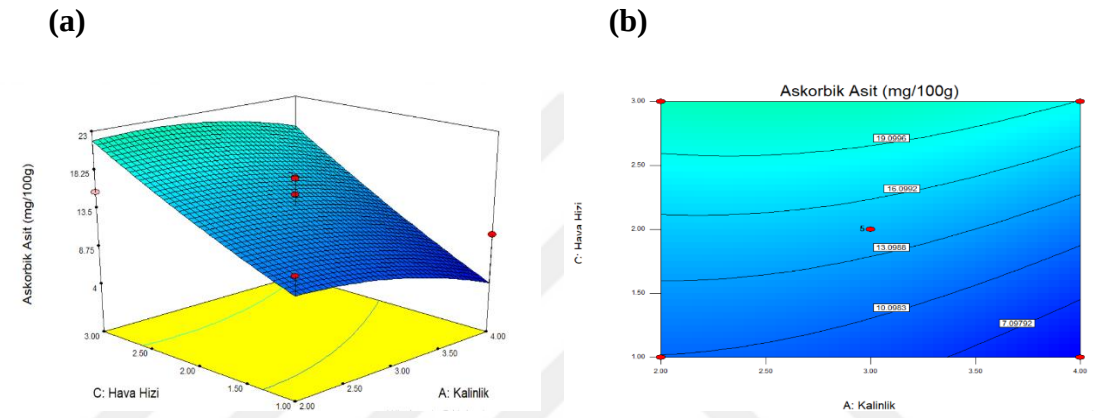
Sıcak hava kurutma sistemine cevap olarak girilen ve optimum noktada maksimum değerde çıkması istenilen askorbik asit miktarı için istatistiksel açıdan önemli sayılan varyasyon kaynakları kullanılarak ikinci dereceden bir model eşitliği (4.8) elde edilmiştir.

$$AA \text{ (mg/100g KM)} = 14.49 + 16.33C + 6.79CH + 10.75C^2 + 2.56 \quad (\text{Eşitlik 4.8})$$

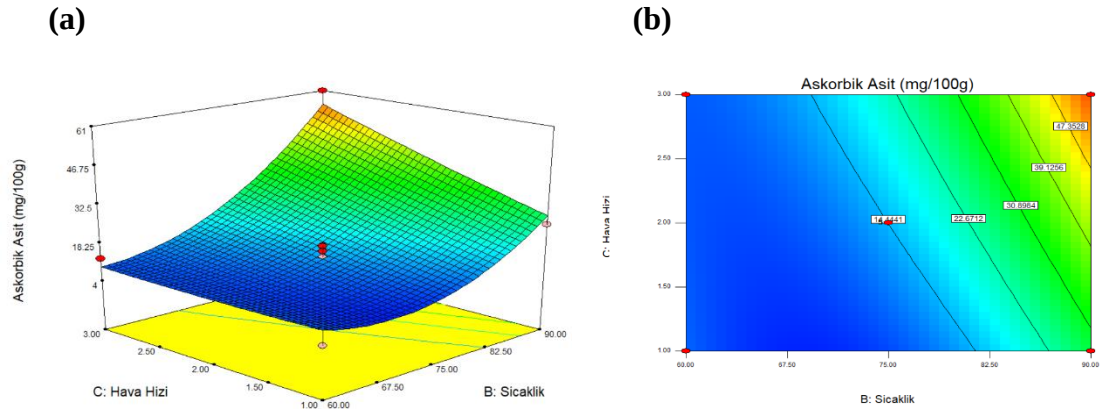
Belirlenen parametrelerin askorbik asit miktarı üzerine etkisinin gözlemlenebilmesi için uygun bulunan modeller kullanılarak eş yükselti eğrileri ve yanıt yüzey grafikleri oluşturulmuş ve bu grafikler Şekil 4.11, 4.12 ve 4.13’te gösterilmiştir. Bu grafiklerin oluşturulabilmesi için belirlenen değişkenlerden herhangi biri orta noktada sabit tutulup diğer değişkenin kombinasyonları çıkarılmıştır. Verilen şekiller incelendiğinde kalınlığın değişmesi ile ürünlerin askorbik asit miktarının değişmediği, sıcaklık artışı ile askorbik asit miktarının arttığı belirlenmiştir.



Şekil 4.11. Sıcak hava kurutma sisteminde kalınlık ve sıcaklık parametrelerinin askorbik asit miktarı üzerine etkisi (a: izdüşüm gösterimi, b: yüzey fonksiyonu)



Şekil 4.12. Sıcak hava kurutma sisteminde hava hızı ve sıcaklık parametrelerinin askorbik asit miktarı üzerine etkisi (a: izdüşüm gösterimi, b: yüzey fonksiyonu)



Şekil 4.13. Sıcak hava kurutma sisteminde hava hızı ve kalınlık parametrelerinin askorbik asit miktarı üzerine etkisi (a: izdüşüm gösterimi, b: yüzey fonksiyonu)

4.3.1. Sıcak hava kurutma sisteminde sıcaklığın askorbik asit miktarı üzerine etkisi

Sıcak hava kurutma sisteminde yapılan optimizasyon çalışmasında askorbik asit miktarının maksimum düzeyde olmasını sağlayan optimum noktaların belirlendiği optimizasyon çalışmasında askorbik asit miktarını etkileyen en önemli parametrenin sıcaklık olduğu belirlenmiştir. İstatistiki açıdan da önemli bir faktör olan sıcaklığın optimizasyondaki diğer tüm faktörler sabit tutulduğunda artması ile askorbik asit degradasyonu önemli ölçüde azalmıştır. Bu artışın asıl nedeni sıcaklık artışı ile üründen uzaklaşması gereken su miktarının daha hızlı bir şekilde uzaklaşıp kuruma süresinin kısılmasıdır. Böylelikle ürün ısıya daha az maruz kalıp askorbik asit degradasyonu azalmıştır.

4.3.2. Sıcak hava kurutma sisteminde serme kalınlığının askorbik asit miktarı üzerine etkisi

Sıcak hava kurutma sisteminde yapılan optimizasyon çalışmasında bir faktör olan pürelerin serme kalınlığının istatistiki açıdan bir önemi bulunmamaktadır. Ancak serme kalınlığının bütün ürünün kuruması için daha fazla süre gerekmektedir. Süre artışı ile ürün ısıya daha fazla maruz kalmakta ve askorbik asit degradasyonu hızlanmaktadır. Çalışma kapsamında serme kalınlığının artışı ile askorbik asit miktarının azaldığı ancak bu azalışın istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir.

Farklı kalınlıktaki lahanaya yapraklarının sıcak hava kurutma yöntemi ile kurutulmasının ürünün fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, ürünün serme kalınlığı arttıkça kuruma hızının yavaşladığı bildirilmiştir (Mwithiga ve Olwal 2005).

4.3.3. Sıcak hava kurutma sisteminde hava hızının askorbik asit miktarı üzerine etkisi

Sıcak hava kurutma sisteminde kurumayı etkileyen bir faktör olan hava hızı yapılan optimizasyon çalışmasında askorbik asit miktarı üzerine istatistiki açıdan önemli düzeyde etki göstermektedir. Hava hızının artışı ile askorbik asit degradasyonu azalmıştır. Sıcaklık ve hava hızının kombinasyonları da askorbik asit miktarı üzerine önemli etkisi olan parametreler olarak belirlenmiştir.

4.3.4. Sıcak hava kurutma sisteminde yanıt yüzey metodu ile belirlenen optimum kurutma şartları

Gerçekleştirilen optimizasyon çalışması kapsamında kurutma işlemi sonrasında askorbik asit miktarının maksimum değerinde olmasında istatistiksel açıdan önemli bulunan faktörler birlikte değerlendirilerek istenebilirlik fonksiyonunun en yüksek değerini sağlayan optimum kurutma koşulları belirlenmiştir. Belirlenen optimum koşullar Çizelge 4.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. Sıcak hava kurutma sistemi optimum kurutma koşulları

	Sıcaklık (°C)	Kalınlık (mm)	Hava hızı (m/s)	Askorbik asit miktarı (mg/100gKM)	İstenebilirlik (%)
Minimum	60.00	2.00	1.00	4.21	-
Optimum	90.00	2.05	3.00	61.03	100
Maksimum	90.00	4.00	3.00	60.91	-

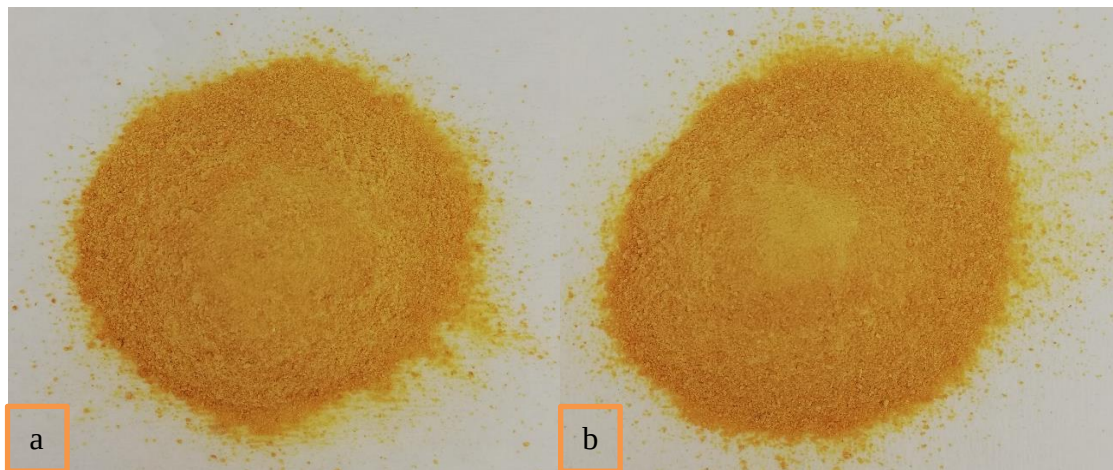
Çizelge 4.13. Sıcak hava kurutma sisteminde optimum koşullarda yapılan kurutmanın teorik ve deneysel sonuçları

Cevaplar	Sıcaklık (°C)	Kalınlık (mm)	Hava hızı (m/s)	Askorbik asit miktarı (mg/100gKM)
				Tahminlenen değer Deneysel değer Hata (%)
				61.03
Optimum nokta	90.00	2.05	3.00	59.51±6.97
				2.50

$$\text{Hata (\%)} = ((d_{\text{deneysel}} - d_{\text{tahminlenen}}) / d_{\text{deneysel}}) \times 100$$

Askorbik asit içeriğinin maksimum olduğu noktada gerçekleştirilen doğrulama denemelerinin sonuçları Çizelge 4.13'te verilmiştir. Doğrulama deneyinin sonuçlarına göre, deneysel değerlerin programın önerdiği modelde tahminlenen değerlere oldukça yakın ve belirlenen hata değerinin %10'un altında olduğu belirlenmiştir.

Sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan ürünler Şekil 4.14'de verilmiştir.

**Şekil 4.14.** Sıcak hava kurutma sisteminde optimum noktada üretilen portakal tozları: köpüksüz formun kurutulması ile elde edilen örnek (a), köpük kurutma yöntemi ile elde edilen örnek (b)

4.4. Taze Portakalın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Çizelge 4.14. Taze portakalın fiziksel ve kimyasal özellikleri

Fiziksel ve Kimyasal Özellikler	Portakal	Kabuk
Nem (%)	86.01±0.07	76.78±0.07
Su Aktivitesi	0.9619±0.00	0.9537±0.00
<i>L</i>	54.35±0.05	79.36±0.05
<i>A</i>	3.75±0.06	-1.78±0.04
<i>B</i>	51.69±0.15	68.09±0.12
Ton açısı	85.85±0.08	83.85±0.07
Doygunluk	52.33±0.49	56.33±0.41
Toplam Fenolik Madde(mg/100gKM)	1570.49±2.43	789.57±2.85
Toplam Karotenoid Miktarı(mg/kgKM)	80.16±0.67	98.36±0.49
Askorbik asit (mg/100gKM)	85.16±0.75	40.89±0.01
Antioksidan aktivite(g TEAA/100gKM)	0.91±0.01	0.59±0.02

Tez çalışması kapsamında hammadde olarak kullanılan portakalın ve portakal kabuğunun bazı fizikokimyasal özellikleri Çizelge 4.14'te verilmiştir. Portakal meyvesinin nem oranı ve su aktivitesi değerlerinin kabuktan daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Portakal meyvesinin kabuktan daha fazla fenolik madde içerdiği ve daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Kabukta bulunan beyaz renkli albedo tabakasından dolayı kabuk renginin *L* değerinin taze meyveye göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Yüksek karotenoid içeriğine sahip portakal kabuklarının *b* değerinin de meyveye göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Ürünlerin fenolik bileşenlerinin verildiği Çizelge 4.15 incelendiğinde portakalın kabuğa göre daha yüksek miktarda fenolik madde içerdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.15. Taze portakalın bazı fenolik bileşenleri (mg/100g KM)

	Gallik asit	Kafeik asit
Taze meyve	639.95±0.87	0.39±0.00
Taze kabuk	220,30±0.08	0.19±0.00
	p-kumarik asit	Ferulik asit
Taze meyve	2.51±0.00	1.51±0.03
Taze kabuk	1.37±0.00	1.11±0.00
	Klorojenik asit	Naringin
Taze meyve	5.71±0.08	91.03±0.58
Taze kabuk	1.10±0.00	57.68±0.36
	Hesperidin	Kuarsetrin
Taze meyve	122.10±0.79	0.94±0.05
Taze kabuk	103.07±0.05	0.65±0.00

Çizelge 4.16. Taze portakala ait uçucu bileşen kompozisyonu (milyon alan)

Aİ	Portakal	Kabuk
930	10.12±0.00	16.91±0.05
971	8.40±0.05	21.74±0.00
991	45.92±0.08	71.92±0.26
1001	6.73±0.12	12.31±0.78
1008	2.12±0.09	4.57±0.00
1036	122.34±0.05	16.82±0.12
1049	0.78±0.00	1.28±0.00
1058	0.72±0.01	0.57±0.00
1087	0.66±0.02	1.08±0.01
1099	2.58±0.00	7.69±0.85
1103	1.01±0.00	1.70±0.25
1136	t.e.	0.33±0.00
1152	t.e.	2.07±0.01
1188	t.e.	0.65±0.08
1204	10.42±0.89	13.28±1.17
1239	0.66±0.00	1.59±0.89
1269	0.96±1.12	2.59±0.03
1305	t.e.	0.31±0.01
1375	0.34±0.00	0.89±0.00
1390	0.45±0.01	0.79±0.01
1408	0.81±1.13	1.23±0.00
1420	0.36±0.07	0.73±0.00
1457	0.37±0.00	1.56±0.00
1493	3.01±0.78	5.34±0.07
1507	t.e.	0.40±0.09
1523	0.37±0.00	0.93±0.00
1698	t.e.	0.37±0.00

Bileşenlerin adları Ek-5'te verilmiştir. A.İ: Alıkonma indeksi, t.e: Tespit edilemedi

Uçucu bileşen kompozisyonunun verildiği Çizelge 4.16'da portakalın toplam 21 adet, portakal kabuğunun ise toplam 27 adet uçucu bileşeni tespit edilmiştir. Portakal kabuğunun meyveye göre daha yüksek miktarda uçucu bileşen içerdiği belirlenmiştir. Bu farklılığın sebebinin turuncgil kabuklarının içerdiği terpenlerin fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca portakal meyvesinde bulunmayıp sadece kabukta tespit edilen 6 adet uçucu bileşen vardır. Limonen oksit (Aİ:1136), citronella (Aİ:1152), terpineol (Aİ: 1188), undekal (Aİ:1305), alfa fernesin (Aİ: 1507), beta sinensal (Aİ: 1698) sadece kabukta tespit edilen uçucu bileşenlerdir.

4.5. Farklı Yöntemlerle Kurutulmuş Portakal Tozlarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

4.5.1. Nem oranı değişimi

Gıda içerisindeki toplam su miktarının karşılığı olan nem oranı, başta toz gıdalar olmak üzere tüm gıdaların fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkileyen bir parametredir. Özellikle toz ürünlerde ortaya çıkan, depolama işlemi için kritik role sahip olan topaklaşma ve kekleşme problemleri doğrudan ürünün nem oranı ile ilgilidir (Chegini ve Ghobadian 2005). Nitekim gıdalarda nem oranının artması ile moleküller arası etkileşim artmakta ve bunun sonucunda biyolojik ve kimyasal reaksiyonlar hızlanmaktadır (Mathlouthi 2001).

Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının nem değerleri Çizelge 4.17'de verilmiştir. Çizelge 4.17 incelendiğinde sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin nem değerlerinin depolama boyunca %3.47-3.17, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin %3.43-2.70, kırımım pencereli kurutma sisteminde kurutulan örneklerin %2.78-2.16, kırımım pencereli köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ise %2.75-2.16 değerleri arasında değiştiği gözlenmiştir.

Çizelge 4.17. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilmiş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı nem oranları değişimi (%)

Uygulama	Depolama sıcaklığı (°C)	Depolama Süresi (Gün)				
		0	15	30	60	90
SHK	4 °C	3.46±0.09	3.37±0.02	3.37±0.04	3.27±0.01	3.47±0.00
	25 °C	3.46±0.09	3.41±0.01	3.40±0.04	3.17±0.01	3.31±0.01
SHKK	4 °C	3.38±0.04	3.26±0.01	2.76±0.02	2.70±0.01	2.76±0.00
	25 °C	3.38±0.04	3.17±0.03	3.06±0.05	3.06±0.02	3.43±0.00
KPK	4 °C	2.59±0.01	2.42±0.02	2.37±0.02	2.23±0.04	2.29±0.04
	25 °C	2.59±0.01	2.39±0.04	2.60±0.01	2.52±0.04	2.78±0.01
KPKK	4 °C	2.50±0.02	2.30±0.01	2.16±0.02	2.17±0.01	2.19±0.04
	25 °C	2.50±0.02	2.40±0.01	2.56±0.01	2.37±0.01	2.75±0.06

Kırımım pencereli kurutma sisteminde elde edilen portakal tozlarının nem oranının sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan örneklerin nem oranına göre daha düşük olmasının nedeninin kırımım pencereli kurutma sisteminde materyalin kurutucudan alınana kadar geçen sürede nem kaybetmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Uygulanan kurutma yöntemleriyle mümkün olduğunca eşdeğer ve hedef nem düzeyinde portakal tozu üretilmesi yönünde gerekli özen gösterilmiş olmakla birlikte, ürünün kurutucudan alınana kadar geçen sürede sıcaklık farklılıklarının ve çevresel koşulların etkisi ile son nem düzeyinde kaçınılmaz farklılıklar meydana gelmiştir.

4.5.2. Su aktivitesi değişimi

Bir gıdanın bileşiminde bulunan suyun buhar basıncının, aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına oranı şeklinde tanımlanan su aktivitesi terimi; gıdaların fiziksel, kimyasal ve en çok da mikrobiyolojik açıdan değişimi için çok önemli bir parametredir (Evranuz ve Kılıç 2006). Kimyasal ve mikrobiyolojik reaksiyonların kontrolü için temel bir faktör olan su aktivitesi değerinin, gıdaların mikrobiyolojik açıdan güvenli bir şekilde muhafaza edilmesinde ve mevcut kalite stabilitesinin sağlanmasında nem içeriğinden daha önemli olduğu ve kontrol edilmesi gerektiği birçok bilimsel kaynakta belirtilmektedir (Saracavos vd.1986).

Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının su aktivitesi değerlerinin verildiği Çizelge 4.18 incelendiğinde, sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin su aktivitesi değerlerinin 0.2543-0.3506, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 0.2071-0.2829, kırımım pencereless kurutma sisteminde kurutulan örneklerin 0.2154-0.3153, kırımım pencereless köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ise 0.2066-0.2540 değerleri arasında değiştiği gözlenmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda, tüm ürünlerin su aktivitesi değerlerinin mikrobiyolojik açıdan güvenli sınır olan 0.6 değerinin altında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.18. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilmiş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı su aktivitesi değerleri değişimi

Uygulama	Depolama sıcaklığı (°C)	Depolama Süresi (Gün)				
		0	15	30	60	90
SHK	4 °C	0.2543±0.00	0.2597±0.00	0.2655±0.00	0.2595±0.00	0.3506±0.00
	25 °C	0.2543±0.00	0.2769±0.00	0.2936±0.00	0.2738±0.00	0.3360±0.00
SHKK	4 °C	0.2251±0.00	0.2257±0.00	0.2282±0.00	0.2071±0.00	0.2829±0.00
	25 °C	0.2251±0.00	0.2227±0.00	0.2300±0.00	0.2221±0.00	0.2551±0.00
KPK	4 °C	0.2264±0.00	0.2306±0.00	0.2335±0.00	0.2154±0.00	0.2579±0.00
	25 °C	0.2264±0.00	0.2469±0.00	0.2737±0.00	0.2884±0.00	0.3153±0.00
KPKK	4 °C	0.2066±0.00	0.2166±0.00	0.2195±0.00	0.2201±0.00	0.2481±0.00
	25 °C	0.2066±0.00	0.2152±0.00	0.2280±0.00	0.2207±0.00	0.2540±0.00

Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının su aktivitesi değerleri üzerine uygulanan kurutma yöntemlerinin, depolama süresinin ve depolama sıcaklığının hangi önem düzeyinde etkili olduğunu gözlemleyebilmek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak su aktivitesi değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Uygulama (U)	3	0.01	1638.86**
Depolama Sıcaklığı (S)	1	0.00	337.95**
Depolama Süresi (D)	4	0.01	1050.80**
UxS	3	0.00	188.37**
UxD	12	0.00	48.48**
SxD	4	0.00	54.53**
UxSxD	12	0.00	39.19**
Hata	40	0.00	

(**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Varyans analiz sonuçlarına göre uygulanan kurutma yöntemlerinin, depolama sıcaklıklarının, depolama süresinin ve bu varyasyon kaynaklarının birbirleri ile etkileşimlerinin portakal tozlarının su aktivitesi değerleri üzerine istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) bir etkisi olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.20. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak Su Aktivitesi değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama	SHK	SHKK	KPK	KPKK	
	0.2824 ^a ±0.01	0.2328 ^c ±0.01	0.2514 ^b ±0.01	0.2235 ^d ±0.00	
Depolama	4	25			
Sıcaklığı(°C)	0.2416 ^b ±0.01	0.2534 ^a ±0.01			
Depolama	0	15	30	60	90
Süresi (Gün)	0.2280 ^d ±0.00	0.2373 ^c ±0.01	0.2465 ^b ±0.01	0.2384 ^c ±0.01	0.2875 ^a ±0.01

Satırlardaki farklı harfler ortalamaların $p < 0.05$ düzeyinde farklı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.20’de verilen Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; yüksek depolama sıcaklıklarında ürünlerin su aktivitesi değerlerinin daha yüksek olduğu, depolama süresindeki artış ile beraber su aktivitesi değerlerinde belirgin bir değişim olmadığı saptanmıştır. Ayrıca elde edilen toz ürünlerde en yüksek su aktivitesi değerinin nem değerine benzer bir şekilde sıcak hava kurutma yöntemi ile elde edilen örneklerde olduğu gözlenmiştir.

4.5.3. Renk değişimi

4.5.3.1. L değeri değişimi

Gıdaların önemli özelliklerinden birisi olan renk, L, a, b değerleri, ton açısı ve doygunluk parametreleri ile ifade edilmektedir (Keskin vd. 2017).

Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının depolama süresi ve depolama sıcaklığına bağlı L değerlerinin değişimi Çizelge 4.21’de verilmiştir. Çizelge 4.21 incelendiğinde sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin L değerlerinin

depolama süresince 71.86-73-81 arasında, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 73.65-74.38, kırımım pencereci kurutma sisteminde kurutulan örneklerin 72.03-75.30, kırımım pencereci köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 72.37-75.56 değeri arasında değıştiğı gözlenmiştir.

Çizelge 4.21. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilmiş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağı L değeri değışimi

Uygulama	Depolama sıcaklığı (°C)	Depolama Süresi (Gün)				
		0	15	30	60	90
SHK	4 °C	71.86±0.32	73.05±0.09	72.45±0.04	73.79±0.50	72.71±0.34
	25 °C	71.86±0.32	73.81±0.01	72.58±0.07	73.70±0.02	73.76±0.08
SHKK	4 °C	74.38±0.18	74.75±0.08	73.37±0.13	74.56±0.04	74.07±0.43
	25 °C	74.38±0.18	74.23±0.16	73.65±0.14	74.27±0.00	74.35±0.17
KPK	4 °C	72.96±0.02	73.89±0.03	72.03±0.18	73.29±0.01	74.83±0.01
	25 °C	72.96±0.02	72.08±0.24	74.24±0.12	73.90±0.07	75.30±0.19
KPKK	4 °C	75.31±0.28	73.78±0.11	72.37±0.03	74.66±0.04	74.66±0.11
	25 °C	75.31±0.28	74.42±0.40	73.58±0.18	74.95±0.14	75.56±0.05

Uygulanan kurutma yöntemlerinin, depolama sıcaklığı ve süresinin portakal tozlarının L değeri üzerine etkisini incelemek amacıyla varyans analizi uygulanmış ve Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağı olarak L değeri değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Uygulama (U)	3	27.55	61.67**
Depolama Sıcaklığı (S)	1	1.81	12.15**
Depolama Süresi (D)	4	17.64	29.61**
UxS	3	1.81	2.64
UxD	12	21.33	11.93**
SxD	4	3.99	6.70**
UxSxD	12	6.84	3.83**
Hata	40	0.15	

(**) $p<0.01$ farklılık ifade eder.

Çizelge 4.22’de verilen varyans analizi sonuçları incelendiğinde, L değeri; uygulanan kurutma yönteminin, depolama sıcaklığının ve depolama süresinin istatistiki açıdan önemli ölçüde ($p<0.01$) etkilediğı belirlenmiştir. Ayrıca L değeri varyasyon kaynaklarının çeşitli interaksiyonları da istatistiksel açıdan önemli ölçüde etkilendiğı ancak L değeri uygulama ve depolama sıcaklığı interaksiyonundan istatistiksel açıdan etkilenmediğı belirlenmiştir.

Çizelge 4.23. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak *L* değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama	SHK	SHKK	KPK	KPKK	
	72.96 ^d ±0.19	74.21 ^b ±0.11	73.55 ^c ±0.24	74.46 ^a ±0.22	
Depolama	4	25			
Sıcaklığı(°C)	73.64 ^b ±0.17	73.94 ^a ±0.16			
Depolama	0	15	30	60	90
Süresi (Gün)	73.63 ^b ±0.35	73.76 ^b ±0.22	73.03 ^c ±0.19	74.14 ^a ±0.15	74.40 ^a ±0.23

Satırlardaki farklı harfler ortalamaların $p<0.05$ düzeyinde farklı olduğunu göstermektedir.

Uygulanan kurutma yönteminin, depolama sıcaklığının ve depolama süresinin portakal tozlarının *L* değerleri üzerine etkisini incelemek amacıyla yapılan Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre, en yüksek *L* değerinin kırım pencere kurutma sisteminde köpük kurutma yöntemi ile kurutulmuş örneklerle, en düşük *L* değerinin ise sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan örneklerle ait olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.23).

Üründe parlaklığı simgeleyen *L* değerlerinin portakal tozlarında farklı olmasının sebebinin, ürünlerin gerçekleştirilen kurutma uygulamalarında sıcaklığa maruz kalma sürelerinin değişkenlik göstermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ürünlerde enzimatik oksidasyona bağlı olarak ortaya çıkan esmerleşmenin de bu duruma katkı sağladığı değerlendirilmiştir. Nitekim kuruma süresinin en düşük olduğu kırım pencere kurutma sisteminde köpük kurutma yöntemi ile üretilen ürünlerin *L* değerlerinin en yüksek olduğu ve en açık-parlak renge sahip olduğu belirlenmiştir. Kuruma süresi açısından değerlendirildiğinde en uzun kuruma süresine sahip olan sıcak hava kurutma sisteminde üretilen ürünlerin *L* değerinin diğer tüm ürünlere göre en düşük olduğu bu sebepten dolayı en koyu renge sahip olduğu bulunmuştur. Çizelge 4.25 incelendiğinde depolama süresi ve sıcaklığındaki artış ile ürünlerinin *L* değerlerinde belirgin bir şekilde değişim olmadığı gözlenmektedir.

Sıcak hava, mikrodalga destekli sıcak hava, ve kırım pencere kurutma sistemlerinde nar pestili üretimine yönelik yapılan bir çalışmada kırım pencere kurutma sisteminde üretilen pestillerin *L* değerinin diğer yöntemlere göre daha yüksek olduğu bu durumun, kuruma süresine bağlı olarak esmerleşme reaksiyonlarının daha düşük seviyede olmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Tontul ve Topuz 2017).

Portakal kabuğu ve pulpunun kurutulması ile ilgili gerçekleştirilen bir çalışmada ürünlerin sıcaklığa maruz kalma süresi ile kararmanın daha yüksek dolayısı ile *L* değerinin düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. İndirgen şeker miktarının fazla oluşu ile enzimatik esmerleşme reaksiyonlarının arttığı, dolayısı ile ürünlerde kararmanın meydana geldiği rapor edilmiştir (Garau vd. 2007).

4.5.3.2. *a* değeri değişimi

Kırmızılığı veya yeşilliği ifade eden *a* değerinin farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarında depolama süresi ve depolama sıcaklığına bağlı olarak değişimi Çizelge 4.24'te verilmiştir. Çizelge 4.24 incelendiğinde sıcak hava kurutma sisteminde

kurutulan ürünlerin a değerlerinin depolama boyunca 7.99-12.60, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 8.42-13.36, kırımım pencereci kurutma sisteminde kurutulan örneklerin 7.65-11.43, kırımım pencereci köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ise 8.09-12.10 değerleri arasında değiştiği gözlenmiştir.

Çizelge 4.24. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilmiş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı a değerleri değişimi

Uygulama	Depolama sıcaklığı (°C)	Depolama Süresi (Gün)				
		0	15	30	60	90
SHK	4 °C	12.60±0.09	12.25±0.04	7.99±0.00	8.77±0.26	9.16±0.16
	25 °C	12.60±0.09	11.69±0.12	8.32±0.02	8.33±0.46	8.58±0.10
SHKK	4 °C	13.36±0.07	12.21±0.29	8.42±0.19	8.90±0.51	9.67±0.03
	25 °C	13.36±0.07	12.4±0.10	8.74±0.13	9.00±0.06	8.68±0.27
KPK	4 °C	11.13±0.08	10.28±0.04	8.35±0.11	8.46±0.08	7.65±0.07
	25 °C	11.13±0.08	11.43±0.07	8.01±0.27	8.55±0.03	7.38±0.02
KPKK	4 °C	11.54±0.21	11.10±0.08	8.88±0.01	9.01±0.03	9.16±0.29
	25 °C	11.54±0.21	12.10±0.11	8.45±0.13	8.65±0.09	8.09±0.12

Kurutma yöntemlerinin, depolama süresinin ve depolama sıcaklığının portakal tozlarının a değerleri üzerine etkisini gözlemleyebilmek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 4.25'te verilmiştir.

Çizelge 4.25. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak a değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Uygulama (U)	3	5.24	44.07**
Depolama Sıcaklığı (S)	1	0.17	1.47
Depolama Süresi (D)	4	55.17	463.73**
UxS	3	0.13	1.10
UxD	12	0.74	6.21**
SxD	4	0.71	5.97**
UxSxD	12	0.22	1.86
Hata	40	0.19	

(**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Varyans analizi sonuçları incelendiğinde, a değerini; uygulanan kurutma yöntemi, depolama süresinin önemli ölçüde ($p < 0.01$) etkilediği belirlenmiştir. Ancak a değeri üzerinde depolama sıcaklığının istatistiki açıdan herhangi bir öneminin olmadığı anlaşılmıştır.

Çizelge 4.26. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarında depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak *a* değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama	SHK	SHKK	KPK	KPKK	
	10.47 ^a ±0.44	10.03 ^b ±0.46	9.24 ^c ±0.35	9.85 ^b ±0.34	
Depolama	4	25			
Sıcaklığı(°C)	9.94 ^a ±0.27	9.85 ^a ±0.30			
Depolama	0	15	30	60	90
Süresi (Gün)	12.15 ^a ±0.23	11.68 ^b ±0.18	8.39 ^d ±0.09	8.71 ^c ±0.11	8.54 ^{cd} ±0.20

Satırlardaki farklı harfler ortalamaların $p<0.05$ düzeyinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre ise (Çizelge 4.26) en yüksek *a* değerinin sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan örnekler için olduğu belirlenmiştir. En yüksek diğer sonucun ise sıcak hava kurutma sisteminde köpük kurutma yöntemi ile elde edilen örnekler için olduğu bulunmuştur. Depolama sıcaklığının *a* değeri üzerine istatistiki açıdan öneminin bulunmadığı ayrıca depolama süresi boyunca *a* değerinin 12.15 değerinden 8.54 değerine düşüş gösterdiği gözlemlenmiştir.

Portakal kabuklarının kurutulması ve fiziksel özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, yüksek sıcaklık ve süreye maruz kalan ürünlerin *a* değerinin yükseldiği, bu bulgunun nedeninin ise kurutma sıcaklığı ve süresine bağlı olarak kabuk bünyesindeki flavonoid ve karotenoidlerin tahribata uğraması olduğu rapor edilmiştir (Contreras vd. 2008).

4.5.3.3. *b* değeri değişimi

Sarılık ve mavilik özelliğini gösteren *b* değerinin farklı yöntemlerle kurutulmuş portakal tozlarında depolama süresi ve depolama sıcaklığına bağlı değişimi Çizelge 4.27’de verilmiştir. Sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin *b* değerlerinin depolama boyunca 38.04-43.55, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 34.25-45.92, kırımım pencereli kurutma sisteminde kurutulan örneklerin 34.67-44.86, kırımım pencereli köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 35.87-47.21 değerleri arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.27. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilmiş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı *b* değerleri değişimi

Uygulama	Depolama sıcaklığı (°C)	Depolama Süresi (Gün)				
		0	15	30	60	90
SHK	4 °C	43.55±0.35	40.32±0.66	42.72±0.21	40.78±0.29	40.20±0.02
	25 °C	43.55±0.35	38.42±0.02	40.18±0.17	38.39±0.94	38.04±0.47
SHKK	4 °C	45.92±0.10	42.74±0.21	43.18±0.22	42.2±0.05	40.52±0.23
	25 °C	45.92±0.10	39.07±0.03	36.06±0.13	36.29±0.12	34.25±0.36
KPK	4 °C	44.86±0.09	40.60±0.09	42.66±0.13	41.43±0.06	38.84±0.04
	25 °C	44.86±0.09	38.28±0.04	36.76±0.17	37.21±0.09	34.67±0.02
KPKK	4 °C	47.21±0.48	44.10±0.35	46.23±0.05	43.67±0.07	43.55±0.21
	25 °C	47.21±0.48	42.59±0.25	37.18±0.11	40.16±0.52	35.87±0.05

Uygulanan kurutma yöntemlerinin, depolama süresinin ve depolama sıcaklığının portakal tozlarının *b* değerleri üzerine etkilerini gözlemleyebilmek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 4.28’de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak *b* değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Uygulama (U)	3	29.18	87.11**
Depolama Sıcaklığı (S)	1	251.34	750.33**
Depolama Süresi (D)	4	111.52	332.91**
UxS	3	8.50	25.36**
UxD	12	3.27	9.76**
SxD	4	23.47	70.06**
UxSxD	12	2.17	6.49**
Hata	40	0.33	

(**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Varyans analizi sonuçları incelendiğinde, farklı kurutma uygulamaları, depolama sıcaklığı, depolama süresi ve bu varyasyon kaynaklarının çeşitli interaksiyonlarının ürünlerin *b* değerleri üzerinde istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) etkileri olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.29. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak *b* değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama	SHK	SHKK	KPK	KPKK	
	40.61 ^c ±0.47	40.67 ^b ±0.90	40.62 ^b ±0.75	42.78 ^a ±0.87	
Depolama	4	25			
Sıcaklığı(°C)	42.79 ^a ±0.35	39.25 ^b ±0.59			
Depolama	0	15	30	60	90
Süresi (Gün)	45.39 ^a ±0.37	40.76 ^b ±0.54	40.62 ^b ±0.89	40.08 ^c ±0.65	38.24 ^d ±0.78

Satırlardaki farklı harfler ortalamaların $p < 0.05$ düzeyinde farklı olduğunu göstermektedir.

Uygulanan kurutma yönteminin, depolama sıcaklığının ve depolama süresinin *b* değeri üzerine etkilerini incelemek amacıyla yapılan Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçlarına göre (Çizelge 4.29), en yüksek *b* değerinin kırımım pencereci kurutma sisteminde köpük kurutma yöntemi ile elde edilen ürünlere ait olduğu, en düşük *b* değerinin ise sıcak hava kurutma sisteminde elde edilen ürünlere ait olduğu belirlenmiştir. Bu durumun uygulanan sıcaklığa maruz kalma süresinin uzaması ile ürünlere sarı rengi veren karotenoid bileşiklerinin degrade olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Depolama süresinin ve depolama sıcaklığının artması ile *b* değerinde düşüş olduğu gözlemlenmiştir ve bu düşüşün sebebinin depolama boyunca karotenoidlerin oksidasyonu ile ilişkili olduğu değerlendirilmiştir (Williams vd. 1986).

Portakal püresinin ve kabuklarının sıcak hava kurutma sisteminde farklı sıcaklık değerlerinde kurutulması ve elde edilen ürünlerin çeşitli fizikokimyasal analizlerinin

gerçekleştirildiği bir çalışmada, *b* değeri 41.63-45.17 değerleri arasında değiştiği rapor edilmiştir (Garau vd. 2007). Gerçekleştirilen tez çalışmasından elde edilen sonuçların literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir.

4.5.3.4. Ton açısı (°) değeri

Rengin niteliği hakkında bilgi veren ton açısı değerinin farklı yöntemlerle kurutulmuş portakal tozlarında depolama süresi ve depolama sıcaklığına bağlı değişimi Çizelge 4.33'te verilmiştir. Sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin ton açısı değerlerinin depolama boyunca 73.65-79.42°, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 72.39-78.99°, kırımım pencereli kurutma sisteminde kurutulan örneklerin 73.40-80.33°, kırımım pencereli köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ise 73.03-78.24° değerleri arasında değiştiği gözlenmiştir.

Çizelge 4.30. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilmiş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı ton açısı değerleri değişimi (°)

Uygulama	Depolama sıcaklığı (°C)	Depolama Süresi (Gün)				
		0	15	30	60	90
SHK	4 °C	74.15±0.20	74.69±0.05	79.42±0.05	79.09±0.29	78.91±0.23
	25 °C	74.15±0.20	73.65±0.18	78.23±0.13	78.84±0.14	77.25±0.26
SHKK	4 °C	75.17±0.05	74.04±0.45	78.99±0.21	77.88±0.36	76.64±0.33
	25 °C	75.17±0.05	72.39±0.15	76.39±0.30	76.08±0.04	74.41±0.14
KPK	4 °C	75.46±0.11	76.17±0.05	79.7±0.16	79.24±0.14	80.33±0.12
	25 °C	75.46±0.11	73.40±0.12	79.59±0.11	78.44±0.21	78.62±0.04
KPKK	4 °C	75.84±0.38	75.57±0.28	78.24±0.02	77.53±0.09	75.84±0.38
	25 °C	75.84±0.38	73.03±0.08	77.30±0.01	77.20±0.12	76.88±0.21

Çizelge 4.31. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak ton açısı değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Uygulama (U)	3	12.37	75.37**
Depolama Sıcaklığı (S)	1	24.39	148.58**
Depolama Süresi (D)	4	59.40	361.88**
UxS	3	0.60	3.63*
UxD	12	2.28	13.90**
SxD	4	2.30	14.02**
UxSxD	12	0.48	2.93**
Hata	40	0.16	

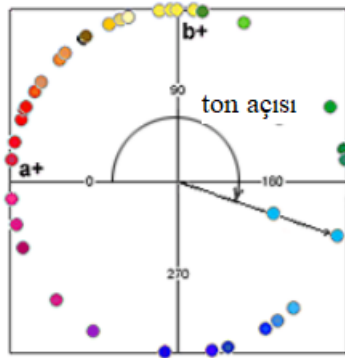
(*) $p < 0.05$ ve (**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Varyans analizi sonuçlarının verildiği Çizelge 4.31 incelendiğinde depolama örneklerinin ton açısı üzerine, farklı kurutma uygulamalarının, depolama sıcaklığının ve süresinin, varyasyon kaynaklarının ve interaksiyonlarının istatistikî açıdan önemli ($p < 0.01$) etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.32. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak ton açısı değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Uygulama	SHK	SHKK	KPK	KPKK	
	76.84 ^b ±0.53	75.74 ^d ±0.42	76.50 ^c ±0.34	77.64 ^a ±0.51	
Depolama	4	25			
Sıcaklığı(°C)	77.23 ^a ±0.32	76.13 ^b ±0.33			
Depolama	0	15	30	60	90
Süresi (Gün)	75.15 ^d ±0.18	74.12 ^e ±0.32	78.48 ^a ±0.29	78.04 ^a ±0.27	77.62 ^c ±0.42

Satırlardaki farklı harfler ortalamaların $p<0.05$ düzeyinde farklı olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.15. Ton açısı değerinin değişimine bağlı olarak renk tonları (Torun 2015)

Çizelge 4.32 incelendiğinde, Şekil 4.15'te gösterilen bilgiler doğrultusunda, kırımım pencereli köpük kurutma yöntemi ile elde edilen ürünlerin b değerlerine benzer şekilde diğer örneklerle kıyasla daha yüksek ton açısı değerine sahip olup, en çok sarılık-turunculuk özelliği gösterdiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca bu bilgilere ek olarak depolama süresi boyunca ton açısı değerinin 75.15 değerinden 77.62 değerine çıktığı görülmüştür.

Literatürde gerçekleştirilen bir çalışmada portakal sularının renk homojenliğini ve parlaklığını temsil eden ton açısı değerinin 72-80° arasında değiştiği ve ısı ile istatistiki açıdan önemli bir etkisinin olmadığı rapor edilmiştir (Bozkır 2010). Tez çalışması kapsamında elde edilen değerler literatürde bildirilen değerler ile genel olarak uyumlu bulunmuştur.

4.5.3.5. Doygunluk (C) değeri

Hunter renk ölçüm sonuçlarından elde edilen a ve b değerlerinin kareleri toplamının karekökünden hesaplanan ve ışığın yansıma şiddetini belirten doymunluk değerinin farklı yöntemlerle kurutulmuş portakal tozlarında depolama süresi ve depolama sıcaklığına bağlı değişimi Çizelge 4.33'te verilmiştir. Çizelge 4.33 incelendiğinde sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin ton açısı değerlerinin depolama boyunca 36.86-45.13, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 35.34-47.69, kırımım pencereli kurutma sisteminde kurutulan örneklerin 37.92-49.02, kırımım pencereli köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ise 35.62-45.37 değerleri arasında değiştiği gözlenmiştir.

Çizelge 4.33. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilmiş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı doygunluk değerleri

Uygulama	Depolama sıcaklığı (°C)	Depolama Süresi (Gün)				
		0	15	30	60	90
SHK	4 °C	45.13±0.21	43.64±0.46	43.46±0.21	41.45±0.32	43.78±0.09
	25 °C	45.13±0.21	40.16±0.01	40.52±0.52	36.86±0.65	38.99±0.44
SHKK	4 °C	47.69±0.02	44.40±0.14	43.82±0.38	43.89±0.01	40.56±0.24
	25 °C	47.69±0.02	40.97±0.01	36.44±0.39	37.38±0.16	35.34±0.28
KPK	4 °C	49.02±0.12	44.88±0.04	46.88±0.00	46.98±0.03	44.14±0.40
	25 °C	49.02±0.12	44.23±0.39	37.92±0.13	40.99±0.56	36.60±0.05
KPKK	4 °C	45.34±0.40	42.28±0.39	43.58±0.13	42.33±0.00	39.76±0.00
	25 °C	45.34±0.40	40.04±0.01	37.75±0.21	38.18±0.05	35.62±0.02

Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının doygunluk değerleri üzerine farklı uygulamaların, depolama süresinin ve depolama sıcaklığının etkilerini gözlemleyebilmek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 4.34'te verilmiştir.

Çizelge 4.34. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak doygunluk değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Uygulama (U)	3	33.99	117.17**
Depolama Sıcaklığı (S)	1	302.88	1044.18**
Depolama Süresi (D)	4	126.48	436.06**
UxS	3	3.06	10.55**
UxD	12	5.98	20.60**
SxD	4	27.26	93.99**
UxSxD	12	2.18	7.51**
Hata	40	0.29	

(**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Çizelge 4.34 incelendiğinde farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının doygunluk değeri üzerine, uygulamaların, depolama sıcak ve süresinin, varyasyon kaynaklarının çeşitli interaksiyonlarının istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) etkisi olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.35. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak doygunluk değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Uygulama	SHK	SHKK	KPK	KPKK	
	41.91 ^b ±0.61	41.82 ^b ±0.97	41.02 ^c ±0.72	44.06 ^a ±0.95	
Depolama	4	25			
Sıcaklığı (°C)	44.15 ^a ±0.37	40.28 ^b ±0.63			
Depolama	0	15	30	60	90
Süresi (Gün)	46.79 ^a ±0.43	42.57 ^b ±0.49	41.29 ^c ±0.90	41.01 ^c ±0.85	39.35 ^d ±0.83

Satırlardaki farklı harfler ortalamaların $p < 0.05$ düzeyinde farklı olduğunu göstermektedir.

En yüksek doygunluk değerinin kırınım pencereli köpük kurutma yöntemi ile elde edilen örneklerle, en düşük doygunluk değerinin ise kırınım pencereli kurutma yöntemi ile üretilen örneklerle ait olduğu, depolama sıcaklığı ve süresindeki artış ile doygunluk değerlerinin azalış gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.35).

4.5.4. Yığın yoğunluğu değişimi

Belirli bir hacimdeki örnek miktarının karşılığı olan yığın yoğunluğu değeri, toz ürünlerin depolama şeklini, stabilitesini ve akış davranışlarını etkileyen önemli bir özelliktir. Yığın yoğunluğu değerinin düşük olması ürünleri paketlemede kullanılacak paket hacmini arttırdığı için genellikle istenmeyen bir durum olarak ortaya çıkmaktadır.

Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının yığın yoğunluk değerleri Çizelge 4.36'da verilmiştir. Çizelge 4.36 incelendiğinde sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin yığın yoğunluğu değerlerinin 0.5279-0.6268 g/cm³, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 0.4918-0.6154 g/cm³, kırınım pencereli kurutma sisteminde kurutulan örneklerin 0.5151-0.6132 g/cm³, kırınım pencereli köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ise 0.4611-0.5779 g/cm³ değerleri arasında değiştiği gözlenmiştir.

Çizelge 4.36. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı yığın yoğunluğu değerleri değişimi (g/cm³)

Uygulama	Depolama sıcaklığı (°C)	Depolama Süresi (Gün)				
		0	15	30	60	90
SHK	4 °C	0.5279±0.00	0.5724±0.00	0.5503±0.00	0.5739±0.00	0.6011±0.01
	25 °C	0.5279±0.00	0.6170±0.00	0.5934±0.01	0.6268±0.01	0.6039±0.02
SHKK	4 °C	0.4918±0.00	0.5086±0.01	0.5263±0.00	0.5397±0.00	0.5858±0.00
	25 °C	0.4918±0.00	0.6078±0.00	0.6130±0.00	0.6154±0.02	0.5934±0.00
KPK	4 °C	0.5288±0.00	0.5151±0.00	0.5240±0.00	0.5508±0.00	0.6132±0.00
	25 °C	0.5288±0.00	0.5417±0.00	0.5597±0.00	0.5694±0.00	0.5407±0.02
KPKK	4 °C	0.4611±0.00	0.4980±0.00	0.5167±0.00	0.5779±0.00	0.5576±0.00
	25 °C	0.4611±0.00	0.5242±0.00	0.5505±0.00	0.5696±0.00	0.5646±0.00

Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının yığın yoğunluğu değerlerinin kurutma yöntemi, depolama sıcaklığı ve depolama süresinden nasıl ve ne ölçüde etkilendiğini gözlemlemek için varyans analizi uygulanmıştır (Çizelge 4.37).

Çizelge 4.37. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı yığın yoğunluğu değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Uygulama (U)	3	0.01	58.37**
Depolama Sıcaklığı (S)	1	0.01	73.54**
Depolama Süresi (D)	4	0.02	104.25**
UxS	3	0.00	16.63**
UxD	12	0.00	6.92**
SxD	4	0.03	21.81**
UxSxD	12	0.00	3.38*
Hata	40	0.00	

(*) $p < 0.05$ ve (**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Örneklerin yığın yoğunluğu değerleri üzerine uygulanan kurutma yöntemi, depolama sıcaklığı ve süresinin, varyasyon kaynaklarının çeşitli interaksiyonlarının etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.01$). Uygulama x depolama sıcaklığı x depolama süresi interaksiyonunun ise ($p < 0.05$) seviyesinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.38. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak yığın yoğunluğu değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama	SHK	SHKK	KPK	KPKK	
	0.5794 ^a ±0.01	0.5573 ^b ±0.01	0.5472 ^c ±0.01	0.5281 ^d ±0.01	
Depolama Sıcaklığı(°C)	4	25			
	0.5412 ^b ±0.01	0.5650 ^a ±0.01			
Depolama Süresi (Gün)	0	15	30	60	90
	0.5024 ^c ±0.01	0.5481 ^b ±0.11	0.5542 ^b ±0.09	0.5779 ^a ±0.01	0.5835 ^a ±0.01

Satırlardaki farklı harfler ortalamaların $p < 0.05$ düzeyinde farklı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.38'e göre en yüksek yığın yoğunluk değerinin sıcak hava kurutma sisteminde üretilen portakal tozlarına, en düşük yığın yoğunluğu değerinin ise kırımlı pencereli köpük kurutma yöntemi ile üretilen örneklerle ait olduğu saptanmıştır. Oluşan bu farklı ürünlerin nem oranı ile de ilişkili olduğu, nem oranının artması ile yığın yoğunluğun arttığı belirlenmiştir. Depolama sıcaklığındaki artış ile ürünlerin yığın yoğunluğu değerlerinde artış gözlemlenmiş ve bu değişimin nem değerindeki artış ile paralel olduğu, yüksek nem değerlerinde ürünlerin daha yapışkan yapıya sahip olduğundan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Nitekim depolama süresindeki artış ile de ürünlerin yapısında yer alan su yüzeylere ilerleyip gıda içerisindeki partiküller ile sıvı köprüleri oluşturmaktadır. Bu nedenle ürünlerde yapışkanlık gözlemlenmiş ve partiküller arası hava boşluğu azaldığı için yığın yoğunluğu değerleri arttığı fark edilmiştir.

Buğday ununun toz özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, depolama süresindeki artış ile yığın yoğunluğu değerlerinin arttığı, bu durumun nedeninin ise toz ürünün zamana bağlı olarak yapısal sertleşmeye uğradığı ve ürün içerisindeki nem miktarının direkt etkili olduğu rapor edilmiştir (Domian ve Poszytek 2005).

Literatürde konu ile ilgili yapılan bir başka çalışmada ise bal tozları farklı sıcaklıklarda depolanmış ve depolama süresine bağlı olarak yığın yoğunluk değerleri karşılaştırılmıştır. Depolama sıcaklığı ve süresindeki artış ile birlikte yığın yoğunluk değerlerinin yükseldiği belirtilmiştir (Koç 2015).

Literatürde püskürterek kurutma yöntemi ile üretilen portakal tozlarının fiziksel özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, ürünlerin yığın yoğunlukları 0.75-0.45 g/cm³ aralığına bulunmuştur (Chegini ve Ghobadian 2007). Bir başka çalışmada ise tatlı portakallar %6 nem içeriğine kadar sıcak havada kurutulmuş ve elde edilen toz örneklerin yığın yoğunluk değerleri 0.51 g/cm³ olarak bulunmuştur. Tez çalışması kapsamında belirlenen yığın yoğunluğu değerleri genel olarak literatür ile uyumludur.

4.5.5. Sıkıştırılmış yoğunluk değişimi

Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının sıkıştırılmış yoğunluk değerleri Çizelge 4.39'da verilmiştir. Çizelge 4.39 incelendiğinde sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin yığın yoğunluk değerlerinin 0.6244-0.7354 g/cm³, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 0.5968-0.7472 g/cm³, kırımım pencereli kurutma sisteminde kurutulan örneklerin 0.6139-0.7081 g/cm³, kırımım pencereli köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ise 0.6438-0.7122 g/cm³ değerleri arasında değiştiği gözlenmiştir.

Çizelge 4.39. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı sıkıştırılmış yoğunluk değerleri değişimi (g/cm³)

Uygulama	Depolama sıcaklığı (°C)	Depolama Süresi (Gün)				
		0	15	30	60	90
SHK	4 °C	0.6244±0.00	0.7135±0.00	0.6594±0.00	0.7234±0.00	0.7354±0.01
	25 °C	0.6244±0.00	0.7584±0.00	0.7131±0.00	0.7229±0.00	0.7325±0.00
SHKK	4 °C	0.5968±0.00	0.6630±0.00	0.6973±0.01	0.7234±0.00	0.7472±0.00
	25 °C	0.5968±0.00	0.6499±0.01	0.7322±0.01	0.7354±0.01	0.7400±0.01
KPK	4 °C	0.6676±0.00	0.6511±0.00	0.6139±0.00	0.6880±0.00	0.6975±0.01
	25 °C	0.6676±0.00	0.6823±0.01	0.6695±0.01	0.6985±0.00	0.7081±0.01
KPKK	4 °C	0.6818±0.01	0.6692±0.00	0.6438±0.00	0.7036±0.02	0.7060±0.01
	25 °C	0.6818±0.00	0.6617±0.00	0.6660±0.00	0.7122±0.00	0.7056±0.00

Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının sıkıştırılmış yoğunluk değerlerinin kurutma yöntemi, depolama sıcaklığı ve depolama süresine bağlı değişimine ait varyans analizi sonuçlar Çizelge 4.40'da verilmiştir.

Çizelge 4.40. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak sıkıştırılmış yoğunluk değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Uygulama (U)	3	0.00	18.43**
Depolama Sıcaklığı (S)	1	0.00	24.32**
Depolama Süresi (D)	4	0.02	123.53**
UxS	3	0.00	3.04*
UxD	12	0.00	30.72**
SxD	4	0.00	9.03**
UxSxD	12	0.00	1.45
Hata	40	0.00	

(*) $p < 0.05$ ve (**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Portakal tozlarının sıkıştırılmış yoğunluk değerleri uygulamalardan, depolama sıcaklığı ve süresinden, varyasyon kaynaklarının ikili interaksyonlarından (uygulama x depolama süresi interaksyonu hariç) istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) düzeyde etkilenmiştir.

Çizelge 4.41. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak sıkıştırılmış yoğunluk değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	SHK	SHKK	KPK	KPKK	
Uygulama	0.7007 ^a ±0.01	0.6881 ^b ±0.01	0.6744 ^c ±0.01	0.6831 ^b ±0.01	
Depolama Sıcaklığı(°C)	4	25			
	0.6803 ^a ±0.01	0.6929 ^b ±0.01			
Depolama Süresi (Gün)	0	15	30	60	90
	0.6426 ^c ±0.01	0.6811 ^b ±0.01	0.6744 ^b ±0.01	0.7134 ^a ±0.01	0.7215 ^a ±0.01

Satırlardaki farklı harfler ortalamaların $p < 0.05$ düzeyinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.41), en yüksek sıkıştırılmış yoğunluk değerinin yığın yoğunluk değerine benzer şekilde sıcak hava kurutma sisteminde üretilen örnekler için olduğu bulunmuştur. Depolama sıcaklığındaki artış ile ürünlerin sıkıştırılmış yoğunluk değerlerinin yığın yoğunluk değerlerine zıt bir şekilde azaldığı gözlemlenmiştir. Bu durumun depolama sıcaklığındaki artış ile ürünlerde yapışma probleminin artması ve ürünlerin sıkıştırılabilirlik özelliğini kaybetmesi olduğu düşünülmektedir.

4.5.6. Akabilirlik değişimi

Toz ürünlerin ambalajlama ve nakliye koşullarını belirlemede ihtiyaç duyulan ve son ürünün kalitesinin bir göstergesi olan akabilirlik değeri sıkıştırılmış yoğunluk ve yığın yoğunluğu değerleri ile hesaplanan bir terimdir (Sims, 1989, Barbosa-Cánovas vd. 2005). Akabilirlik değeri Carr İndeksi olarak da adlandırılmaktadır. Carr İndeksi (CI) değerlerinin 15'ten küçük olması durumunda ürünün akabilirliğinin çok iyi, 15-20 arasında ise iyi, 20-35 arasında ise zayıf, 35-45 arasında ise kötü ve 45'ten büyük ise çok kötü olarak belirtilmiştir (Carr 1965).

Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının akabilirlik değerleri Çizelge 4.42'de verilmiştir. Sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin yığın yoğunluk değerlerinin 16.30-20.67, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 16.22-25.40, kırımın pencereless kurutma sisteminde kurutulan örneklerin 14.64-23.50, kırımın pencereless köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ise 13.34-32.37 değerleri arasında değiştiği gözlenmiştir.

Çizelge 4.42. Farklı yöntemlerle kurutulmuş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı akabilirlik değerleri değişimi

Uygulama	Depolama sıcaklığı (°C)	Depolama Süresi (Gün)				
		0	15	30	60	90
SHK	4 °C	15.45±0.06	19.77±0.47	16.54±0.89	20.67±0.27	18.26±0.26
	25 °C	15.45±0.06	18.65±0.37	16.79±0.79	16.30±1.35	17.55±2.06
SHKK	4 °C	17.59±0.46	23.27±1.91	24.50±0.82	25.40±0.29	21.61±0.71
	25 °C	17.59±0.46	16.46±0.47	16.22±1.93	16.27±2.88	19.79±1.30
KPK	4 °C	20.79±0.03	20.88±0.14	14.64±0.32	19.94±0.45	22.09±0.34
	25 °C	20.79±0.03	20.60±1.01	16.41±0.24	18.49±0.30	23.50±4.13
KPKK	4 °C	32.37±0.14	25.57±1.15	19.74±0.39	17.80±1.27	21.01±0.11
	25 °C	32.37±0.14	20.78±0.27	13.34±0.22	20.01±0.69	19.98±0.01

Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının akabilirlik değerlerinin uygulama, depolama sıcaklığı ve süresinden istatistiki açıdan nasıl etkilendiğini gözlemlemek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 4.43'te verilmiştir.

Çizelge 4.43. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı akabilirlik değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Uygulama (U)	3	107.68	21.70**
Depolama Sıcaklığı (S)	1	78.24	15.76**
Depolama Süresi (D)	4	29.93	6.03**
UxS	3	76.96	15.51**
UxD	12	51.67	10.41**
SxD	4	37.57	7.57**
UxSxD	12	17.06	3.44*
Hata	40	4.96	

(*) $p < 0.05$ ve (**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Çizelge 4.43'te verilen değerler incelendiğinde ürünlerin akabilirlik değerlerinin kurutma uygulamalarından, depolama sıcaklığı ve süresinden, varyasyon kaynaklarının ikili interaksiyonlarından (uygulama x depolama süresi interaksiyonu hariç) istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) şekilde etkilendiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.44. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak akabilirlik değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Uygulama	SHK	SHKK	KPK	KPKK	
	17.24 ^c ±0.56	18.87 ^b ±1.28	18.81 ^b ±0.87	22.70 ^a ±1.23	
Depolama	4	25			
Sıcaklığı(°C)	18.42 ^b ±0.82	20.39 ^a ±0.72			
Depolama	0	15	30	60	90
Süresi (Gün)	21.55 ^a ±1.69	19.48 ^b ±1.41	17.77 ^b ±0.81	18.99 ^b ±0.97	19.22 ^b ±1.04

Satırlardaki farklı harfler ortalamaların $p<0.05$ düzeyinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma sonuçlarının verildiği Çizelge 4.44 incelendiğinde sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan örneklerin en iyi akış özelliğine sahip olduğu belirlenmiştir. Kırınım pencereli köpük kurutma yöntemi ile kurutulmuş ürünlerin akabilirliği zayıf, diğer yöntemler ile elde edilen ürünlerin hepsinin akabilirliği iyi düzeyde bulunmuştur. Depolama sıcaklığının artışı ile ürünlerin akabilirliği olumsuz etkilenmiştir. Nitekim 4°C de depolanan örneklerin akabilirliği iyi iken, 25°C de depolanan örneklerin akabilirliği zayıftır. Bu durumun nedeni, depolama sıcaklığındaki artış ile ürünlerde meydana gelen yapışma ve topaklaşmanın ürünün akabilirliğini olumsuz yönde değiştirmesidir (Koç 2015). Depolama süresindeki artış ile tüm ürünlerin akabilirlik değerlerinde 0. günden 15. güne akabilirlik değerleri azalmış dolayısı ile akabilme yeteneğinin artmış olduğu 15. günden depolamanın sonuna kadar ürünlerinin akabilirlik değerlerinin istatistiki açıdan önemli ölçüden etkilenmediği belirlenmiştir.

4.5.7. Çözünürlük değişimi

Toz ürünlerin suda çözünürlüğü ürünün kalitesi açısından önem taşımaktadır. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının çözünürlük değerleri Çizelge 4.45'te verilmiştir. Çizelge 4.45 incelendiğinde sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin çözünürlük değerlerinin %23.59- 27.51, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin %26.27-30.11, kırınım pencereli kurutma sisteminde kurutulan örneklerin %21.60-24.00, kırınım pencereli köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ise %25.42-28.95 değerleri arasında değiştiği gözlenmiştir.

Çizelge 4.45. Farklı yöntemlerle kurutulmuş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı çözünürlük değerleri değişimi (%)

Uygulama	Depolama sıcaklığı (°C)	Depolama Süresi (Gün)				
		0	15	30	60	90
SHK	4 °C	27.51±0.35	26.09±0.04	25.42±0.02	24.94±0.09	23.59±0.13
	25 °C	27.51±0.35	27.00±0.01	25.29±0.24	24.09±0.25	24.14±0.04
SHKK	4 °C	30.11±0.40	28.41±0.03	27.80±0.08	27.11±0.01	26.27±0.13
	25 °C	30.11±0.40	29.00±0.01	27.95±0.43	27.28±0.12	27.00±0.02
KPK	4 °C	23.31±0.04	23.18±0.02	23.10±0.06	22.67±0.24	21.60±0.39
	25 °C	23.31±0.04	24.00±0.08	22.42±0.19	22.61±0.52	23.82±0.05
KPKK	4 °C	28.95±0.08	28.00±0.04	27.07±0.01	27.70±0.08	25.43±0.02
	25 °C	28.95±0.08	27.67±0.16	26.52±0.10	26.67±0.16	25.42±0.01

Çizelge 4.46. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı çözünürlük değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Uygulama (U)	3	101.00	693.50**
Depolama Sıcaklığı (S)	1	0.31	2.13
Depolama Süresi (D)	4	20.17	138.48**
UxS	3	0.68	4.70**
UxD	12	1.18	8.09**
SxD	4	1.21	7.70**
UxSxD	12	0.29	1.99
Hata	40	0.15	

(*) $p < 0.05$ ve (**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Ürünlerin çözünürlük değerlerinin varyasyon kaynakları ile ilişkisini gözlemlemek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 4.46'da verilmiştir. Ürünlerin çözünürlük değerlerinin kurutma yöntemi, depolama süresi ve varyasyon kaynaklarının ikili interaksiyonlarından istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) düzeyde etkilendiği belirlenmiştir. Çözünürlük değerinin depolama boyunca depolama sıcaklığından istatistiki açıdan etkilenmediği varyans analiz sonuçları tablosu incelendiğinde anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.47. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı % çözünürlük değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama	SHK	SHKK	KPK	KPKK	
	25.55 ^c ±0.32	28.10 ^a ±0.29	23.00 ^d ±0.17	27.24 ^b ±0.28	
Depolama	4	25			
Sıcaklığı(°C)	25.91 ^a ±0.37	26.04 ^a ±0.35			
Depolama	0	15	30	60	90
Süresi (Gün)	27.55 ^a ±0.64	26.58 ^b ±0.54	25.71 ^c ±0.51	25.36 ^d ±0.51	24.66 ^e ±0.42

Satırlardaki farklı harfler ortalamaların $p < 0.05$ düzeyinde farklı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.47 incelendiğinde, en yüksek çözünürlüğün sıcak hava köpük kurutma yöntemi uygulanan örnekler için olduğu en düşük çözünürlük değerinin ise, kırınım pencereli kurutma sisteminde kurutulan örnekler için olduğu belirlenmiştir. Depolama sıcaklığı ürünlerin çözünürlük değerini etkilememiş, depolama süresinin artması ile de ürünlerin çözünürlüğünde azalış gözlemlenmiştir.

Köpük kurutma yöntemi uygulanan örneklerin çözünürlüğünün diğer örnekler için yüksek olmasının sebebi, pürelere eklenen köpük yapıcı materyallerin suda çözünürlüğünün yüksek oluşundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Portakal pürelerinin sıcak hava sisteminde kurutulup fizikokimyasal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, 90°C sıcaklıkta elde edilen toz ürünlerinin çözünürlüğü %25.9 olarak bulunmuştur (Garau vd. 2007). Tez çalışması kapsamında elde edilen çözünürlük değerlerinin literatür çalışmaları genel olarak uyumlu olduğu görülmektedir. Ayrıca literatürde renklendirici

olarak yağda çözünen karotenoid bileşenleri içeren ürünlerin çözünürlüğünün düşük olduğu rapor edilmiştir. (Koç 2015).

4.5.8. Parçacık boyutu

Toz ürünlerin parçacık büyüklüğü, tozların akıcılığını etkileyen en önemli fiziksel özelliklerden biridir. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen ürünlerin partikül boyutu sonuçları YAO, HAO, D10, D50, D90 ve Açıklık değerleri olarak Çizelge 4.48’de verilmiştir.

Çizelge 4.48. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının partikül boyutu (µm) analiz sonuçları

Uygulama	YAO	HAO	D10	D50	D90	Açıklık
SHK	65.41±0.16	314.11±8.81	33.75±0.22	251.12±3.15	689.87±21.88	2.62±0.05
SHKK	90.58±0.99	345.24±4.34	44.86±0.46	294.33±10.53	713.39±12.27	2.28±0.04
KPK	72.74±0.05	378.83±2.45	39.82±0.12	296.24±10.24	781.96±8.43	2.52±0.06
KPKK	60.73±0.32	308.82±2.40	31.04±0.21	243.96±1.85	692.59±0.47	2.71±0.02

HAO: Hacim ağırlıklı ortalama

YAO: Yüzey ağırlıklı ortalama

D₁₀: Partiküllerin %10’u belirtilen değerden küçüktür

D₅₀: Partiküllerin %50’si belirtilen değerden küçüktür

D₉₀: Partiküllerin %90’ı belirtilen değerden küçüktür

Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen toz örneklerin partikül boyutu değerlerinin gerçekleştirilen uygulamalardan istatistiki açıdan hangi önem düzeyinde etkilendiğini gözlemlemek için varyans analizi uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.49’da verilmiştir.

Çizelge 4.49. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının parçacık boyutu analizine ait varyans analiz sonuçları

Parçacık büyüklükleri (µm)	Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
YAO	Uygulama	3	343.74	307.30**
	Hata	4	1.12	
HAO	Uygulama	3	2090.42	19.33**
	Hata	4	108.15	
D10	Uygulama	3	76.92	243.18**
	Hata	4	0.32	
D50	Uygulama	3	1538.09	6.71
	Hata	4	229.24	
D90	Uygulama	3	3692.73	5.28
	Hata	4	699.49	
Açıklık	Uygulama	3	0.07	8.34*
	Hata	4	0.01	

(*) $p < 0.05$ ve (**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Çizelge 4.49 incelendiğinde YAO, HAO ve D10 değerlerinin gerçekleştirilen uygulamalardan istatistiki açıdan önemli ($p<0.01$) düzeyde etkilendiği, D50 ve D90 değerlerinin uygulama farklılıklarından istatistiki açıdan etkilenmediği ve Açıklık değerinin ise uygulama farklılıklarından istatistiki açıdan önemli düzeyde ($p<0.05$) etkilendiği gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.50. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının partikül boyutu analizine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama	D10	D50	D90	YAO	HAO	Açıklık
SHK	33.75 ^c ±0.31	251.12 ^b ±4.46	689.92 ^b ±30.91	65.41 ^c ±0.23	314.11 ^c ±12.46	2.62 ^a ±0.08
SHKK	44.86 ^a ±0.65	294.33 ^a ±4.90	713.39 ^{ab} ±17.35	90.58 ^a ±1.41	345.24 ^b ±6.14	2.28 ^b ±0.06
KPK	39.82 ^b ±0.17	296.24 ^a ±4.47	781.96 ^a ±11.92	72.74 ^b ±0.07	378.83 ^a ±3.46	2.52 ^{ab} ±0.09
KPKK	31.04 ^d ±0.29	243.96 ^b ±2.62	692.59 ^b ±0.66	60.73 ^d ±0.45	308.82 ^c ±3.40	2.71 ^a ±0.03

Satırlardaki farklı harfler ortalamaların $p<0.05$ düzeyinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçlarının verildiği Çizelge 4.50 incelendiğinde, en yüksek D10, D50 ve YAO değerinin sıcak hava köpük kurutma ile üretilen örnekler için olduğu, en yüksek D90 ve HAO değerinin kırım pencere kurutma sisteminde kurutulan ürünlere ait olduğu, açıklık değerlerinin ise tüm uygulamalarda birbirine benzer sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Ürünlerin partikül boyutundaki bu farklılığın öğütme ve eleme işlemlerinden kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir.

Literatürde gerçekleştirilen bir çalışmada parçacık boyutunun 200 μm 'den yüksek olan toz ürünlerin serbest akışkan yapıda olduğu ve akıcılığının yüksek olduğu rapor edilmiştir (Teunou vd. 1999). Bu bilgiler ışığında tez çalışması kapsamında farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen toz örneklerinin D10, D50 ve D90 değerleri incelendiğinde genel olarak toz ürünlerin parçacık boyutunun 200 μm 'den büyük olduğu dolayısı ile akış özelliklerinin iyi olduğu gözlemlenmektedir. Nitekim ürünlerin akabilirlik değerlerinin verildiği Çizelge 4.47 incelendiğinde ürünlerin akış özelliklerinin çok iyi- iyi ve zayıf nitelikleri arasında değiştiği ve ürünlerin akış özelliklerinin kötü olmadığı belirlenmiştir.

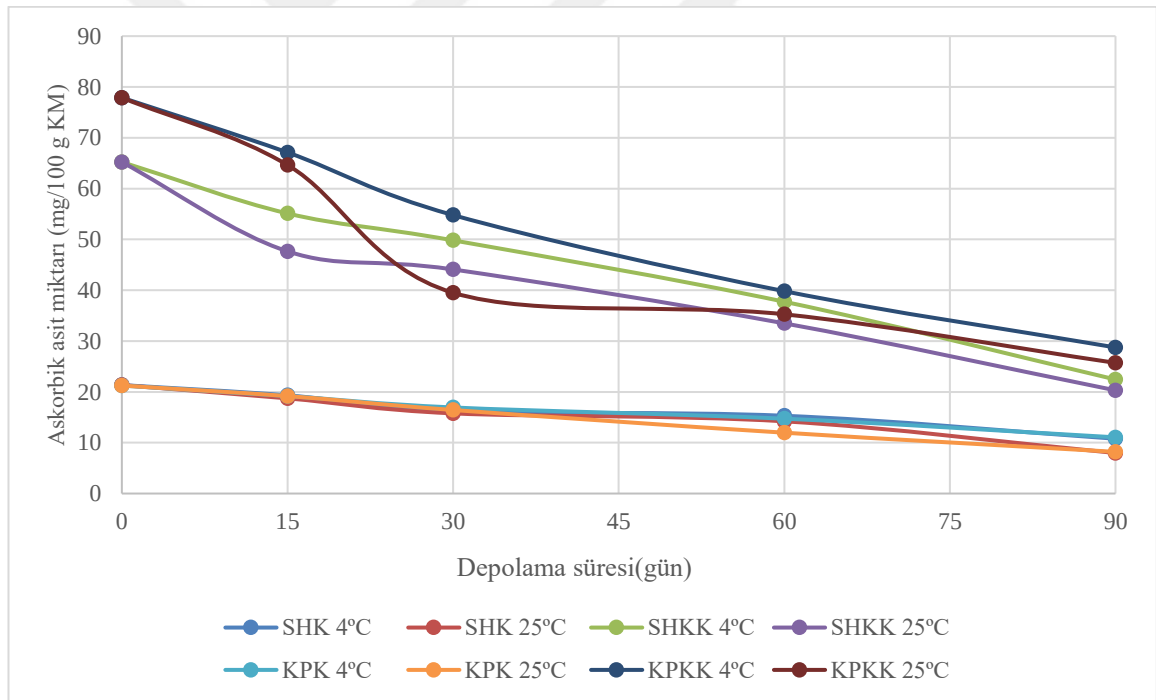
4.5.9. Askorbik asit değişimi

Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilmiş portakal tozlarının askorbik asit miktarları Çizelge 4.51'de verilmiştir. Sıcak hava kurutma yöntemi ile kurutulan ürünlerin askorbik asit miktarının 7.97-21.34 mg/100g KM, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 20.30-65.22 mg/100g KM, kırım pencere kurutma yöntemiyle kurutulan örneklerin 8.82-21.24 mg/100g KM, kırım pencere köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ise 25.71-77.89 mg/100g KM değerleri arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.51. Farklı yöntemlerle kurutulmuş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı askorbik asit (mg/100g KM) değerleri

Uygulama	Depolama sıcaklığı (°C)	Depolama Süresi (Gün)				
		0	15	30	60	90
SHK	4 °C	21.34±0.74	19.32±0.04	16.22±0.01	15.30±0.21	10.78±0.06
	25 °C	21.34±0.74	18.73±0.04	15.77±0.15	14.21±0.04	7.97±0.03
SHKK	4 °C	65.22±0.56	55.12±0.20	49.82±0.73	37.74±0.15	22.44±0.13
	25 °C	65.22±0.56	47.66±0.27	44.09±0.09	33.49±0.57	20.30±0.03
KPK	4 °C	21.24±0.03	19.18±0.01	16.93±0.06	14.73±0.04	11.06±0.23
	25 °C	21.24±0.03	19.18±0.00	16.44±0.02	11.97±0.02	8.82±0.03
KPKK	4 °C	77.89±0.66	67.12±1.03	54.79±1.34	39.82±0.39	28.75±0.86
	25 °C	77.89±0.69	64.65±0.53	39.51±0.32	35.27±0.22	25.71±0.26

Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının depolama süresine bağlı askorbik asit değişiminin şekilsel gösterimi Şekil 4.16’da gösterilmiştir. Şekil 4.16 incelendiğinde tüm ürünlerin askorbik asit içeriğinin depolama süresinin artışı ile azaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.16. Farklı yöntemlerle kurutulmuş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı askorbik asit (mg/100g KM) değerleri

Toz ürünlerin askorbik asit içeriğinin kurutma yöntemi, depolama sıcaklığı, süresi ve bu varyasyon kaynaklarının çeşitli interaksiyonlarından ne derece etkilendiğini gözlemlemek adına varyans analizi gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.52’de verilmiştir.

Çizelge 4.52. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak askorbik asit değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Uygulama (U)	3	6792.11	8487.35**
Depolama Sıcaklığı (S)	1	153.68	192.04**
Depolama Süresi (D)	4	2101.69	2626.25**
UxS	3	21.07	26.33**
UxD	12	287.84	359.68**
SxD	4	15.28	19.09**
UxSxD	12	10.46	13.08**
Hata	40	0.80	

(*) $p < 0.05$ ve (**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Varyans analizi sonuçlarına (Çizelge 4.52) göre ürünlerin askorbik asit miktarının kurutma yöntemi, depolama süresi, sıcaklığı ve bütün ikili ve üçlü interaksyonlardan istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) düzeyde etkilendiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.53. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak askorbik asit değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama	SHK	SHKK	KPK	KPKK	
	16.10 ^c ±0.96	44.11 ^b ±3.44	16.08 ^c ±0.95	51.13 ^a ±4.33	
Depolama	4	25			
Sıcaklığı(°C)	33.24 ^a ±3.30	30.3 ^b ±3.58			
	0	15	30	60	90
Depolama Süresi (Gün)	46.42 ^a ±6.59	38.86 ^b ±5.27	31.70 ^c ±4.11	25.32 ^d ±2.95	16.98 ^e ±2.00

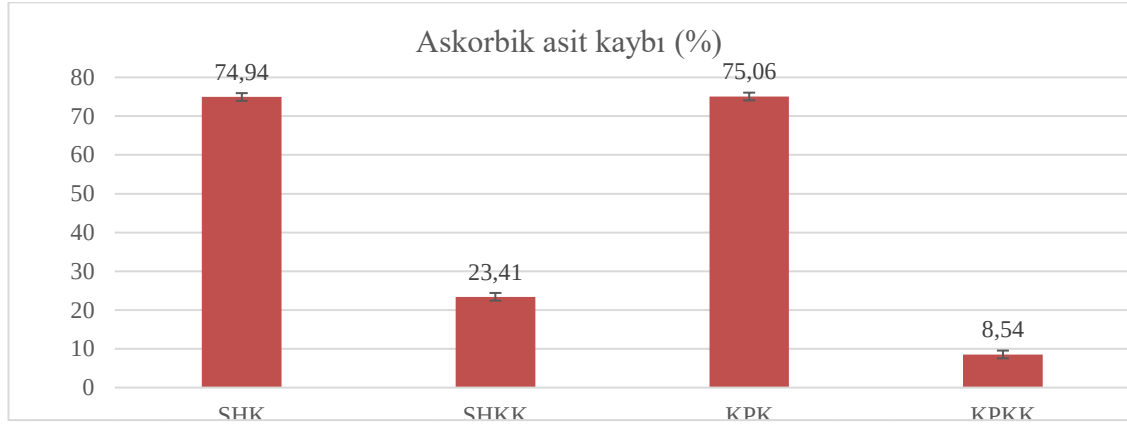
Satırlardaki farklı harfler ortalamaların $p < 0.05$ düzeyinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Sonuçlarına göre (Çizelge 4.53), en yüksek askorbik asit miktarına sahip ürünlerin kırım pencereyi köpük kurutma metodu uygulanan örneklerle ait olduğu belirlenmiştir. Bu durumun köpük kurutma yönteminin kuruma süresini düşürüp askorbik asit kaybını azaltması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Depolama sıcaklığı arttıkça ürünlerin askorbik asit içeriğinin düştüğü, askorbik asitin sıcaklıkla degrade olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca ürünlerin askorbik asit içeriğinin depolama süresi ile azaldığı, 46.42 mg/100g km değerinden 16.98 mg/100g km değerine düştüğü tespit edilmiştir.

Farklı oranlarda taşıyıcı ajan kullanılarak pürkürmeli kurutucuda portakal tozu elde edilen bir çalışmada, askorbik asit değerleri 91.67 ile 70.40 mg/100g km değerleri arasında değiştiği belirtilmiştir. Farklı depolama sıcaklıklarında depolanan ürünlerin askorbik asit kaybının depolama sıcaklığı ve süresi arttıkça yükseldiği rapor edilmiştir (İslam vd. 2017).

Portakal konsantrenin ısıtma işlemi tabii tutulup askorbik asit degradasyonunun incelendiği bir çalışmada, ürünlerin ısıtma pastörizasyon sonrası askorbik asit miktarı 43.29

mg/100g km olarak bulunmuştur. Konsantrelerin depolama süresi boyunca (30 gün) askorbik asit miktarının yaklaşık %75 oranında azaldığı rapor edilmiştir (Tiwari vd. 2009).



Şekil 4.17. Kurutma yöntemlerine bağlı askorbik asit kaybı(%)

Kurutma yöntemlerine bağlı askorbik asit kaybının verildiği Şekil 4.17 incelendiğinde, en yüksek askorbik asit kaybının köpük kurutma yöntemi uygulanmayan örnekler için olduğu gözlemlenmiştir. Köpük kurutma yöntemi uygulanan ürünlerde ise sıcak hava kurutma yöntemiyle kurutulan örneklerin askorbik asit kaybın kırım pencere kurutma yöntemiyle kurutulan örneklerle kıyasla daha fazla olduğu belirlenmiştir. En düşük askorbik asit kaybının %8.54 değeri ile kırım pencere köpük kurutma yöntemiyle elde edilen örnekler için olduğu gözlemlenmiştir. Nitekim köpük kurutma ve kırım pencere kurutma yöntemlerinin birlikte uygulandığı kurutma çalışmalarında askorbik asit miktarı açısından daha kaliteli ürünler elde edilebileceği ön görülmektedir.

4.5.10. Antioksidan aktivite değişimi

Antioksidan maddeler, serbest radikallerin oluşumuna yol açabilecek reaksiyonlarda okside olarak radikallerin oluşumunu dengelemekte veya yavaşlatıp durdurabilmektedir. Bu sebeple gıdalarla vücuda antioksidan madde almak çok önemlidir. Kaliteli bir gıdanın antioksidan aktivitesinin yüksek olması istenmektedir. Gıdaların antioksidan bileşenlerinin bazı hastalıkların oluşumunu önlemede ve hücrelerin yaşlanmasını geciktirmede etkili olduğu birçok çalışmada rapor edilmiştir (Albayrak vd. 2010).

Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilmiş portakal tozlarının antioksidan aktivite değerleri Çizelge 4.54'te verilmiştir. Çizelge 4.54 incelendiğinde sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin antioksidan aktivite değerleri 0.32-0.54 gTEAA/100g KM, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 0.39-0.71 gTEAA/100g KM, kırım pencere kurutma sisteminde kurutulan örneklerin 0.35-0.61 gTEAA/100g KM, kırım pencere köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ise 0.47-0.85 gTEAA/100g KM değerleri arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.54. Farklı yöntemlerle kurutulmuş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı antioksidan aktivite (gTEAA/100g km)

Uygulama	Depolama sıcaklığı (°C)	Depolama Süresi (Gün)				
		0	15	30	60	90
SHK	4 °C	0.54±0.00	0.49±0.00	0.38±0.00	0.37±0.00	0.33±0.00
	25 °C	0.54±0.00	0.44±0.00	0.37±0.00	0.36±0.00	0.32±0.00
SHKK	4 °C	0.71±0.00	0.56±0.00	0.49±0.00	0.48±0.00	0.45±0.00
	25 °C	0.71±0.00	0.54±0.00	0.42±0.00	0.39±0.00	0.43±0.00
KPK	4 °C	0.61±0.00	0.52±0.00	0.41±0.00	0.39±0.00	0.42±0.00
	25 °C	0.61±0.00	0.51±0.00	0.39±0.01	0.37±0.00	0.35±0.00
KPKK	4 °C	0.85±0.00	0.69±0.00	0.58±0.00	0.54±0.00	0.52±0.00
	25 °C	0.85±0.00	0.59±0.00	0.55±0.00	0.48±0.00	0.47±0.00

Portakal tozlarının antioksidan değerinin hangi varyasyon kaynağından istatistiki açıdan hangi önem düzeyinde etkilendiğini gözlemlemek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 4.55’te verilmiştir.

Çizelge 4.55. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak antioksidan aktivite değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Uygulama (U)	3	0.15	9819.17**
Depolama Sıcaklığı (S)	1	0.02	1422.33**
Depolama Süresi (D)	4	0.20	13004.00**
UxS	3	0.00	49.13**
UxD	12	0.00	233.67**
SxD	4	0.00	100.63**
UxSxD	12	0.00	46.86**
Hata	40	0.00	

(**) $p<0.01$ farklılık ifade eder.

Çizelge 4.56 incelendiğinde ürünlerin antioksidan değerinin gerçekleştirilen uygulama, depolama sıcaklığı, depolama süresi ve diğer tüm varyasyon kaynaklarından istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) düzeyde etkilendiği belirlenmiştir.

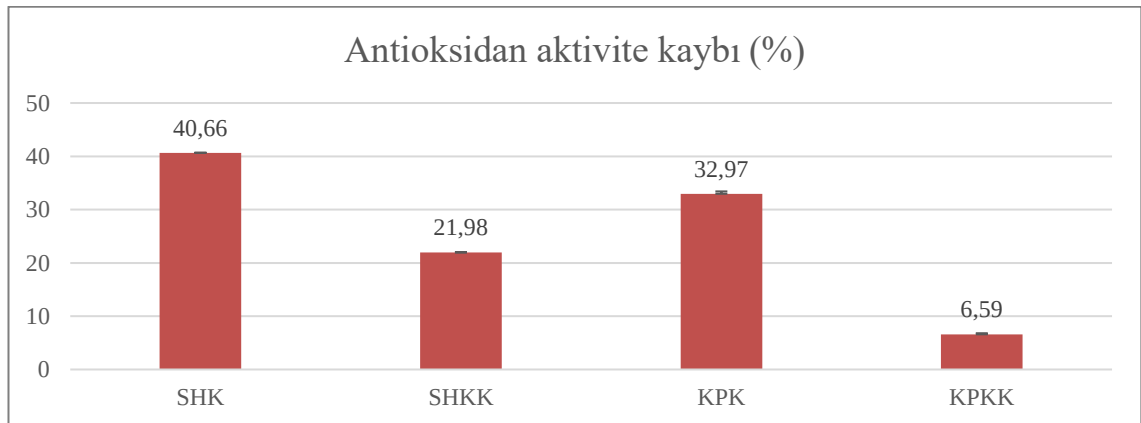
Çizelge 4.56. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak antioksidan aktivite değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama	SHK	SHKK	KPK	KPKK	
	0.41 ^d ±0.02	0.52 ^b ±0.03	0.45 ^c ±0.02	0.61 ^a ±0.03	
Depolama	4	25			
Sıcaklığı(°C)	0.52 ^a ±0.02	0.48 ^b ±0.02			
Depolama	0	15	30	60	90
Süresi (Gün)	0.68 ^a ±0.03	0.54 ^b ±0.02	0.45 ^c ±0.02	0.42 ^d ±0.02	0.41 ^e ±0.02

Satırlardaki farklı harfler ortalamaların $p<0.05$ düzeyinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Sonuçlarına göre en yüksek antioksidan aktivite gösteren ürünlerin kırım pencereci köpük kurutma metodu ile üretilen örnekler olduğu, en düşük antioksidan aktive özelliğinin ise sıcak hava kurutma sisteminde üretilen örneklere ait olduğu belirlenmiştir. Antioksidan aktivitenin depolama sıcaklığının artması ile azaldığı, depolama süresinin artması ile de yine antioksidan aktivitenin düştüğü belirtilmiştir. Depolama boyunca ürünlerin antioksidan aktivite değeri 0.68 değerinden 0.41 (gTEAA/100g KM) değerine düştüğü tabloda gözlemlenmektedir (Çizelge 4.56).

Depolama süresince örneklerin antioksidan aktivite değerlerinde azalış gözlemlenmiştir. Ancak bazı örneklerin antioksidan değerleri depolamanın 90. gününde artmıştır. Bu artışın depolama süresince Mailard reaksiyonlarının ürünleri olan bileşiklerinin de antioksidan aktivite göstermesiyle ilişkili olabileceği değerlendirilmiştir. Nitekim Tonon vd. (2010) açai suyunun kurutulması ile ilgili çalışmalarında, depolama süresi ve depolama sıcaklığının artışı ile ürünlerin serbest radikalleri indirgeme yeteneğinin dolayısıyla antioksidan aktivitelerinin arttığı rapor etmişlerdir. Konu ile ilgili benzer bir sonuca, vakum kurutma metodu uygulanan portakal tozlarının 60. günde antioksidan aktivite değerlerinin arttığı yapılan bir başka çalışmada da rastlanmıştır (Islam vd. 2017).



Şekil 4.18. Kurutma yöntemlerine bağlı antioksidan aktivite kaybı (%)

Antioksidan aktivite kayıplarının verildiği Şekil 4.18’de ürünlerin 0. gün değerleri ve taze meyvenin antioksidan aktivite değerleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. En yüksek antioksidan aktivite kaybının sıcak hava kurutmaya kurutulan örneklere, en

düşük kaybın ise kırımın pencereleli köpük kurutma yöntemi ile elde edilen ürünlere ait olduğu belirlenmiştir. Bu farkın köpük kurutma yönteminin kuruma süresinin kısa olması ve bu sürede antioksidan özellik gösteren bileşenlerin kayıplarının daha az olmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Nitekim, Kadam vd. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada köpük kurutma yöntemi ile kuruma süresinin kısaltılıp diğer kurutma yöntemlerine kıyasla daha kaliteli gıdaların elde edileceği rapor edilmiştir.

4.5.11. Toplam fenolik madde değişimi

Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilmiş portakal tozlarının toplam fenolik madde miktarları Çizelge 4.57’de verilmiştir. Sıcak hava kurutma yöntemiyle kurutulan ürünlerin toplam fenolik madde miktarı değerleri 468.88-804.33 mg/100g KM, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 659.01-1017.67 mg/100g KM, kırımın pencereleli kurutma yöntemiyle kurutulan örneklerin 471.07-788.89 mg/100g KM, kırımın pencereleli köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ise 753.92-1019.93 mg/100g KM değerleri arasında değiştiği bulunmuştur.

Çizelge 4.57. Farklı yöntemlerle kurutulmuş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı toplam fenolik madde değişimi (mg/100g KM)

Uygulama	Depolama sıcaklığı (°C)	Depolama Süresi (Gün)				
		0	15	30	60	90
SHK	4 °C	804.33±3.33	667.51±2.72	605.40±1.42	545.50±0.36	478.11±5.09
	25 °C	804.33±3.33	643.55±3.10	557.19±0.20	511.18±3.31	468.88±6.74
SHKK	4 °C	1017.67±1.43	901.50±1.76	810.80±0.55	758.93±1.64	737.23±1.93
	25 °C	1017.67±1.43	878.82±2.36	738.52±0.77	718.33±1.42	659.01±2.21
KPK	4 °C	788.89±1.79	674.00±3.25	597.43±1.12	570.61±4.84	537.28±1.05
	25 °C	788.89±1.79	609.76±2.38	566.26±1.76	518.03±1.88	471.07±3.41
KPKK	4 °C	1019.93±2.28	952.48±2.16	928.67±1.48	884.04±0.44	789.21±1.81
	25 °C	1019.93±2.28	924.45±2.47	899.92±7.63	838.18±0.31	753.92±7.83

Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının toplam fenolik madde miktarlarının kurutma uygulamaları, depolama sıcaklığı ve süresi gibi çeşitli varyasyon kaynaklarından istatistiki açıdan hangi önem düzeyinde etkilendiğini gözlemlemek için varyans analizi uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 4.58’de verilmiştir.

Çizelge 4.58. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak toplam fenolik madde miktarı değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Uygulama (U)	3	440319.95	11106.10**
Depolama Sıcaklığı (S)	1	24011.757	605.65**
Depolama Süresi (D)	4	205234.99	5176.61**
UxS	3	580.42	14.54**
UxD	12	2846.02	71.78**
SxD	4	1375.55	34.70**
UxSxD	12	316.34	7.98**
Hata	40	39.65	

(**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

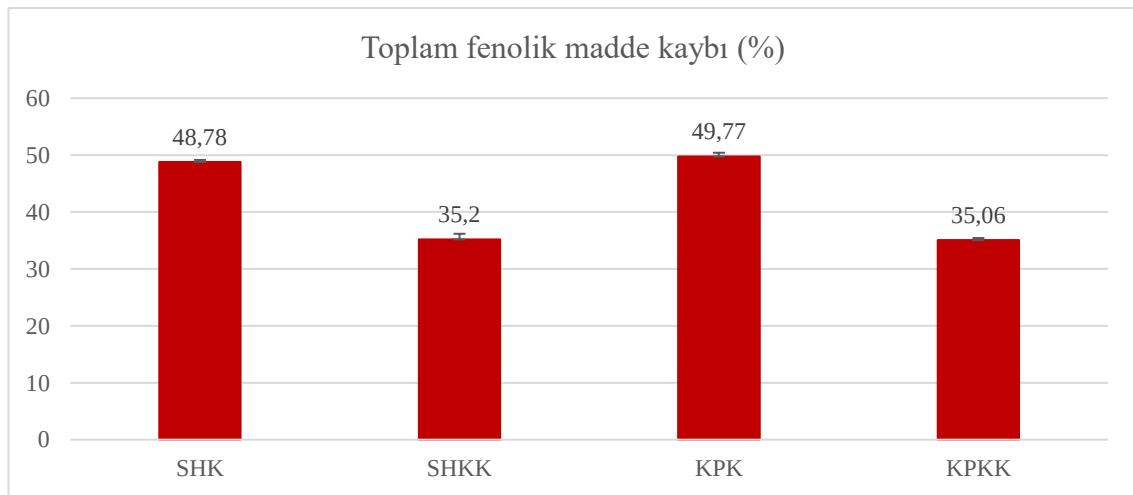
Varyans analiz sonuçlarına göre, ürünlerin toplam fenolik madde miktarlarının, gerçekleştirilen uygulamalardan, depolama sıcaklığı, depolama süresi ve bu varyasyon kaynaklarının etkileşimlerinden istatistiki açıdan önemli ($p<0.01$) düzeyde etkilendiği gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.59. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak Toplam Fenolik Madde miktarı değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama	SHK	SHKK	KPK	KPKK	
	608.70 ^c ±26.57	790.04 ^b ±48.52	612.22 ^c ±23.49	900.27 ^a ±19.06	
Depolama Sıcaklığı(°C)	4	25			
	753.33 ^a ±25.71	702.29 ^b ±32.53			
Depolama Süresi (Gün)	0	15	30	60	90
	905.41 ^a ±28.46	781.51 ^b ±34.97	713.02 ^c ±36.80	668.22 ^c ±36.27	570.87 ^d ±50.17

Satırlardaki farklı harfler ortalamaların $p<0.05$ düzeyinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testinin Sonuçlarının verildiği Çizelge 4.59 incelendiğinde, toplam fenolik madde miktarı açısından en yüksek değere sahip örneklerin kırımın pencereli köpük kurutma yöntemi ile elde edildiği görülmektedir. Bunu sırasıyla sıcak hava köpük kurutma, kırımın pencereli kurutma, sıcak hava kurutma yöntemleri ile elde edilen ürünler takip etmektedir. Ürünlerin fenolik madde içeriklerinin depolama sıcaklığının artışı ve depolama süresinin uzamasıyla azaldığı gözlemlenmiştir. Nitekim Li vd. (2006) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada yüksek kuruma sıcaklıklarının bazı fenolik bileşikler tahrip edebileceği ve elde edilen ürünlerin toplam fenolik miktarlarının azalabileceği rapor edilmiştir. Bir başka çalışmada ise kuruma sırasında fenolik maddelerin azalması bulgusunun nedeni olarak kurutma işlemine tabii tutulmuş örneklerin bitki hücreleri arasında su bulunmadığından hücrelerin birbiri üzerine yapışması ve bu yapışmadan dolayı ekstraksiyonunun zorlaşp toplam fenolik madde miktarının geri kazanımının azalışı olduğu belirtilmiştir (Garau vd. 2007).



Şekil 4.19. Kurutma yöntemlerine bağlı toplam fenolik madde kaybı (%)

Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen toz ürünler ile taze örneklerin toplam fenolik madde miktarlarının karşılaştırıldığı Şekil 4.19’da, köpük kurutma yöntemlerinin birbirine benzer sonuçlar ile en düşük fenolik madde kaybına sahip olan yöntemler olduğu gözlemlenmektedir.

4.5.12. Toplam karotenoid değişimi

Gıdalara sarı-kırmızı rengini veren ve yağda çözünebilir formda olan karotenoidlerin en önemli kaynakları arasında turuncgil meyve ve meyve suları gösterilmektedir. Özellikle portakal meyvesinin zengin bir karotenoid kaynağı olduğu, diğer turuncgil türlerine göre daha fazla karotenoid içerdiği birçok kaynak tarafından rapor edilmiştir (Gama ve Sloys 2007).

Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilmiş portakal tozlarının toplam karotenoid madde miktarları Çizelge 4.60’da verilmiştir. Sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin toplam karotenoid madde miktarı değerleri 4.31-27.99 mg/100g KM, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 7.66-45.89 mg/100g KM, kırımım pencereli kurutma sisteminde kurutulan örneklerin 3.23-29.95 mg/100g KM, kırımım pencereli köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ise 6.66-57.33 mg/100g km değerleri arasında değiştiği gözlenmiştir.

Çizelge 4.60. Farklı yöntemlerle kurutulmuş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı toplam karotenoid değişimi (mg/100g KM)

Uygulama	Depolama sıcaklığı (°C)	Depolama Süresi (Gün)				
		0	15	30	60	90
SHK	4 °C	27.99±0.07	20.04±0.08	12.69±0.09	9.56±0.09	6.81±0.24
	25 °C	27.99±0.07	18.28±0.02	10.87±0.01	6.86±0.10	4.31±0.02
SHKK	4 °C	45.89±0.20	44.17±0.16	27.21±0.51	16.79±0.28	12.10±0.01
	25 °C	45.89±0.20	35.82±0.07	26.36±0.02	8.56±0.13	7.66±0.19
KPK	4 °C	29.95±0.15	24.78±0.27	10.66±0.01	9.41±0.07	7.66±0.21
	25 °C	29.95±0.15	19.75±0.17	10.64±0.01	4.81±0.02	3.23±0.12
KPKK	4 °C	57.33±0.11	54.50±0.15	39.70±0.21	15.98±0.07	13.65±0.14
	25 °C	57.33±0.11	45.49±0.09	34.47±0.17	15.78±0.04	6.66±0.07

Portakal tozlarının toplam karotenoid madde miktarı üzerine kurutma uygulamalarının, depolama sıcaklığı ve süresinin etkilerinin gözlemlendiği varyans analizi sonuçları Çizelge 4.61’de verilmiştir.

Çizelge 4.61. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak toplam karotenoid değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Uygulama (U)	3	1824.01	18597.30**
Depolama Sıcaklığı (S)	1	218.99	2236.47**
Depolama Süresi (D)	4	3098.43	31643.30**
UxS	3	7.92	80.90**
UxD	12	137.14	1400.62**
SxD	4	22.18	226.48**
UxSxD	12	5.84	59.62**
Hata	40	0.10	

(**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Varyans analiz sonuçlarına göre, ürünlerin toplam karotenoid miktarları kurutma uygulamalarından, depolama sıcaklığı, depolama süresi ve bu varyasyon kaynaklarının interaksiyonlarından istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) düzeyde etkilendiği gözlemlenmiştir.

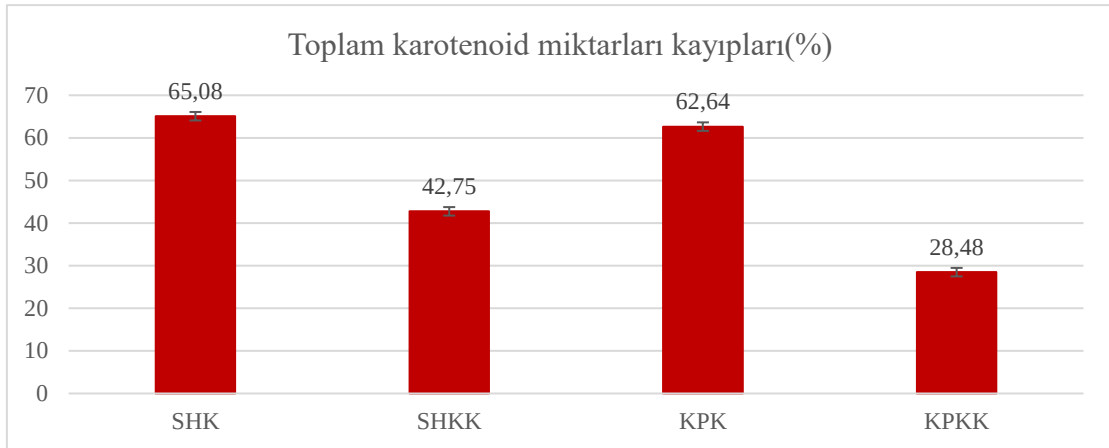
Çizelge 4.62. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak toplam karotenoid değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

Uygulama	SHK	SHKK	KPK	KPKK	
	14.54 ^d ±1.88	27.04 ^c ±3.35	15.09 ^b ±2.21	34.09 ^a ±4.29	
Depolama	4	25			
Sıcaklığı(°C)	24.34 ^a ±2.51	21.04 ^b ±2.52			
Depolama	0	15	30	60	90
Süresi (Gün)	40.29 ^a ±3.11	32.85 ^b ±3.39	21.57 ^c ±2.86	10.97 ^d ±1.10	7.76 ^e ±0.86

Satırlardaki farklı harfler ortalamaların $p < 0.05$ düzeyinde farklı olduğunu göstermektedir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarının verildiği Çizelge 4.62 incelediğinde en yüksek toplam karotenoid miktarının kırım pencere köpük kurutma yöntemi ile elde edilen ürünlere, en düşük karotenoid miktarının ise sıcak hava kurutma yöntemi uygulanan ürünlere ait olduğu gözlemlenmektedir. Depolama sıcaklığındaki artış ve depolama süresinin uzaması ile ürünlerin toplam karotenoid madde miktarının azaldığı görülmektedir. Karotenoid degradasyonunun ürünlerin ısıya maruz kalma süresi arttıkça arttığı belirlenmiştir. Nitekim gerçekleştirilen bir çalışmada Valensiya cinsi portakalların pastörizasyon sonucu karotenoid içeriklerinin azaldığı rapor edilmiştir (Lee ve Coates 2003).

Gerçekleştirilen tez çalışması kapsamında elde edilen bulgular ışığında, portakal tozlarının karotenoid miktarının ısı işlemler sonucunda azaldığı, ve bu sonucun nedeninin ürünler içerisindeki karotenoidlerin asidik ortam varlığı ile diğer karotenoidlere izomerizasyonundan veya degrade olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Rodrigues-Amaya 2000).



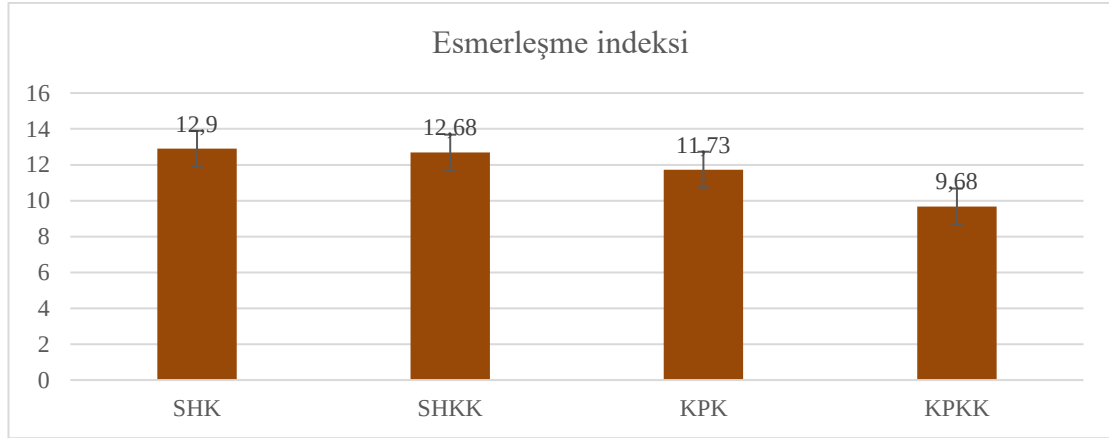
Şekil 4.20. Kurutma yöntemlerine bağlı toplam karotenoid madde kaybı (%)

Taze örneklerin ve toz ürünlerin depolama başlangıcındaki toplam karotenoid madde içeriklerinin kıyaslanıp, toplam karotenoid kayıplarının verildiği Şekil 4.20'ye göre en düşük karotenoid kaybının kırımım pencereli köpük kurutma yöntemi ile elde edilen örneklerle ait olduğu belirlenmiştir. En yüksek karotenoid kaybının ise köpük kurutma yöntemi uygulanmayan örneklerde her iki kurutma sistemi için de yaklaşık olarak benzer sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

4.5.13. Esmerleşme indeksi

Enzimatik olmayan esmerleşme, çeşitli turuncgil ürünlerinin ısı işlem görmesi sonucunda kalite ve renk değişimlerinden sorumlu en önemli reaksiyonlardan biridir (Buera vd. 1987). Ürün içerisinde bulunan indirgen şekerlerin karbonil grubu ile proteinler veya serbest amino asitlerin amino grupları arasında gerçekleşen enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarından üretilen bileşenler, ürünlerde istenmeyen kahverengi renkten sorumludur. Ayrıca turuncgil ürünlerinde esmerleşme reaksiyonları şekerler, aminoasitler ve askorbik asitler arasında gerçekleşen reaksiyonlardan da kaynaklanmaktadır. Nitekim askorbik asit kaybının yüksek olduğu turuncgil ürünlerinde esmerleşme reaksiyonlarının daha yüksek olduğu ve bu iki durum arasında önemli düzeyde bir korelasyon olduğu rapor edilmiştir (Lee ve Nagy 1988).

Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilmiş portakal tozlarının esmerleşme indeksi Şekil 4.21'de verilmiştir. Şekil 4.21 incelendiğinde sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin esmerleşme indeksi değerinin 12.9, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 12.68, kırımım pencereli kurutma sisteminde kurutulan örneklerin 11.73, kırımım pencereli köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ise 9.68 olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.21. Kurutma yöntemlerine bağlı esmerleşme indeksi değerleri

Çizelge 4.63. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen portakal tozlarının esmerleşme derecesine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Uygulama (U)	3	4.33	30.95**
Hata	4	0.14	

(*) $p < 0.05$ ve (**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Çizelge 4.64. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen portakal tozlarının esmerleşme derecesine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Uygulama	Esmerleşme derecesi
SHK	12.90 ^a ±0.25
SHKK	12.68 ^{ab} ±0.08
KPK	11.73 ^b ±0.43
KPKK	9.68 ^c ±0.18

Satırlardaki farklı harfler ortalamaların $p < 0.05$ düzeyinde farklı olduğunu göstermektedir.

Varyans analiz sonuçlarının verildiği Çizelge 4.63 incelendiğinde ürünlerin esmerleşme derecesinin kurutma yönteminden istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) düzeyde etkilendiği gözlemlenmektedir. Duncan Çoklu Karşılaştırma Sonuçlarının verildiği Çizelge 4.64 incelendiğinde ise en düşük esmerleşme indeksi değerinin kırımım pencereci köpük kurutma yöntemi ile elde edilen örneklere ait olduğu belirlenmiştir.

Ürünlerin askorbik asit kayıplarının verildiği Şekil 4.17 incelendiğinde en düşük askorbik asit kaybına sahip ürünlerin kırımım pencereci köpük kurutma yöntemi ile üretilen örneklere ait olduğu dolayısı ile askorbik asit kaybının en az olduğu ürünün esmerleşme derecesinin de en düşük olduğu belirlenmiştir. Askorbik asit kaybının en yüksek olduğu ürünlerinde esmerleşme derecesinin en yüksek değerde olduğu elde edilen bir diğer bulgudur. Ayrıca esmerleşme değeri düşük olan ürünlerin L değerinin daha yüksek olduğu dolayısı ile daha parlak bir renge sahip olduğu belirlenmiştir.

4.5.14. Fenolik madde kompozisyonu

Fenolik maddeler içerisinde birçok önemli biyoaktif bileşen içeren bitki metabolitleridir. Özellikle bitki flavonoidleri güçlü antioksidan etkiye sahip, her meyve ve sebzede türüne göre farklı oranda bulunan bileşiklerdir. Gerçekleştirilen tez çalışması kapsamında farklı kurutma yöntemleri ile elde edilmiş portakal tozlarının, gallik asit, klorojenik asit, p-kumarik asit, kafeik asit, ferulik asit, naringin, hesperidin ve kuarsetin içerikleri depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak tespit edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.65'te verilmiştir.

Çizelge 4.65 incelendiğinde sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin gallik asit değerleri 85.11-22.52 mg/100g km, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 156.96-32.56 mg/100g km, kırımım pencereli kurutma sisteminde kurutulan örneklerin 97.13-27.92 mg/100g km, kırımım pencereli köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ise 356.95-68.56 mg/100g km değerleri arasında değiştiği gözlenmiştir.

Kafeik asit miktarları incelendiğinde sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin 0.07-0.00 mg/100g km, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 0.12-0.03 mg/100g km, kırımım pencereli kurutma sisteminde kurutulan örneklerin 0.08-0.02 mg/100g km, kırımım pencereli köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ise 0.20-0.02 mg/100g km değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir.

Kumarik asit miktarları sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin 0.63-0.19 mg/100g km, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 0.79-0.33 mg/100g km, kırımım pencereli kurutma sisteminde kurutulan örneklerin 0.66-0.24 mg/100g km, kırımım pencereli köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ise 0.84-0.32 mg/100g km değerleri arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

Klorojenik asit miktarları incelendiğinde sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin 0.36-0.15 mg/100g km, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 0.65-0.24 mg/100g km, kırımım pencereli kurutma sisteminde kurutulan örneklerin 0.50-0.21 mg/100g km, kırımım pencereli köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ise 0.85-0.21 mg/100g km değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir.

Ferulik asit miktarlarının, sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin 0.70-0.21 mg/100g km, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 0.83-0.34 mg/100g km, kırımım pencereli kurutma sisteminde kurutulan örneklerin 0.75-0.22 mg/100g km, kırımım pencereli köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ise 0.92-0.35 mg/100g km değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir.

Turunçgil ürünleri için önemli bir flavonoid olan naringin miktarının ise, sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin 22.66-7.76 mg/100g km, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 25.84-10.03 mg/100g km, kırımım pencereli kurutma sisteminde kurutulan örneklerin 46.27-10.11 mg/100g km, kırımım pencereli köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ise 64.39-10.63 mg/100g km değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir.

Turunçgil rnleri için önemli bir başka flavonoid olan hesperidin miktarının ise, sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin 48.29-12.70 mg/100g km, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 71.18-23.05 mg/100g km, kırımım pencereleli kurutma sisteminde kurutulan örneklerin 59.32-21.69 mg/100g km, kırımım pencereleli köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ise 92.94-24.12 mg/100g km değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir.

Kuarsetrin miktarlarının, sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin 0.21-0.06 mg/100g km, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 1.17-0.49 mg/100g km, kırımım pencereleli kurutma sisteminde kurutulan örneklerin 0.55-0.13 mg/100g km, kırımım pencereleli köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ise 1.38-0.48 mg/100g km değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir.



Çizelge 4.65. Farklı yöntemlerle kurutulmuş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı fenolik madde kompozisyonu (mg/100g KM)

		SHK		SHKK		KPK		KPKK	
		4°C	25°C	4°C	25°C	4°C	25°C	4°C	25°C
Galilik asit	0.Gün	85.11±0.43	85.11±0.43	156.96±1.35	156.96±1.35	97.13±0.93	97.13±0.93	356.95±0.45	356.95±0.45
	15.Gün	78.85±1.52	73.35±0.21	132.73±0.73	97.11±0.09	93.42±0.30	87.28±0.21	316.31±1.97	197.45±1.11
	30.Gün	62.39±0.34	53.83±0.10	84.28±0.20	67.97±0.52	66.14±0.02	61.17±0.01	259.87±0.88	107.34±0.50
	60.Gün	38.93±0.10	27.82±0.16	57.28±0.55	41.75±0.29	45.08±0.33	44.48±0.04	110.96±0.13	87.66±0.45
	90.Gün	32.37±0.22	22.52±0.12	27.93±0.22	32.56±0.26	28.41±0.26	27.92±0.17	90.43±1.14	68.56±0.40
Kafeik asit	0.Gün	0.07±0.00	0.07±0.00	0.12±0.00	0.12±0.00	0.08±0.00	0.08±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00
	15.Gün	0.05±0.00	0.04±0.00	0.10±0.00	0.09±0.00	0.07±0.00	0.06±0.00	0.12±0.01	0.10±0.00
	30.Gün	0.03±0.00	0.02±0.00	0.09±0.00	0.08±0.00	0.06±0.00	0.04±0.00	0.08±0.00	0.07±0.00
	60.Gün	0.01±0.00	0.01±0.00	0.06±0.00	0.04±0.00	0.04±0.00	0.03±0.00	0.07±0.00	0.03±0.00
	90.Gün	t.e.	t.e.	0.03±0.00	0.03±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	0.03±0.00	0.02±0.00
p-kumarik asit	0.Gün	0.63±0.00	0.63±0.00	0.79±0.00	0.79±0.00	0.66±0.00	0.66±0.00	0.84±0.00	0.84±0.00
	15.Gün	0.42±0.00	0.40±0.00	0.52±0.00	0.60±0.00	0.46±0.00	0.48±0.00	0.67±0.00	0.64±0.00
	30.Gün	0.35±0.00	0.28±0.00	0.46±0.00	0.48±0.00	0.40±0.00	0.46±0.00	0.59±0.00	0.51±0.00
	60.Gün	0.34±0.00	0.22±0.00	0.38±0.00	0.38±0.00	0.34±0.00	0.39±0.00	0.50±0.00	0.39±0.00
	90.Gün	0.21±0.00	0.19±0.00	0.32±0.00	0.33±0.00	0.22±0.00	0.24±0.00	0.40±0.00	0.32±0.00
Klorojenik asit	0.Gün	0.36±0.00	0.36±0.00	0.65±0.01	0.65±0.01	0.50±0.00	0.50±0.00	0.85±0.01	0.85±0.01
	15.Gün	0.32±0.01	0.28±0.01	0.58±0.03	0.51±0.00	0.49±0.01	0.46±0.01	0.73±0.01	0.69±0.01
	30.Gün	0.29±0.00	0.27±0.00	0.52±0.00	0.46±0.01	0.46±0.00	0.40±0.00	0.49±0.01	0.57±0.01
	60.Gün	0.24±0.00	0.19±0.00	0.40±0.00	0.30±0.00	0.42±0.01	0.33±0.00	0.42±0.01	0.40±0.00
	90.Gün	0.18±0.01	0.15±0.00	0.35±0.01	0.24±0.00	0.27±0.00	0.21±0.01	0.27±0.00	0.21±0.01
Ferulik asit	0.Gün	0.70±0.00	0.70±0.00	0.83±0.00	0.83±0.00	0.75±0.00	0.75±0.00	0.92±0.00	0.92±0.00
	15.Gün	0.56±0.01	0.52±0.00	0.75±0.00	0.73±0.00	0.60±0.00	0.55±0.00	0.71±0.00	0.67±0.00
	30.Gün	0.48±0.00	0.48±0.01	0.71±0.01	0.65±0.00	0.54±0.00	0.48±0.00	0.62±0.00	0.61±0.00
	60.Gün	0.43±0.00	0.35±0.00	0.63±0.00	0.59±0.02	0.45±0.01	0.37±0.00	0.56±0.01	0.40±0.00
	90.Gün	0.29±0.00	0.21±0.00	0.36±0.00	0.34±0.00	0.25±0.01	0.22±0.00	0.49±0.00	0.35±0.00

Çizelge 4.65'in devamı

		SHK		SHKK		KPK		KPKK	
		4°C	25°C	4°C	25°C	4°C	25°C	4°C	25°C
Naringin	0.Gün	22.66±0.15	22.66±0.15	25.84±0.14	25.84±0.14	46.27±0.06	46.27±0.06	64.39±0.32	64.39±0.32
	15.Gün	15.76±0.05	12.92±0.08	18.62±0.02	17.50±0.00	20.47±0.12	18.05±0.02	33.05±0.16	26.34±0.11
	30.Gün	13.56±0.15	11.89±0.19	18.49±0.07	13.98±0.08	14.38±0.15	16.41±0.11	20.82±0.01	19.85±0.07
	60.Gün	12.89±0.08	9.40±0.09	15.57±0.05	11.34±0.05	13.96±0.06	12.32±0.05	17.58±0.67	14.17±0.13
	90.Gün	8.76±0.13	7.76±0.12	11.96±0.05	10.03±0.04	10.80±0.04	10.11±0.02	13.74±0.08	10.63±0.01
Hesperidin	0.Gün	48.29±0.19	48.29±0.19	71.18±0.34	71.18±0.34	59.32±0.52	59.32±0.52	92.94±0.00	92.94±0.00
	15.Gün	36.67±0.27	30.33±0.29	62.60±0.32	53.37±0.13	44.64±0.06	36.19±0.18	78.99±0.30	63.87±0.06
	30.Gün	29.79±0.10	25.41±0.26	45.78±0.11	39.98±0.04	39.62±0.93	27.67±0.08	53.91±0.40	49.80±0.50
	60.Gün	15.82±0.24	15.13±0.09	40.20±0.28	23.71±0.70	36.81±0.11	23.00±0.04	48.98±0.08	33.51±0.07
	90.Gün	13.65±0.18	12.70±0.02	29.27±0.19	23.05±0.27	33.10±0.31	21.69±0.07	42.88±0.43	24.12±0.26
Kuarsetrin	0.Gün	0.21±0.00	0.21±0.00	1.17±0.00	1.17±0.00	0.55±0.00	0.55±0.00	1.38±0.01	1.38±0.01
	15.Gün	0.17±0.00	0.15±0.00	1.04±0.00	0.92±0.01	0.49±0.00	0.43±0.00	1.16±0.00	0.97±0.00
	30.Gün	0.14±0.00	0.09±0.00	0.58±0.00	0.63±0.01	0.32±0.00	0.27±0.00	0.68±0.00	0.65±0.00
	60.Gün	0.12±0.00	0.07±0.00	0.55±0.00	0.54±0.01	0.28±0.00	0.23±0.00	0.63±0.03	0.52±0.00
	90.Gün	0.07±0.00	0.06±0.00	0.51±0.00	0.49±0.00	0.17±0.00	0.13±0.00	0.53±0.03	0.48±0.00

t.e: Tespit edilemedi

Çizelge 4.66. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak fenolik madde miktarları ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Gallik asit			Kafeik asit		
	SD	KO	F	SD	KO	F
Uygulama (U)	3	83003.43	45513.8**	3	0.01	906.00**
Depolama	1	9093.19	4986.13**	1	0.00	133.33**
Sıcaklığı (S)						
Depolama Süresi (D)	4	48043.59	26344.00**	4	0.02	1588.21**
UxS	3	4004.33	2195.72**	3	0.00	7.78**
UxD	12	7026.50	3852.88**	12	0.00	112.88**
SxD	4	1733.76	950.69**	4	0.00	11.04**
UxSxD	12	1046.55	573.86**	12	0.00	3.82**
Hata	40	1.82		40	0.00	
	Kumarik asit			Klorojenik asit		
	SD	KO	F	SD	KO	F
Uygulama (U)	3	0.16	225.45**	3	0.29	1206.69**
Depolama	1	0.00	2.38	1	0.03	127.12**
Sıcaklığı (S)						
Depolama Süresi (D)	4	0.46	664.36**	4	0.31	1306.09**
UxS	3	0.01	17.02**	3	0.00	15.26**
UxD	12	0.00	5.01**	12	0.02	97.36**
SxD	4	0.00	3.17*	4	0.00	16.18
UxSxD	12	0.00	1.38	12	0.00	4.07
Hata	40	0.00		40	0.00	
	Ferulik asit			Kuarsetrin		
	SD	KO	F	SD	KO	F
Uygulama (U)	3	0.15	1274.79**	3	2.28	11859.30**
Depolama	1	0.04	337.06**	1	0.03	178.94**
Sıcaklığı (S)						
Depolama Süresi (D)	4	0.53	4484.35**	4	0.78	4060.06**
UxS	3	0.00	9.55**	3	0.02	14.45**
UxD	12	0.01	53.76**	12	0.08	421.79**
SxD	4	0.01	41.88**	4	0.01	28.29**
UxSxD	12	0.00	11.63**	12	0.00	7.97**
Hata	40	0.00		40	0.00	
	Naringin			Hesperidin		
	SD	KO	F	SD	KO	F
Uygulama (U)	3	804.13	7999.40**	3	3330.94	1965.17**
Depolama	1	71.05	706.75**	1	1112.44	656.31**
Sıcaklığı (S)						
Depolama Süresi (D)	4	2161.66	21503.90**	4	4791.94	2827.12**
UxS	3	4.91	48.84**	3	63.52	37.48**
UxD	12	237.19	2359.55**	12	127.09	74.97**
SxD	4	8.00	79.62**	4	82.62	48.74**
UxSxD	12	2.77	27.55**	12	19.01	11.22**
Hata	40	0.09		40	1.69	

(*) $p < 0.05$ ve (**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Çizelge 4.67. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak fenolik madde miktarları ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

	Uygulama	SHK	SHKK	KPK	KPKK
		56.04 ^d ±5.30	85.55 ^b ±10.69	64.82 ^c ±6.04	195.25 ^a ±25.61
Gallik asit	Depolama	4	25		
	Sıcaklığı(°C)	111.08 ^a ±14.65	89.76 ^b ±11.93		
	Depolama	0	15	30	60
	Süresi (Gün)	174.04 ^a ±28.16	134.59 ^b ±20.24	95.37 ^c ±16.56	56.74 ^d ±6.81
					41.34 ^e ±5.91
Kafeik asit	Uygulama	SHK	SHKK	KPK	KPKK
		0.03 ^d ±0.01	0.08 ^b ±0.01	0.05 ^c ±0.01	0.09 ^a ±0.01
	Depolama	4	25		
	Sıcaklığı(°C)	0.07 ^a ±0.01	0.06 ^b ±0.01		
	Depolama	0	15	30	60
Kumarik asit	Süresi (Gün)	0.12 ^a ±0.01	0.08 ^b ±0.01	0.06 ^c ±0.01	0.04 ^d ±0.01
					0.02 ^e ±0.00
	Uygulama	SHK	SHKK	KPK	KPKK
		0.37 ^d ±0.04	0.51 ^c ±0.04	0.43 ^b ±0.03	0.57 ^a ±0.04
	Depolama	4	25		
Klorojenik asit	Sıcaklığı(°C)	0.47 ^a ±0.03	0.46 ^b ±0.03		
	Depolama	0	15	30	60
	Süresi (Gün)	0.71 ^a ±0.02	0.53 ^b ±0.02	0.44 ^c ±0.02	0.37 ^d ±0.02
					0.28 ^e ±0.02
	Uygulama	SHK	SHKK	KPK	KPKK
Ferulik asit		0.27 ^d ±0.02	0.47 ^b ±0.03	0.41 ^c ±0.02	0.55 ^a ±0.05
	Depolama	4	25		
	Sıcaklığı(°C)	0.44 ^a ±0.03	0.40 ^b ±0.03		
	Depolama	0	15	30	60
	Süresi (Gün)	0.59 ^a ±0.05	0.51 ^b ±0.04	0.43 ^c ±0.03	0.34 ^d ±0.02
Kuarsetrin					0.24 ^e ±0.02
	Uygulama	SHK	SHKK	KPK	KPKK
		0.47 ^d ±0.04	0.64 ^a ±0.04	0.50 ^c ±0.04	0.63 ^b ±0.04
	Depolama	4	25		
	Sıcaklığı(°C)	0.58 ^a ±0.03	0.54 ^b ±0.03		
Naringin	Depolama	0	15	30	60
	Süresi (Gün)	0.80 ^a ±0.02	0.64 ^b ±0.02	0.57 ^c ±0.02	0.47 ^d ±0.03
					0.31 ^e ±0.02
	Uygulama	SHK	SHKK	KPK	KPKK
		0.13 ^d ±0.01	0.76 ^b ±0.06	0.34 ^c ±0.03	0.84 ^a ±0.08
Hesperidin	Depolama	4	25		
	Sıcaklığı(°C)	0.54 ^a ±0.06	0.50 ^b ±0.06		
	Depolama	0	15	30	60
	Süresi (Gün)	0.83 ^a ±0.12	0.67 ^b ±0.10	0.42 ^c ±0.06	0.37 ^d ±0.05
					0.31 ^e ±0.05
Naringin	Uygulama	SHK	SHKK	KPK	KPKK
		13.83 ^d ±1.14	16.92 ^c ±1.21	20.91 ^b ±2.99	28.50 ^a ±4.35
	Depolama	4	25		
	Sıcaklığı(°C)	20.98 ^a ±2.08	19.09 ^b ±2.15		
	Depolama	0	15	30	60
Hesperidin	Süresi (Gün)	39.79 ^a ±4.35	20.34 ^b ±1.56	16.12 ^c ±0.79	13.46 ^d ±0.62
					10.47 ^e ±0.44
	Uygulama	SHK	SHKK	KPK	KPKK
		27.61 ^d ±2.96	46.03 ^b ±3.97	38.14 ^c ±2.89	58.20 ^a ±5.16
	Depolama	4	25		
Hesperidin	Sıcaklığı(°C)	46.22 ^a ±3.08	38.73 ^b ±3.28		
	Depolama	0	15	30	60
	Süresi (Gün)	67.93 ^a ±4.28	50.83 ^b ±4.06	38.99 ^c ±2.56	29.64 ^d ±2.97
					25.06 ^e ±2.42

Satırlardaki farklı harfler ortalamaların $p < 0.05$ düzeyinde farklı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.66 incelendiğinde, ürünlerin gallik asit, kafeik asit, ferulik asit, kuarsetrin, naringin ve hesperidin miktarlarının gerçekleştirilen kurutma uygulamaları, depolama sıcaklığı, süresi ve bu varyasyon kaynaklarının interaksyonlarından istatistiki açıdan önemli ($p<0.01$) düzeyde etkilendiği belirlenmiştir.

Kumarik asit miktarının da benzer şekilde kurutma uygulamaları, depolama süresi, uygulama x depolama sıcaklığı, uygulama x depolama süresi varyasyon kaynaklarından istatistiki açıdan önemli ($p<0.01$) düzeyde, depolama sıcaklığı x depolama süresi interaksyonundan önemli düzeyde etkilendiği ancak önem seviyesinin farklı ($p<0.05$) belirlenmiştir.

Klorojenik asit miktarının kurutma uygulamaları, depolama sıcaklığı, süresi, uygulama x depolama sıcaklığı, uygulama x depolama süresi varyasyon kaynaklarından istatistiki açıdan önemli ($p<0.01$) düzeyde etkilendiği gözlemlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçlarına göre (Çizelge 4.67) tüm fenolik maddelerin en yüksek miktarın kırımım pencereli köpük kurutma yöntemi ile elde edilmiş ürünlere ait olduğu belirlenmiştir. Fenolik bileşen miktarı bakımından kırımım pencereli köpük kurutma yöntemini sırasıyla sıcak hava köpük kurutma yöntemi, kırımım pencereli kurutma yöntemi, sıcak hava kurutma yöntemi takip etmektedir. Bu farklılığın temel sebebinin ürünlerin kuruma süresindeki fark olduğu düşünülmektedir. Köpük kurutma yönteminin kuruma süresini kısaltıp ürünün kalite kayıplarını en aza indirdiği belirlenmiştir. Ürünlerin incelenen bütün fenolik madde içeriğinin depolama sıcaklığı artıkça ve depolama süresi uzadıkça azaldığı ise Çizelge 4.67’den elde edilen bir başka bulgudur.

Literatürde fenolik madde miktarının kurutma sıcaklığındaki artış ile değişiminin incelendiği bir çalışmada, ürünlerin fenolik madde içerikleri taze ürüne kıyasla kurutma prosesinden sonra azalmıştır. Ancak 55 ve 75°C sıcaklıklarda gerçekleştirilen kurutma denemeleri sonrasında, 55°C deki kurutulan ürünlerdeki fenolik madde kaybının daha fazla olduğu belirlenmiştir. Nitekim fenolik madde miktarları üzerinde kurutma sıcaklığından ziyade, ürünlerin sıcaklığa maruz kalma süresinin daha etkili bir parametre olduğu rapor edilmiştir (Madrau vd. 2008).

4.5.15. Uçucu bileşen kompozisyonu

Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş portakal tozlarının uçucu bileşen kompozisyonları Çizelge 4.68, 4.69, 4.70 ve 4.71’de verilmiştir. Tüm ürünlerin uçucu bileşen kompozisyonu incelendiğinde, yaklaşık olarak 10 adet monoterpen, 7 adet aldehit, 5 adet sesquiterpen, 3 adet alkol, 2 adet terpenoid, 3 adet hidrokarbon formda bileşen tespit edilmiştir. Toz ürünlerin uçucu bileşenleri ve miktarlarının taze ürünlerden farklı olduğu saptanmıştır. Nitekim 0. gün verileri karşılaştırıldığında, sıcak hava kurutma sisteminde üretilen örneklerde 20, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile üretilen örneklerde 20, kırımım pencereli kurutma sisteminde kurutulan örneklerde 18, kırımım pencereli köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerde de yine 18 adet uçucu bileşen tespit edilmiştir. Taze meyvede 21, taze kabukta ise 27 adet uçucu bileşen belirlenmiştir.

Portakal tozlarının ana uçucu bileşenleri genel olarak terpen yapısında olup, en önemli bileşen depolama başında bütün örneklerde yaklaşık %92’lik alana sahip olan D-Limonen olmuştur. D-Limonen doğada ‘portakal kokusu’ olarak tanımlanan turunçgil

yağlarının en önemli bileşenidir. Depolama örneklerinde ve taze ürünlerde D-Limonen bileşeninden başka diğer ana bileşenler Mirsen, Sabinen ve Valancene olarak belirlenmiştir. Uçucu bileşenlerin miktarsal değerlendirmesinde ürünlerin ana bileşeni D-Limonen (Aİ:1036) baz alınmıştır.



Çizelge 4.68. Sıcak hava kurutma yöntemiyle üretilen portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı uçucu bileşen kompozisyonu değişimi (milyon alan)

Aİ	4°C				25°C			
	0.Gün	15.Gün	30.Gün	60.Gün	0.Gün	15.Gün	30.Gün	60.Gün
930	10.41±0.04	9.43±0.5	7.82±0.25	6.70±0.31	10.41±0.04	5.84±0.18	4.81±0.11	1.43±0.02
971	8.84±0.02	6.35±0.05	4.77±0.12	1.05±0.09	8.84±0.02	3.86±0.15	2.78±0.17	0.36±0.09
973	0.41±0.01	0.38±0.03	0.25±0.00	t.e.	0.41±0.01	0.34±0.02	0.23±0.05	t.e.
991	27.82±0.09	25.62±0.16	23.98±0.08	6.41±0.04	27.82±0.09	22.24±0.01	18.73±0.08	5.87±0.06
1002	1.39±0.00	1.27±0.01	0.85±0.03	t.e.	1.39±0.00	1.17±0.01	t.e.	t.e.
1008	0.97±0.00	0.83±0.01	0.65±0.02	0.21±0.00	0.97±0.00	0.76±0.02	0.53±0.00	t.e.
1036	96.37±12.1	77.48±9.37	58.17±0.19	31.29±10.25	96.37±12.1	64.64±9.87	52.91±6.54	25.87±4.58
1049	0.94±0.00	0.73±0.01	0.64±0.00	t.e.	0.94±0.00	0.52±0.01	0.41±0.00	t.e.
1058	0.35±0.00	0.30±0.01	0.29±0.00	t.e.	0.35±0.00	0.22±0.00	0.20±0.01	t.e.
1087	0.37±0.01	0.32±0.00	0.26±0.00	t.e.	0.37±0.01	0.30±0.00	0.23±0.0	t.e.
1099	0.51±0.00	0.47±0.01	0.33±0.00	t.e.	0.51±0.00	0.31±0.01	0.28±0.02	t.e.
1204	4.32±0.00	4.02±0.01	2.72±0.01	0.43±0.00	4.32±0.00	2.66±0.01	1.73±0.03	t.e.
1376	0.33±0.00	t.e.	t.e.	t.e.	0.33±0.00	t.e.	t.e.	t.e.
1390	0.45±0.01	0.39±0.00	t.e.	t.e.	0.45±0.01	0.37±0.02	0.28±0.05	t.e.
1408	0.49±0.01	0.47±0.00	0.42±0.06	t.e.	0.49±0.01	0.26±0.09	t.e.	t.e.
1420	0.40±0.01	0.38±0.05	0.36±0.01	t.e.	0.40±0.01	0.32±0.01	0.23±0.05	t.e.
1457	0.28±0.00	t.e.	t.e.	t.e.	0.28±0.00	t.e.	t.e.	t.e.
1494	2.03±0.09	1.78±0.05	1.56±0.02	0.71±0.05	2.03±0.09	1.60±0.02	1.26±0.05	0.38±0.09
1524	0.35±0.01	0.33±0.00	t.e.	t.e.	0.35±0.01	0.29±0.00	t.e.	t.e.
1593	0.91±0.02	0.72±0.00	t.e.	t.e.	0.91±0.02	0.49±0.05	t.e.	t.e.

Bileşenlerin adları Ek-5'te verilmiştir. A.İ: Alıkonma indeksi, t.e: Tespit edilemedi

Çizelge 4.69. Sıcak hava köpük kurutma yöntemiyle üretilen portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı uçucu bileşen kompozisyonu değişimi (milyon alan)

Aİ	4°C				25°C			
	0.Gün	15.Gün	30.Gün	60.Gün	0.Gün	15.Gün	30.Gün	60.Gün
930	10.77±0.09	9.55±0.15	8.32±0.09	2.96±0.08	10.77±0.09	9.19±0.05	8.12±0.05	2.63±0.16
971	9.83±0.45	8.30±0.26	7.15±0.03	2.65±0.05	9.83±0.45	7.73±0.54	6.57±0.09	2.10±0.00
973	0.63±0.79	0.59±0.05	0.50±0.09	t.e.	0.63±0.79	0.56±0.87	0.47±0.85	t.e.
991	44.06±0.89	38.41±0.08	35.87±0.12	13.56±0.96	44.06±0.89	36.16±0.24	33.93±0.72	11.80±0.15
1002	1.70±0.01	1.59±0.56	1.11±0.00	t.e.	1.70±0.01	1.34±0.05	0.75±0.05	t.e.
1008	1.41±0.08	1.27±0.58	0.86±0.00	0.26±.87	1.41±0.08	0.97±0.54	0.78±0.07	0.26±0.87
1036	104.09±16.54	98.01±0.58	91.27±0.89	58.87±0.56	104.09±16.54	93.44±0.58	86.99±0.56	46.12±0.89
1049	0.80±0.00	0.70±0.01	0.58±0.00	t.e.	0.80±0.00	0.61±0.58	0.54±0.00	t.e.
1058	0.95±0.01	0.78±0.00	0.63±0.08	t.e.	0.95±0.01	0.68±0.00	0.48±0.01	t.e.
1087	0.51±0.00	0.42±0.01	0.32±0.08	t.e.	0.51±0.00	0.25±0.05	0.24±0.03	t.e.
1099	0.53±0.00	0.41±0.01	0.38±0.03	t.e.	0.53±0.00	0.42±0.01	0.29±0.05	t.e.
1204	4.71±0.02	4.38±0.58	3.51±0.69	0.70±0.01	4.71±0.02	3.30±0.05	1.93±0.04	t.e.
1376	0.36±0.00	t.e.	t.e.	t.e.	0.36±0.00	t.e.	t.e.	t.e.
1390	0.32±0.00	0.29±0.01	0.25±0.00	t.e.	0.32±0.00	0.27±0.05	0.24±0.02	t.e.
1408	0.43±0.05	0.41±0.89	0.30±0.87	t.e.	0.43±0.05	0.31±0.08	t.e.	t.e.
1420	0.27±0.00	0.25±.0.01	0.22±0.01	t.e.	0.27±0.00	0.24±.0.09	t.e.	t.e.
1457	0.37±0.05	0.31±0.05	0.29±0.00	t.e.	0.37±0.05	0.26±0.00	0.20±0.09	t.e.
1494	3.01±0.07	2.84±0.56	2.69±0.02	0.73±0.09	3.01±0.07	2.70±0.05	2.15±.06	0.56±0.09
1524	0.46±0.05	0.32±0.07	0.29±0.07	t.e.	0.46±0.05	0.27±.0.09	0.26±0.14	t.e.
1593	1.03±0.58	0.95±.05	t.e.	t.e.	1.03±0.58	0.48±0.03	t.e.	t.e.

Bileşenlerin adları Ek-5'te verilmiştir. A.İ: Alıkonma indeksi, t.e: Tespit edilemedi

Çizelge 4.70. Kırınım pencereleli kurutma yöntemiyle üretilen portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı uçucu bileşen kompozisyonu değişimi (milyon alan)

Aİ	4°C				25°C			
	0.Gün	15.Gün	30.Gün	60.Gün	0.Gün	15.Gün	30.Gün	60.Gün
930	6.29±0.54	5.24±0.65	4.26±0.06	1.01±0.05	6.29±0.54	4.56±0.12	3.52±0.89	0.97±0.89
971	4.35±0.78	2.68±0.87	2.23±1.15	0.31±0.00	4.35±0.78	1.91±0.83	1.45±0.59	0.26±0.00
973	0.30±0.00	0.27±0.01	0.21±0.00	t.e.	0.30±0.00	0.24±0.02	0.19±0.01	t.e.
991	29.00±1.56	22.02±5.26	16.78±5.41	4.65±0.89	29.00±1.56	18.98±0.52	13.24±0.52	4.11±1.25
1002	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
1008	0.95±0.00	0.78±0.01	0.57±0.02	t.e.	0.95±0.00	0.63±0.06	0.39±0.05	t.e.
1036	76.94±5.02	68.25±4.86	58.95±4.18	20.18±6.64	76.94±5.02	58.41±4.02	43.28±6.83	19.01±0.94
1049	0.50±0.93	0.45±0.59	0.38±0.07	t.e.	0.50±0.93	0.41±0.02	0.33±0.00	t.e.
1058	0.60±0.08	0.56±0.00	0.36±0.02	t.e.	0.60±0.08	0.51±0.05	0.24±0.00	t.e.
1087	0.32±0.00	0.28±0.00	0.24±0.01	t.e.	0.32±0.00	0.21±0.02	0.22±0.00	t.e.
1099	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
1204	3.75±0.99	3.04±0.85	2.76±0.15	0.28±0.00	3.75±0.99	2.28±0.15	1.78±0.25	t.e.
1376	0.32±0.68	t.e.	t.e.	t.e.	0.32±0.68	t.e.	t.e.	t.e.
1390	0.38±0.88	0.36±0.00	0.32±0.12	t.e.	0.38±0.88	0.27±0.22	0.19±0.58	t.e.
1408	0.39±0.76	0.28±0.27	0.23±0.19	t.e.	0.39±0.76	0.27±0.10	t.e.	t.e.
1420	0.43±0.90	0.35±0.68	0.31±0.39	t.e.	0.43±0.90	0.26±0.71	0.18±0.58	t.e.
1457	0.44±0.27	0.34±0.93	0.30±0.23	t.e.	0.44±0.27	0.27±0.00	0.23±0.00	t.e.
1494	3.83±0.54	3.22±0.04	3.09±0.00	0.64±0.05	3.83±0.54	2.93±0.09	2.23±0.00	0.56±0.89
1524	0.42±0.57	0.41±0.03	0.36±0.07	t.e.	0.41±0.57	0.31±0.00	0.24±0.00	t.e.
1593	0.52±0.09	0.43±0.71	t.e.	t.e.	0.52±0.09	t.e.	t.e.	t.e.

Bileşenlerin adları Ek-5'te verilmiştir. A.İ: Alıkonma indeksi, t.e: Tespit edilemedi

Çizelge 4.71. Kırınım pencereli köpük kurutma yöntemiyle üretilen portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı uçucu bileşen kompozisyonu değişimi (milyon alan)

Aİ	4°C				25°C			
	0.Gün	15.Gün	30.Gün	60.Gün	0.Gün	15.Gün	30.Gün	60.Gün
930	7.78±0.48	7.31±0.02	6.18±0.00	1.35±0.05	7.78±0.48	7.05±0.02	5.59±0.00	0.36±0.00
971	5.87±0.38	4.41±0.97	4.24±0.41	1.12±0.02	5.87±0.38	4.43±0.08	2.25±0.00	0.33±0.00
973	0.39±0.00	0.32±0.00	0.27±0.00	t.e.	0.39±0.00	0.29±0.00	0.16±0.00	t.e.
991	29.69±0.31	27.57±0.00	17.86±0.12	6.66±0.14	29.69±0.31	21.19±0.71	17.13±0.78	5.66±0.14
1002	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
1008	1.66±0.01	0.94±0.00	0.66±0.05	t.e.	1.66±0.01	0.59±0.00	0.46±0.01	t.e.
1036	82.54±0.52	78.84±0.42	66.08±1.14	31.89±0.15	82.54±0.52	68.74±0.64	51.65±4.66	24.74±3.85
1049	0.55±0.00	0.54±0.00	0.34±0.00	t.e.	0.55±0.00	0.45±0.00	0.26±0.01	t.e.
1058	0.40±0.00	0.36±0.00	0.25±0.00	t.e.	0.40±0.00	0.27±0.01	0.21±0.00	t.e.
1087	0.36±0.00	0.29±0.01	0.28±0.00	t.e.	0.36±0.00	0.29±0.00	0.20±0.00	t.e.
1099	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
1204	1.85±0.05	1.64±0.02	1.32±0.09	0.16±0.09	1.85±0.05	1.43±0.21	0.83±0.00	t.e.
1376	0.32±0.00	t.e.	t.e.	t.e.	0.32±0.00	t.e.	t.e.	t.e.
1390	0.47±0.00	0.43±0.00	0.35±0.00	t.e.	0.47±0.00	0.40±0.00	t.e.	t.e.
1408	0.38±0.00	0.33±0.01	0.29±0.00	t.e.	0.38±0.00	0.28±0.00	t.e.	t.e.
1420	0.32±0.00	0.29±0.00	0.25±0.00	t.e.	0.32±0.00	0.29±0.00	0.24±0.00	t.e.
1457	0.28±0.04	0.22±0.00	0.21±0.00	t.e.	0.28±0.04	0.23±0.00	0.17±0.00	t.e.
1494	2.51±0.58	2.37±0.87	2.01±0.00	0.73±0.00	2.51±0.58	2.33±0.01	1.98±0.06	0.41±0.00
1524	0.47±0.00	0.44±0.00	0.32±0.00	t.e.	0.47±0.00	0.33±0.07	0.29±0.00	t.e.
1593	0.65±0.05	0.52±0.00	t.e.	t.e.	0.65±0.05	0.45±0.17	t.e.	t.e.

Bileşenlerin adları Ek-5'te verilmiştir. A.İ: Ahkımna indeksi, t.e: Tespit edilemedi

Çizelge 4.72. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak D-Limonen alanlarının ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Uygulama (U)	3	334611.77	214.74**
Depolama Sıcaklığı (S)	1	84425.77	54.18**
Depolama Süresi (D)	3	944316.90	606.02**
UxS	3	1280.99	0.82
UxD	9	8579.42	5.51**
SxD	3	11072.12	7.11**
UxSxD	9	2411.55	1.55
Hata	32	1558.22	

(**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Çizelge 4.73. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak D-Limonen alanlarının ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi

Uygulama	SHK	SHKK	KPK	KPKK
Depolama Sıcaklığı(°C)	628.39 ^b ±64.30	855.28 ^a ±52.28	517.39 ^d ±53.92	599.52 ^c ±56.16
Depolama Süresi (Gün)	4	25	30	60
Sıcaklığı(°C)	686.46 ^a ±43.31	613.82 ^b ±46.69		
Depolama Süresi (Gün)	0	15	30	60
Sıcaklığı(°C)	896.22 ^a ±30.51	745.85 ^b ±36.63	635.69 ^c ±43.03	322.82 ^d ±34.42

Satırlardaki farklı harfler ortalamaların $p < 0.05$ düzeyinde farklı olduğunu göstermektedir.

Varyans analiz sonuçlarının verildiği Çizelge 4.72 incelendiğinde D-Limonen alanlarının gerçekleştirilen kurutma uygulaması, depolama sıcaklığı, süresi, uygulama x depolama süresi ve depolama sıcaklığı x depolama süresi varyasyon kaynaklarından istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) düzeyde etkilendiği gözlemlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Sonuçlarının verildiği Çizelge 4.73 incelendiğinde en yüksek D-Limonen alanının sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile elde edilen ürünlere, en düşük D-Limonen alanının ise kırınım pencereli kurutma sisteminde üretilen ürünlere ait olduğu belirlenmiştir. Depolama sıcaklığının artışı ve depolama süresinin uzaması ile ürünlerin D-Limonen alanlarında düşüş olduğu saptanmıştır. Ana verilerin verildiği bütün çizelgeler incelendiğinde ise, belirlenen tüm uçucu bileşenlerin verdiği alanların depolama süresi boyunca azaldığı gözlemlenmiştir.

Kırınım pencereli kurutma sisteminin, fizikokimyasal analizlerde iyi sonuç vermesine karşın, sistemde üstü açık bir şekilde ürünlerin kuruması gerçekleştiğinden dolayı uçucu bileşen korumada diğer kurutma sisteminin gerisinde kaldığı belirlenmiştir.

Portakal çeşitlerinin uçucu bileşenlerin tayini ve türler arası uçucu bileşenlerin kıyaslamasının yapıldığı bir çalışmada, ürünlerin ana aroma bileşeninin %96'lık aroma alanı ile D-Limonen olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu ana bileşenden başka, mirsen, sabinen, alfa pinen bileşenlerinin de ürünlerde önemli miktarda bulunduğu rapor edilmiştir (Mitiku vd. 2000).

Portakal sularının depolanması ve depolama boyunca uçucu bileşen kompozisyonunun incelediği bir çalışmada, ürünlerin D-Limonen içeriğinin 2 aylık depolama boyunca istatistiki açıdan önemli düzeyde azaldığı rapor edilmiştir (Farnworth vd. 2001).

Portakal yağının mikroenkapsülasyonu için püskürterek kurutma ve kırımım pencereci kurutma yöntemlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, sıcaklık uygulaması ile birlikte ürünlerin uçucu bileşen miktarlarında kayıplar meydana gelmiş ve oktanal, limonen oksit, linalool bileşenlerinde kırımım pencereci kurutma sisteminde kayıplar daha yüksek belirlenmiştir (Cadwallader vd. 2010).

Çilek pürelerinin dondurarak, püskürterek ve kırımım pencereci kurutma sistemlerinde kurutulduğu ve ürünlerin fizikokimyasal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, en düşük uçucu bileşen miktarının kırımım pencereci kurutma sisteminde üretilen ürünlere ait olduğu rapor edilmiştir. Kırımım pencereci kurutma sisteminde yüksek evaporasyon hızı ile ürünlerdeki uçucu bileşenlerinde kaybolduğu, korunamadığı çevreye hızla yayıldığı belirtilmiştir (Abonyi vd. 2006).

4.5.16. Hidroksimetilfurfural miktarı

Isıl işleme maruz kalmanın bir ölçütü olan HMF miktarının (Morales vd. 1997) farklı kurutma yöntemleri ile elde edilmiş portakal tozlarındaki depolama sıcaklığı ve süresine bağlı değişimi Çizelge 4.74'te verilmiştir. Sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin HMF değerleri 1.81-2.17 mg/100g km, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin 1.77-2.02 mg/100g km, kırımım pencereci kurutma sisteminde kurutulan örneklerin 1.72-1.92 mg/100g km, kırımım pencereci köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin ise 1.47-1.72 mg/100g km değerleri arasında değiştiği gözlenmiştir.

Çizelge 4.74. Farklı yöntemlerle kurutulmuş portakal tozlarının depolama sıcaklığı ve süresine bağlı HMF değişimi (mg/100g KM)

Uygulama	Depolama sıcaklığı (°C)	Depolama Süresi (Gün)				
		0	15	30	60	90
SHK	4 °C	1.81±0.00	1.98±0.00	2.06±0.00	2.10±0.00	2.15±0.00
	25 °C	1.81±0.00	2.06±0.00	2.10±0.00	2.13±0.00	2.17±0.00
SHKK	4 °C	1.77±0.00	1.78±0.00	1.79±0.00	1.80±0.00	1.82±0.00
	25 °C	1.77±0.00	1.89±0.00	1.92±0.00	1.97±0.01	2.02±0.00
KPK	4 °C	1.72±0.00	1.77±0.00	1.80±0.01	1.89±0.00	1.90±0.00
	25 °C	1.72±0.00	1.82±0.00	1.83±0.00	1.90±0.00	1.92±0.00
KPKK	4 °C	1.47±0.00	1.48±0.00	1.49±0.00	1.50±0.00	1.57±0.00
	25 °C	1.47±0.00	1.52±0.01	1.55±0.00	1.66±0.00	1.72±0.00

Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen portakal tozlarının HMF içeriklerinin hangi varyasyon kaynağından, istatistiki açıdan hangi önem düzeyinde etkilendiğini anlamak adına varyans analizi uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 4.75'te verilmiştir.

Çizelge 4.75. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak HMF değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Uygulama (U)	3	0.83	418446.00**
Depolama Sıcaklığı (S)	1	0.08	40982.40**
Depolama Süresi (D)	4	0.12	55966.70**
UxS	3	0.01	5082.71**
UxD	12	0.01	3693.87**
SxD	4	0.01	3072.35**
UxSxD	12	0.00	991.42**
Hata	40	0.00	

(**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Varyans analiz sonuçlarına göre ürünlerin HMF miktarlarının kurutma yöntemlerinden, depolama sıcaklığı, depolama süresi ve bu varyasyon kaynaklarının çeşitli interaksiyonlarından istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) düzeyde etkilendiği gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.76. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen ve farklı depolama sıcaklıklarında depolanan portakal tozlarının depolama süresine bağlı olarak HMF değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi

Uygulama	SHK	SHKK	KPK	KPKK	
	2.04 ^a ±0.03	1.85 ^b ±0.02	1.83 ^c ±0.02	1.54 ^d ±0.02	
Depolama Sıcaklığı(°C)	4	25			
	1.78 ^b ±0.03	1.85 ^a ±0.03			
Depolama Süresi (Gün)	0	15	30	60	90
	1.69 ^e ±0.03	1.79 ^d ±0.05	1.82 ^c ±0.05	1.87 ^b ±0.05	1.91 ^a ±0.05

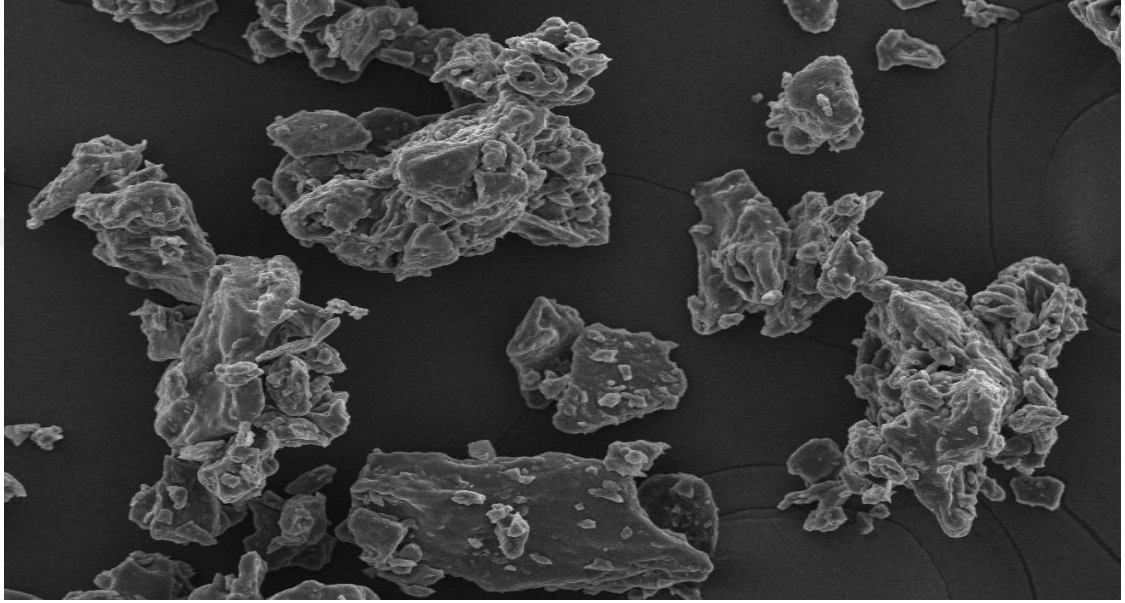
Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarının verildiği Çizelge 4.76 incelendiğinde, en yüksek HMF içeriğinin sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan örneklerle, en düşük HMF içeriğinin ise kırınım pencereli köpük kurutma yöntemi ile elde edilen örneklerle ait olduğu belirlenmiştir. Depolama sıcaklığının artışı ve depolama süresinin uzaması ile ürünlerin HMF içeriğinin artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Kırınım pencereli kurutma sisteminde üretilen portakal tozlarının HMF içeriklerinin düşük olmasının nedeni kurutma süresinin diğer yöntemle kıyasla daha düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Portakal sularının farklı sıcaklıklarda depolanması ile HMF içeriklerinin ne ölçüde değiştiğini belirlemek için gerçekleştirilen bir çalışmada, depolama sıcaklığının artışı ile HMF içeriklerinin artış gösterdiği rapor edilmiştir (Arena vd. 2001).

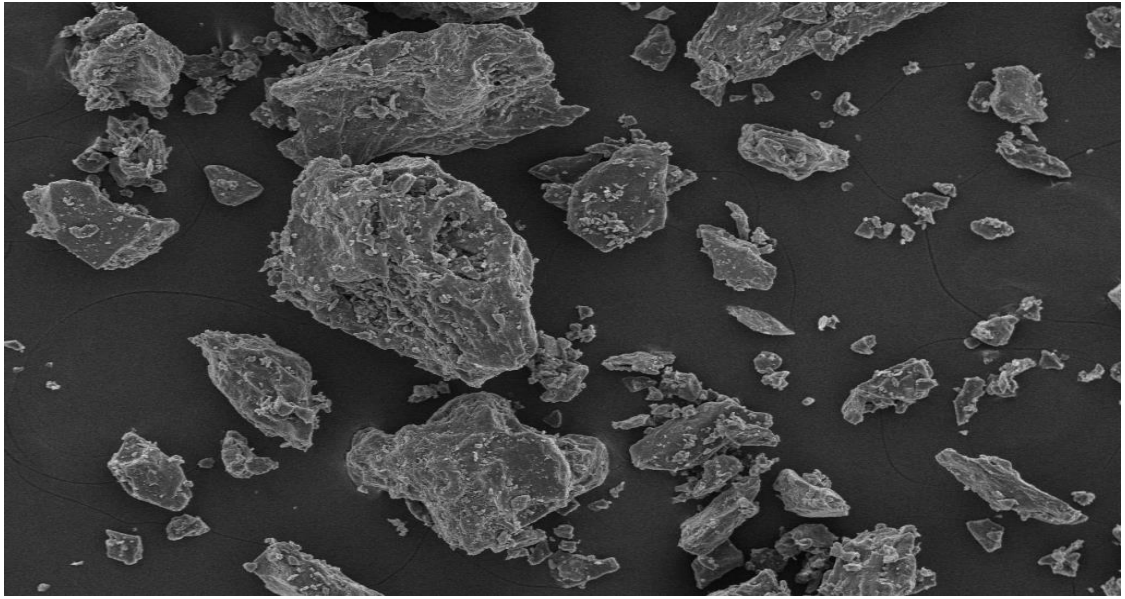
Başka bir literatür çalışmasında ise portakal suları gibi şeker içeriği yüksek meyve sularında HMF içeriğinin depolama süresindeki artış ile artmasının temel nedeni, ürünün asidik olması ve asidik ortamda heksozun parçalanmasıyla HMF içeriğinin artması olarak rapor edilmiştir (Batu vd. 2014).

4.5.17. Partikül morfolojisi

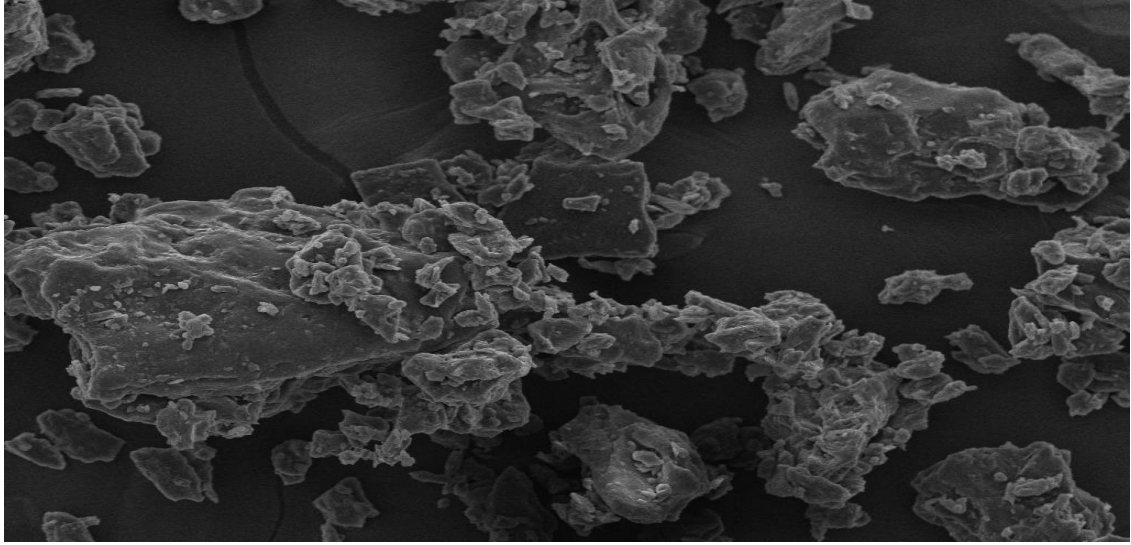
Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen portakal tozlarına ait SEM görüntüleri Şekil 4.22-4.23-4.24-4.25'te gösterilmiştir.



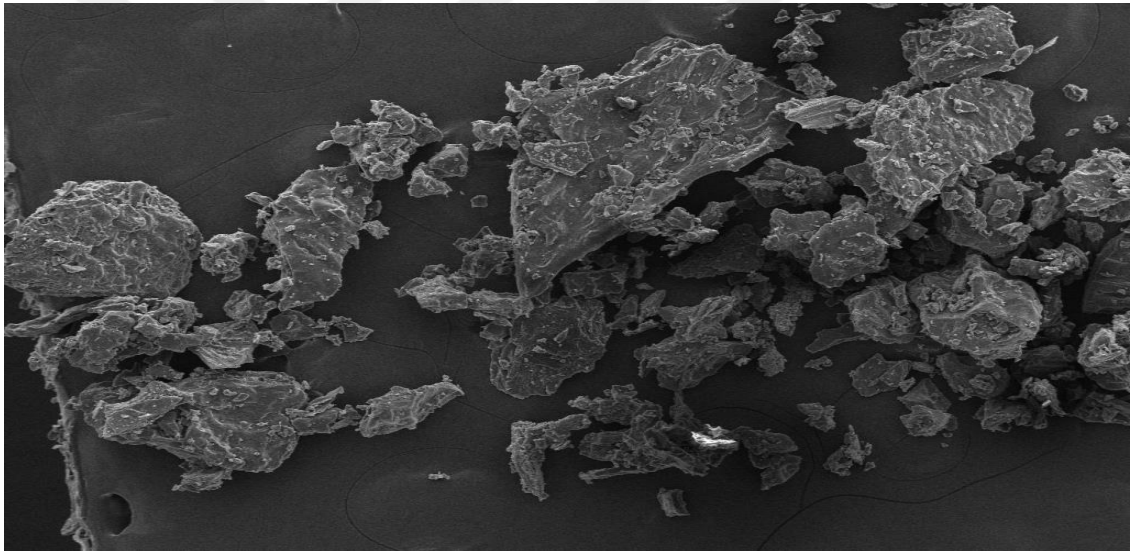
Şekil 4.22. Sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan portakal tozlarına ait SEM görüntüsü(x700)



Şekil 4.23. Sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan portakal tozlarına ait SEM görüntüsü (x300)



Şekil 4.24. Kırınım pencereleli kurutma sisteminde kurutulan portakal tozlarına ait SEM görüntüsü(x700)



Şekil 4.25. Kırınım pencereleli köpük kurutma yöntemi ile üretilmiş portakal tozlarına ait SEM görüntüsü(x200)

Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan portakal tozlarının SEM görüntülerine bakıldığında benzer özellik gösterdikleri görülmektedir. Uygulanan tüm yöntemlerde üretilen portakal tozlarının şekilsiz, yassı ve pürüzsüz bir yapıya sahip olduğu dikkat çekmektedir. Kurutma işlemi sonunda örneklerin kurutuculardan spatula yardımıyla alınmasından dolayı yassı bir görüntü oluşmaktadır. Ayrıca homojen bir yapıyı sağlamak amacıyla yapılan öğütme işlemine bağlı olarak şekilsiz partiküller meydana gelmiştir (Caparino vd. 2012; Caparino vd. 2013).

5. SONUÇLAR

Gerçekleştirilen bu tez çalışması kapsamında çeşitli gıda formülasyonlarında kullanılabilecek, tüketime hazır portakal tozu üretimi için kurutma yöntemlerinin kullanımı ve bu yöntemlerinin depolama boyunca ürün kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan portakal tozları 90 gün boyunca 4°C ve 25°C sıcaklıklarda depolamaya tabii tutulmuş ve fizikokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Belirlenen veriler üzerinden portakal tozları için en uygun kurutma koşulları, depolama sıcaklığı ve depolama süresinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Tüm bu amaç ve hedefler doğrultusunda gerçekleştirilen çalışma ile ilgili elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Tez çalışması kapsamında köpük kurutma metodu için kullanılan köpük yapıcı ajanların kullanım oranını belirlemek için optimizasyon çalışması gerçekleştirilmiş ve karboksimetilselüloz, peyniraltı suyu proteini tozu ve soya proteini tozu için optimum karışım oranları sırasıyla %1.5-3-1.5 değerleri arasında bulunmuştur.
- Kırınım pencereli kurutma sisteminde daha önce portakal meyvesinin köpük formunda kurutulması ile ilgili herhangi bir çalışma bulunmadığından optimizasyon çalışmasına ihtiyaç duyulmuş ve Merkezi Kompozit deneme deseninde optimizasyon gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon sonucunda 90°C sıcaklık ve 2 mm serme kalınlığı optimum koşullar olarak bulunmuştur.
- Sıcak hava kurutma sisteminde gerçekleştirilen kurutma işlemleri için yapılan optimizasyon çalışmasında 90°C, 2 mm serme kalınlığı ve 3m/s hava hızı optimum noktalar olarak belirlenmiştir.
- Sıcak hava kurutma sisteminde üretilen ürünlerin nem oranı ve su aktivitesi değerleri kırınım pencereli kurutma sisteminde üretilen örneklerle kıyasla daha yüksek bulunmuştur.
- Kırınım pencereli köpük kurutma yöntemi ile üretilen ürünlerin L , a , b , ton açısı ve doygunluk değerleri açısından en iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.
- En yüksek yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yoğunluk değerlerinin sıcak hava kurutma sisteminde üretilen ürünlere ait olduğu belirlenmiştir.
- Kırınım pencereli köpük kurutma yöntemi ile kurutulmuş ürünlerin akabilirliği zayıf, diğer yöntemler ile elde edilen ürünlerin hepsinin akabilirliğinin iyi olduğu Carr İndeksine göre belirlenmiştir.
- Sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile elde edilen ürünlerin çözünürlük değerlerinin en yüksek olduğu, kırınım pencereli köpük kurutma yöntemi ile kurutulmuş ürünlerin ise çözünürlük değerleri açısından sıcak hava köpük kurutma yöntemini takip ettiği gözlemlenmiştir.
- Askorbik asit miktarı, antioksidan aktivite değeri, toplam fenolik, toplam karotenoid miktarlarının en yüksek olduğu ürünler kırınım pencereli köpük

kurutma yöntemi ile kurutulmuş ürünler olduğu, kırınım pencereli köpük kurutma yöntemi ile kurutulmuş ürünlerin antioksidan aktivite değeri, toplam fenolik, toplam karotenoid ve askorbik asit kaybının en az olduğu saptanmıştır. En yüksek kaybın ise sıcak hava kurutma yöntemi ile elde edilen ürünlere ait olduğu belirlenmiştir.

- Askorbik asit miktarı, antioksidan aktivite değeri, toplam fenolik, toplam karotenoid miktarlarının depolama süresinin uzaması ile azaldığı tespit edilmiştir.
- Sıcak hava kurutma sisteminde üretilen ürünlerin en yüksek esmerleşme indeksine sahip olduğu, bu sonucun sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile kurutulan ürünlerin esmerleşme indeks değerleri ile benzer olduğu bulunmuştur.
- Fenolik madde kompozisyonu incelendiğinde, kırınım pencereli köpük kurutma yöntemi ile kurutulmuş ürünlerin fenolik madde içeriklerinin en yüksek olduğu, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile elde edilen ürünlerin ise fenolik bileşen miktarı açısından bu yöntemi takip ettiği belirlenmiştir.
- Tez çalışması kapsamında tüm ürünlerin uçucu bileşen kompozisyonu incelendiğinde, yaklaşık olarak 10 adet monoterpen, 7 adet aldehit, 5 adet sesquiterpen, 3 adet alkol, 2 adet terpenoid, 3 adet hidrokarbon formda bileşen tespit edilmiştir.
- Depolama başlangıcındaki veriler karşılaştırıldığında, sıcak hava kurutma sisteminde üretilen örneklerde 20, sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile üretilen örneklerde 20, kırınım pencereli kurutma sisteminde kurutulan örneklerde 18, kırınım pencereli köpük kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerde yine 18 adet uçucu bileşen tespit edilmiştir.
- D-Limonen tüm ürünlerde en yüksek alan ile ana uçucu bileşen olarak belirlenmiştir. Depolama sıcaklığının artması ve depolama süresinin uzamasıyla ile tüm ürünlerin D-Limonen alanlarında bir azalış olduğu belirlenmiştir.
- En yüksek HMF içeriğinin sıcak hava kurutma sisteminde kurutulan örneklerde, en düşük HMF içeriğinin ise kırınım pencereli köpük kurutma yöntemi ile elde edilen ürünlere ait olduğu belirlenmiştir. Depolama sıcaklığının artması ve depolama süresinin uzamasıyla ürünlerin HMF içeriğinin artış gösterdiği gözlemlenmiştir.
- Kırınım pencereli ve sıcak hava kurutma sistemlerinde farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan portakal tozlarının SEM görüntülerinin benzer özellik gösterdikleri belirlenmiştir.
- Kırınım pencereli köpük kurutma yönteminin gerçekleştirilen diğer kurutma yöntemine kıyasla daha kaliteli ürünler verdiği, kuruma süresini ciddi bir şekilde kısalttığı belirlenmiştir.

- Tez kapsamında elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, kırımım pencereleli köpük kurutma yöntemi ile hem fonksiyonel bileşenlerce zengin hem de HMF içeriği düşük portakal tozu üretimi gerçekleştirilebilmiştir. Portakal tozlarının fonksiyonel özelliklerini daha uzun süre muhafaza edebilmesi için düşük sıcaklıkta depolanmasının uygun olacağı belirlenmiştir.
- Düşük sıcaklıklarda depolamanın (4°C) portakal tozlarının fizikokimyasal özellikleri açısından daha olumlu sonuçlar verdiği, kalite kayıplarının 25°C depolama sıcaklığında daha fazla olduğu tespit edilmiştir.
- Kırımım pencereleli kurutma sisteminin, fizikokimyasal analizlerde iyi sonuç vermesine karşın, uçucu bileşenleri korumada diğer kurutma sisteminin gerisinde kaldığı belirlenmiştir. Kırımım pencereleli kurutma sisteminde uçucu bileşenlerin korunmasına yönelik yeni bir çalışmaya ihtiyaç olduğu sonucuna varılmıştır.



6. KAYNAKLAR

- Abonyi, B., Tang, J. and Edwards, C. 1999. Evaluation of energy efficiency and quality retention for the Refractance Window drying system. *Res. Rep.*
- Abonyi, B.I., Feng, H., Tang, J., Edwards, C.G., Chew, B.P., Mattinson, D.S. and Fellman, J.K. 2006. Quality retention in strawberry and carrot purees dried with Refractance Window™ system. *J Food Sci*, 67 (3): 1051-1056.
- Aghaei, Z., Jafari, S.M., Dehnad, D., Ghorbani, M. and Hemmati, K. 2018. Refractance-window as an innovative approach for the drying of saffron petals and stigma. *Journal of food process engineering*, 41 (7): e12863.
- Alam, M.A., Subhan, N., Rahman, M.M., Uddin, S.J., Reza, H.M. & Sarker, S.D. (2014). Effect of citrus flavonoids, naringin and naringenin, on metabolic syndrome and their mechanisms of action. *Advances in Nutrition*, 5, 404-417.
- 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.
- Anonim 1: <http://sifalibitkiler.net/turuncgillerin-faydaları> [Son erişim tarihi:01.05.2019]
- Anonim 2: <https://www.turktob.org.tr/tr/turuncgil-yetistirciligi/4585> [01.05.2019]
- Anonim 3: <https://www.sozcu.com.tr/2019/ekonomi/turuncgil-karnesi-aciklandi-ihracat-sampiyonu-greylfurt-3034715/> [Son erişim tarihi: 01.05.2019]
- Anonim4:<https://docplayer.biz.tr/3151251-Www-kimyamuhendisi-com.html>[Son erişim tarihi: 28.11.2018]
- Anonim 5: <http://www.neokur.com/abc/23843/hidroksilasyon-nedir> [Son erişim tarihi: 28.11.2018]
- Anonim 6: <http://www.wikizero.net> [Son erişim tarihi: 06.11.2018]
- Anonim 7: <https://www.turkcebilgi.com/portakal> [Son erişim tarihi : 06.12.2018]
- Anonim 8: <https://www.fas.usda.gov/data/citrus-world-markets-and-trade> [Son erişim tarihi: 30.11.2018]
- Anonim 9: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/> [Son erişim tarihi: 01.05.2019]
- Anonim 10: <http://kurutofood.com.tr/tr/> [Son erişim tarihi: 13.12.2018]
- Anonim 11: <http://kurutofood.com.tr/tr/urunler/21/portakal-kabugu-tozu> [Son erişim tarihi 13.12.2018]
- Aragón-Rojas, S., Quintanilla-Carvajal, M.X., Hernández-Sánchez, H., Hernández-Álvarez, A.J. and Moreno, F.L. 2019. Encapsulation of *Lactobacillus fermentum* K73 by Refractance Window drying. *Scientific reports*, 9 (1): 5625.
- Arena, E., Fallico, B. and Maccarone, E. 2001. Thermal damage in blood orange juice: kinetics of 5-hydroxymethyl-2-furancarboxaldehyde formation. *International Journal of Food Science and Technology* 2001, 36 ,145-151

- Arslan, D. and Özcan, M. 2011. Dehydration of red bell-pepper (*Capsicum annuum* L.): Change in drying behavior, colour and antioxidant content. *Food and Bioprocess Processing*, 89 (4): 504-513.
- Asami, D.K., Hong, Y.-J., Barrett, D.M. and Mitchell, A.E. 2003. Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51 (5): 1237-1241.
- Assini, J.M., Mulvihill, E.E. & Huff, M.W. 2013. Citrus flavonoids and lipid metabolism. *Curren Opinion in Lipidology*, 24(1), 34-40.
- Asokapandian, S., Venkatachalam, S., Swamy, G.J. And Kuppusamy, K. 2016. Optimization of foaming properties and foam mat drying of muskmelon using soy protein. *Journal of food process engineering*, 39 (6): 692-701.
- Baeghballi, V., Niakousari, M. and Farahnaky, A. 2016. Refractance Window drying of pomegranate juice: quality retention and energy efficiency. *LWT-Food Science and Technology*, 66 34-40.
- Barbosa-Canovas, G.V., Ortega-Rivas, E., Juliano, P. and Yan, H., 2005. Physical Properties, Processing, and Functionality, Kluwer Academic Plenum Publishers, New York, 388 p.
- Başüenal, H. 2016. Dilimlenerek dondurulan kırmızıbiberin bazı fiziksel ve kimyasal kalite özellikleri üzerin ön işlem olarak uygulanan ozmotik kurutmanın etkisi. Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 80 s.
- Batu, A., Aydoğmuş E. ve Batu, H.S. 2010. Gıdalarda Hidroksimetilfurfural (HMF) Oluşumu ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2014 9:40-55.
- Beristain, C., Garcia, H. and Vernon-Carter, E. 2001. Spray-dried encapsulation of cardamom (*Elettaria cardamomum*) essential oil with mesquite (*Prosopis juliflora*) gum. *LWT-Food Science and Technology*, 34 (6): 398-401.
- Bernaert, N., Van Droogenbroeck, B., Van Pamel, E. and De Ruyck, H. 2018. Innovative refractance window drying technology to keep nutrient value during processing. *Trends in Food Science & Technology*.
- Bhandari, B.R., D'Arcy, B.R. and Padukka, I. 1999. Encapsulation of lemon oil by paste method using β -cyclodextrin: Encapsulation efficiency and profile of oil volatiles. *J Agr Food Chem*, 47: 5194-5197.
- Bozkır, H. 2010. Yerli portakal çeşitlerinden elde edilen portakal sularının karotenoid bileşimlerinin belirlenmesi ve ısıtıl işlemin etkileri. Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 113 s.
- Brennan, J., Herrera, J. and Jowitt, R. 1971. A study of some of the factors affecting the spray drying of concentrated orange juice, on a laboratory scale. *International Journal of Food Science & Technology*, 6 (3): 295-307.
- Brygıdyr, A., Rzepecka, M. and Mcconnell, M. 1977. Characterization and drying of tomato paste foam by hot air and microwave energy. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.* 10 , 313–319.

- Buera M.P., Chirife J., Resnik S.L., Lozano R.D. 1987. Nonenzymatic browning in liquid model systems of high water activity: kinetics of color changes due to caramelization of various single sugars. *J Food Sci* 52:1059–1062
- Cadwallader, K.R., Moore, J.J., Zhang, Z.T. and Schmidt, S.J. 2010. Comparison of spray drying and refractance window (TM) drying Technologies Contis (Editors) *Recent Advances in Food and Flavor Chemistry*, RSC Publishing, 246-254.
- Castoldi, M., Zotarelli, M., Durigon, A., Carciofi, B. and Laurindo, J. 2015. Production of tomato powder by refractance window drying. *Drying Technology*, 33 (12): 1463-1473.
- Caparino, O.A., Tang, J., Nindo, C.I., Sablani, S.S., Powers, J.R. and Fellman, J.K. 2012. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine ‘Carabao’ var.) powder. *Journal of Food Engineering*, 111 (1): 135-148.
- Caparino, O., Sablani, S., Tang, J., Syamaladevi, R. and Nindo, C. 2013. Water sorption, glass transition, and microstructures of refractance window–and freeze-dried mango (Philippine “Carabao” Var.) powder. *Drying Technology*, 31 (16): 1969-1978
- Carr, R.L. 1965. Evaluating flow properties of solids. *Chem Engineer*, 72: 163–168.
- Cemeroğlu, B. 2013. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi 1. Cilt. Bizim Grup Basımevi: 725, Ders Kitabı, Ankara, 648-649 s.
- Cemeroğlu, B. 2013. Gıda analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, 682 s.
- Chegini, G. and Ghobadian, B. 2005. Effect of spray-drying conditions on physical properties of orange juice powder. *Drying Technology*, 23 (3): 657-668.
- Chegini, G. and Ghobadian, B. 2007. Spray dryer parameters for fruit juice drying. *World Journal of Agricultural Sciences*, 3 (2): 230-236.
- Chou, S. and Chua, K. 2001. New hybrid drying technologies for heat sensitive foodstuffs. *Trends in Food Science & Technology*, 12 (10): 359-369.
- Chuah, A.M., Lee, Y.-C., Yamaguchi, T., Takamura, H., Yin, L.-J. and Matoba, T. 2008. Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. *Food chemistry*, 111 (1): 20-28.
- Cin, P. and Gezer, C. 2017. Fonksiyonel bir besin olarak turuncgiller ve metabolik sendrom ilişkisi. *Food and Health*, 3 (2): 49-58.
- Contreras, C., Martín-Esparza M.E, Chiralt, A. and Martínez-Navarrete, N. 2008. Influence of microwave application on convective drying: Effects on drying kinetics, and optical and mechanical properties of apple and strawberry. *Journal of Food Engineering*, 88(1), 55–64.
- Çam, İ.B. 2016. Ön işlemlerle kombine uygulanan kapalı döngü modifiye atmosfer kurutmanın bazı meyvelerin karakteristik özellikleri üzerine etkisi. 109.
- Çınar, İ. and Erafşar, F.K. KÖPÜK KURUTMA TEKNİĞİNİN MEYVE VE SEBZE İŞLEMEDE KULLANIMI. *Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19 (2): 89-100.

- Darniadi, S., Ho, P. and Murray, B.S. 2018. Comparison of blueberry powder produced via foam-mat freeze-drying versus spray-drying: evaluation of foam and powder properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98 (5): 2002-2010.
- De La Fuente-Blanco, S., De Sarabia, E.R.-F., Acosta-Aparicio, V., Blanco-Blanco, A. and Gallego-Juárez, J. 2006. Food drying process by power ultrasound. *Ultrasonics*, 44 e523-e527.
- Dehghannya, J., Pourahmad, M., Ghanbarzadeh, B. and Ghaffari, H. 2019. Heat and mass transfer enhancement during foam-mat drying process of lime juice: Impact of convective hot air temperature. *International Journal of Thermal Sciences*, 135 30-43.
- Dincer, C., Topuz, A., Sahin-Nadeem, H., Ozdemir, K.S., Cam, I.B., Tontul, I., Gokturk, R.S. and AY, S.T. 2012. A comparative study on phenolic composition, antioxidant activity and essential oil content of wild and cultivated sage (*Salvia fruticosa* Miller) as influenced by storage. *Industrial Crops and Products*, 39 170-176.
- Diaz, G.R., Martinez-Monzo, J., Fito, P. and Chiralt, A. 2003. Modelling of dehydration-rehydration of orange slices in combined microwave/air drying. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 4 (2): 203-209.
- Domian, E. and Poszytek, K. 2005. Wheat flour flowability as affected by water activity, storage time and consolidation. *Int Agrophys*, 19(2): 119-124.
- Edris, A. and Bergnsthål, B. 2001. Encapsulation of orange oil in a spray dried double emulsion. *Food/Nahrung*, 45 (2): 133-137.
- El-Safy, F.S. 2014. Drying characteristics of loquat slices using different dehydration methods by comparative evaluation. *World J Dairy Food Sci*, 9(2): 272-284.
- 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.
- Ertekin, C. and Yaldiz, O. 2004. Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *Journal of Food Engineering*, 63 (3): 349-359.
- Evranuz, Ö., Kılıç, M., Su Aktivitesi ve Camsılığa Geçiş Sıcaklığının Şeker İçeriği Yüksek Gıdaların Dayanma Süresi ve Fizikokimyasal Kalite Özelliklerine Etkisi, Türkiye 9. *Gıda Kongresi*, 24-26.
- Falade, K., Adeyanju, K. and Uzo-Peters, P. 2003. Foam-mat drying of cowpea (*Vigna unguiculata*) using glyceryl monostearate and egg albumin as foaming agents. *European Food Research and Technology*, 217 (6): 486-491.
- Falade, K.O. and Okocha, J.O. 2012. Foam-mat drying of plantain and cooking banana (*Musa spp.*). *Food and Bioprocess Technology*, 5 (4): 1173-1180.
- Fitzpatrick, J.J., Van Lauwe, A., Coursol, M., O'brien, A., Fitzpatrick, K.L., Ji, J. and Miao, S. 2016. Investigation of the rehydration behaviour of food powders by comparing the behaviour of twelve powders with different properties. *Powder Technology*, 297 340-348

- Gama, J.J.T., Sylos, C.M., 2007. Effect of thermal pasteurization and concentration carotenoid composition of Brazilian Valencia orange juice. *Food Chemistry* 100,1686–1690.
- 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-Perez, J.V., Ortuño, C., Puig, A., Carcel, J.A. and Perez-Munuera, I. 2012. Enhancement of water transport and microstructural changes induced by high-intensity ultrasound application on orange peel drying. *Food and Bioprocess Technology*, 5 (6): 2256-2265.
- Gattuso, G., Barreca, D., Gargiulli, C., Leuzzi, U & Caristi, C. 2007. Flavonoid compisiton of citrus juices. *Molecules*, 12(8), 1641-1673.
- Hacisevki, A. 2009. An overview of ascorbic acid biochemistry. *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 38 (3): 233-255.
- Hayashi, H. 1989. Drying technologies of foods-their history and future. *Drying Technology*, 7 (2): 315-369.
- Hernández-Santos, B., Martínez-Sánchez, C.E., Torruco-Uco, J.G., Rodríguez-Miranda, J., Ruiz-López, I.I., Vajando-Anaya, E.S., Carmona-García, R. and Herman-Lara, E. 2016. Evaluation of physical and chemical properties of carrots dried by Refractance Window drying. *Drying Technology*, 34 (12): 1414-1422.
- Hettiarachchy, N.S. and Ziegler, G.R. 1994. Protein functionality in food systems. CRC Press s.
- Huang, L.-l., Zhang, M., Mujumdar, A. S. ve Lim, R.-x. 2011. Comparison of four drying methods for re-structured mixed potato with apple chips. *Journal of Food Engineering*, 103 (2011), 279-284.
- Islam, M., Kitamura, Y., Kokawa, M. and Monalisa, K. 2017. Degradation kinetics and storage stability of vacuum spray-dried micro wet-milled orange juice (*Citrus unshiu*) powder. *Food and Bioprocess Technology*, 10 (6): 1002-1014.
- Jafari, S.M., Azizi, D., Mirzaei, H. and Dehnad, D. 2016. Comparing quality characteristics of oven-dried and Refractance Window-dried kiwifruits. *Journal of food processing and preservation*, 40 (3): 362-372.
- Kadam, D.M., Patil, R.T. and Kaushik, P. 2010a. Foam mat drying of fruit and vegetable products. In *Drying of foods, vegetables and fruits – Volume 1* (S.V. Jangam, C.L. Law and A.S. Mujumdar, eds) pp. 113–124, ISBN: 978-981-08-6759-1, Published in Singapore
- Kadam DM, Raj Rai D, Patil RT, Wilson RA, Kaur S, Kumar R. 2011. Quality of fresh and stored foam mat dried mandarin powder. *Int J Food Sci Tech*, 46: 793-799.
- Kadam, D.M. and Balasubramanian, S. 2011. Foam mat drying of tomato juice. *Journal of food processing and preservation*, 35 (4): 488-495.

- Kandasamy, P., Varadharaju, N., Kalemullah, S. and MaladhI, D. 2014. Optimization of process parameters for foam-mat drying of papaya pulp. *Journal of food science and technology*, 51 (10): 2526-2534.
- Kannan, K. and Monisha, K. 2018. Studies on Physiochemical Properties of Pineapple Powder Produced by Foam Mat Drying. *Research & Reviews: Journal of Food Science and Technology*, 6 (1): 29-36.
- Karabulut, I., Topcu, A., Duran, A., Turan, S. and Ozturk, B. 2007. Effect of hot air drying and sun drying on color values and β -carotene content of apricot (*Prunus armenica* L.). *LWT-Food Science and Technology*, 40 (5): 753-758.
- Kaspar, K.L., Park, J.S., Mathison, B.D., Brown, C.R., Massimino, S. and Chew, B.P. 2012. Processing of pigmented-flesh potatoes (*Solanum tuberosum* L.) on the retention of bioactive compounds. *Int J Food Sci Tech*, 47(2): 376-382.
- Kayabaşı, N. and Etikan, S. 2015. Bazı Turunçgil (Rutaceae) Yapraklarından Elde Edilen Renklerin Subjektif ve Objektif Yöntemle Değerlendirilmesi. *SDU Teknik Bilimler Dergisi*, 5 (1).
- Keskin, M., Setlek, P. and Demir, S. 2017. Use of Color Measurement Systems in Food Science and Agriculture. International Advanced Researches & Engineering Congress, 16-18 ss.
- Koç, M. 2015. Farklı kurutma yöntemleri ile bal tozu üretim koşullarının optimize edilmesi ve depolama stabilitesinin belirlenmesi. Doktora tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 202 s.
- Koç, M. And Kaymak-Ertekin, F. 2016. Şeker İçeriği Yüksek Gıdaların Püskürtülerek Kurutulması&58; Ürün Kazanımı ve Toz Ürün Özelliklerinin Geliştirilmesi. *Turkish Journal of Agriculture: Food Science and Technology*, 4 (5): 336-344.
- Kotwaliwale, N., Bakane, P. and Verma, A. 2007. Changes in textural and optical properties of oyster mushroom during hot air drying. *Journal of Food Engineering*, 78 (4): 1207-1211.
- Kovacı, T., Dikmen, E. and Şahin, A.Ş. 2018. Kurutma Sistemleri, Enerji Tüketimleri ve Ürün Kalitesine Etkileri ve Örnek Sistem Tasarımı. *Journal of Technical Sciences*, 8 (2): 25-39.
- Krasaekoopt, W. and Bhatia, S. 2012. Production of yogurt powder using foam-mat drying. *AU Journal of Technology*, 15 (3).
- 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 pp.
- Kutlu, N. and İşci, A. 2016. Farklı kurutma yöntemlerinin patlıcanın kurutma karakteristikleri üzerine etkisi ve kurutmanın matematiksel modellenmesi. *Akademik Gıda*, 14 (1): 21-27.
- Kuzielova E, Pach L, Palou M. 2016. Effect of activated foaming agent on the foam concrete properties. *Constr Build Mater*, 125: 998–1004.

- Land, M. and Raes, K. 2019. Refractance window drying of fish silage – An initial investigation into the effects of physicochemical properties on drying efficiency and nutritional quality. *LWT* (102) : 71-74.
- Lee HS, Nagy S. 1988b. Quality changes and nonenzymic browning intermediates in grapefruit juice during storage. *J Food Sci* 53:168–180
- Lee H.S., Coates G.A. 2003. Effect of thermal pasteurization on Valencia orange juice color and pigments. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol*, 36, 153–156,
- Li, B., Smith, B. and Hossain, M.M. 2006. Extraction of phenolics from citrus peels: II. Enzyme-assisted extraction method. *Separation and Purification Technology*, 48 (2): 189-196.
- Lobo, F.A., Nascimento, M.A., Domingues, J.R., Falcão, D.Q., Hernanz, D., Heredia, F.J. And De Lima Araujo, K.G. 2017. Foam mat drying of Tommy Atkins mango: Effects of air temperature and concentrations of soy lecithin and carboxymethylcellulose on phenolic composition, mangiferin, and antioxidant capacity. *Food chemistry*, 221 258-266.
- Madrau, M., Piscopo, A., Sanguinetti, A.M., Del Caro, A., Poina, M., Romeo, F.V. and Piga, A. 2009. Effect of drying temperature on polyphenolic content and antioxidant activity of apricots. *European Food Research and Technology* : 228-441.
- Manjarres-Pinzon, K., Cortes-Rodriguez, M. and Rodríguez-Sandoval, E. 2013. Effect of drying conditions on the physical properties of impregnated orange peel. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 30 (3): 667-676.
- Manso, M.C., Oliveira, F.A., Oliveira, J.C. and Frías, J.M. 2001. Modelling ascorbic acid thermal degradation and browning in orange juice under aerobic conditions. *International Journal of Food Science & Technology*, 36 (3): 303-312.
- Maskan, A., Kaya, S. and Maskan, M. 2002. Hot air and sun drying of grape leather (pestil). *Journal of Food Engineering*, 54 (1): 81-88.
- Mathlouthi, M. 2001. Water content, water activity, water structure and the stability of foodstuffs. *Food Control*, 12(7), 409-417.
- Meléndez-Martínez, A.J., Vicario, I.M. and Heredia, F.J. 2007. Analysis of carotenoids in orange juice. *Journal of Food composition and analysis*, 20 (7): 638-649.
- Mitiku, S.B., Sawamura, M., Itoh, T. and Ukeda, H. 2000. Volatile components of peel cold-pressed oils of two cultivars of sweet orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) from Ethiopia. *Flavour and Fragrance Journal*, 15: 240-244.
- Morales, F.J., Romero, C., Jimenez Perez, S. 1997. Chromatographic determination of bound hydroxymethylfurfural as an index of milk protein glycosylation. *J. Agric. Food Chem.* 45, 1570–1573.
- Morgan, A., Ginnette, L., Graham, R. and Williams, G. 1961. Recent developments in foam-mat drying. *Food technology*, 15 (1): 37
- Moses, J., Norton, T., Alagusundaram, K. and Tiwari, B. 2014. Novel drying techniques for the food industry. *Food Engineering Reviews*, 6 (3): 43-55.

- Mulet, A., Carcel, J., Sanjuan, N. and Bon, J. 2003. New food drying technologies-Use of ultrasound. *Revista de Agaroquimica y Tecnologia de Alimentos*, 9 (3): 215-221.
- Muthukumaran A, Ratti C, Raghavan VGS. 2008. Foam mat freeze drying of egg white – mathematical modeling part 2: freeze drying and modeling. *Drying Technol*, 26(4):513- 518.
- Mwithiga, G. and Olwal, J.O. 2005. The drying kinetics of kale (*Brassica oleracea*) in a convective hot air dryer. *Journal of Food Engineering*, 71 (4): 373-378.
- Nemzer, B., Vargas, L., Xia, X., Sintara, M. and Feng, H. 2018. Phytochemical and physical properties of blueberries, tart cherries, strawberries, and cranberries as affected by different drying methods. *Food chemistry*, 262 242-250.
- Nindo, C.I., Feng, H., Shen, G.Q., Tang, J. and Kang, D.H. 2003a. Energy utilization and microbial reduction in a new film drying system. *J Food Proces Preservation*, 27(2): 117-136.
- Nindo, C., Feng, H., Shen, G., Tang, J. and Kang, D. 2003. Energy utilization and microbial reduction in a new film drying system. *Journal of food processing and preservation*, 27 (2): 117-136.
- Nindo, C. and Tang, J. 2007. Refractance window dehydration technology: a novel contact drying method. *Drying Technology*, 25 (1): 37-48.
- Ochoa-Martinez, C.I., Quintero, P.T., Ayala, A.A. and Ortiz, M.J. 2012. Drying characteristics of mango slices using the Refractance Window (TM)
- Ocoro-Zamora, M.U. and Ayala-Aponte, A.A. 2013. Influence of thickness on the drying of papaya puree (*carica papaya* l.) through refractance windowtm technology. *Dyna*, 80 (182): 147-154.
- Oral, M., (2014), Türkiye’de Portakal Pazarlaması Etkinlik Analizi. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Antalya.
- Orikasa, T., Koide, S., Okamoto, S., Imaizumi, T., Muramatsu, Y., Takeda, J.-i., Shiina, T. ve Tagawa, A. 2014. Impacts of hot air and vacuum drying on the quality attributes of kiwifruit slices. *Journal of Food Engineering*, 125 (2014), 51-58.
- Ortiz-Jerez, M.J., Gulati, T., Datta, A.K. and Ochoa-Martínez, C.I. 2015. Quantitative understanding of refractance window™ drying. *Food and Bioproducts Processing*, 95 237-253.
- Panesar DK. 2013. Cellular concrete properties and the effect of synthetic and protein foaming agents. *Constr Build Mater*, 44: 575-584.
- Pavan, M.A., Schmidt, S.J. and Feng, H. 2012. Water sorption behavior and thermal analysis of freeze-dried, Refractance Window-dried and hot-air dried açai (*Euterpe oleracea* Martius) juice. *LWT-Food Science and Technology*, 48 (1): 75-81.
- Pu, H., Li, Z., Hui, J. and Raghavan, G.V. 2016. Effect of relative humidity on microwave drying of carrot. *Journal of Food Engineering*, 190 167-175.
- Que, F., Mao, L., Fang, X. and Wu, T. 2008. Comparison of hot air-drying and freeze-drying on the physicochemical properties and antioxidant activities of pumpkin

- (Cucurbita moschata Duch.) flours. *International Journal of Food Science & Technology*, 43 (7): 1195-1201.
- Raharitsifa, N. and Ratti, C. 2010. Foam-mat freeze-drying of apple juice part 1: Experimental data and ann simulations. *Journal of food process engineering*, 33 268-283.
- Rajkumar, P., Kailappan, R., Viswanathan, R. and Raghavan, G. 2007. Drying characteristics of foamed alphonso mango pulp in a continuous type foam mat dryer. *Journal of Food Engineering*, 79 (4): 1452-1459.
- Reineccius GA. 1994. Flavor analysis. In: Source Book of Flavors, Reineccius GA, (Ed) Chapman & Hall, New York, pp.24-60.
- Rodriguez-Amaya, D.B., A guide to carotenoid analysis in foods. Washington, DC: *International life Sciences Institute Press*, p. 59, 1999.
- Rostami, H., Dehnad, D., Jafari, S.M. and Tavakoli, H.R. 2018. Evaluation of physical, rheological, microbial, and organoleptic properties of meat powder produced by Refractance Window drying. *Drying Technology*, 36 (9): 1076-1085.
- Rieger, M.W. 2001. Citrus fruits. www.uga.edu/hortcrop/rieger.
- Rouseff, R.L., ve Nagy, S. 1994. Health and nutritional benefits of citrus fruit components. *Food Technol.* 48:125-132.
- 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.
- Rockwell, W., Lowe, E., Morgan, A., Graham, R. and Ginnette, L. 1962. How foam-mat dryer is made. *Food Engineering*, 34 (8): 86.
- Rosa, D.P., Cantú-Lozano, D., Luna-Solano, G., Polachini, T.C. and TELIS-ROMERO, J. 2015. Mathematical modeling of orange seed drying kinetics. *Ciência e Agrotecnologia*, 39 (3): 291-300.
- Rufián-Henares, J., Delgado-Andrade, C. and Morales, F. 2006. Analysis of heat-damage indices in breakfast cereals: Influence of composition. *Journal of Cereal Science*, 43 (1): 63-69.
- Saavedra, J., Córdova, A., Navarro, R., Díaz-Calderón, P., Fuentealba, C., Astudillo-Castro, C., Toledo, L., Enrione, J. and Galvez, L. 2017. Industrial avocado waste: Functional compounds preservation by convective drying process. *Journal of Food Engineering*, 198 81-90.
- Sangamithra, A., Venkatachalam, S., Swamy, G.J., Kuppusamy, K. Optimization of Foaming Properties Foam Mat Drying of Muskmelon Using Soy Protein. *Journal of Food Process Engineering*. 39:692-701, 2016.
- 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): 1421-1427.
- Saracavos, G.G., Tsiourvas, D.A. and Tsami, E., 1986, Effect of temperature on the water adsorption isotherms of sultana raisins, *Food Science*, 51: 381-383 pp.

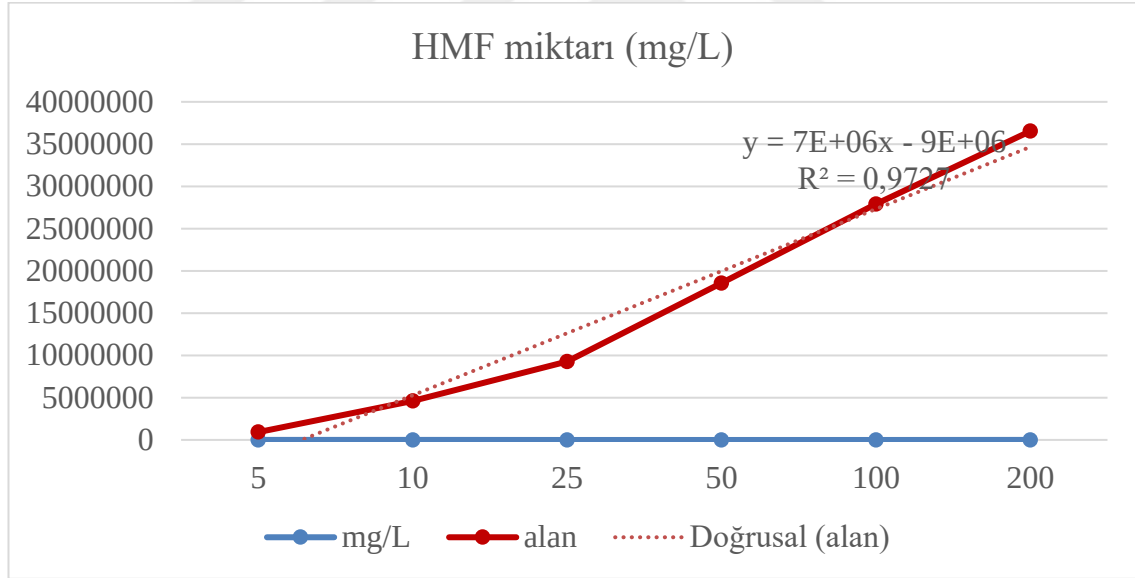
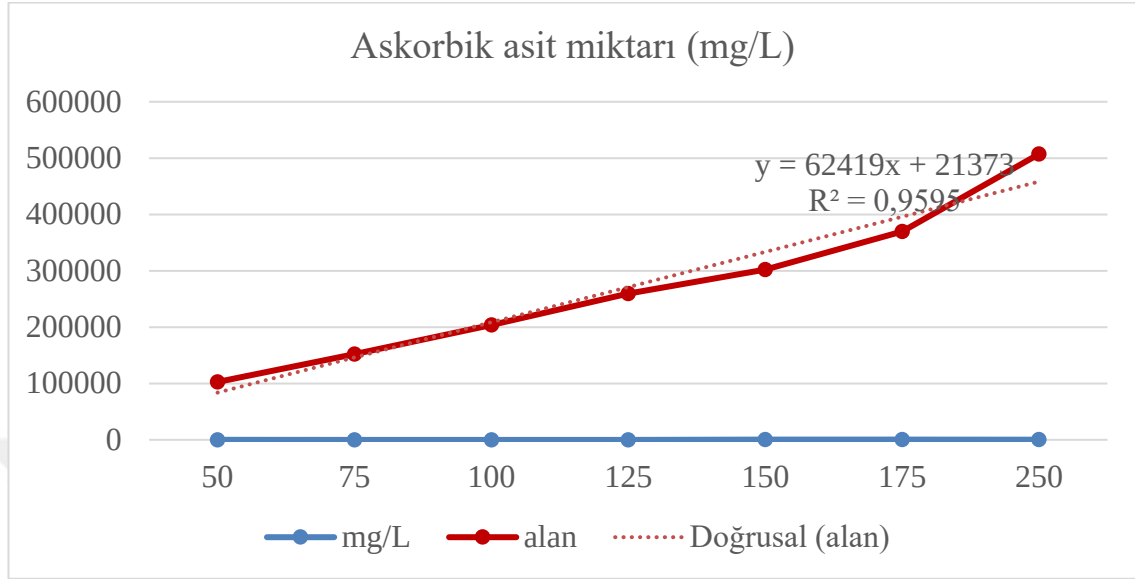
- Sharma, G. and Prasad, S. 2001. Drying of garlic (*Allium sativum*) cloves by microwave-hot air combination. *Journal of Food Engineering*, 50 (2): 99-105.
- Shende, D. and Datta, A.K. 2018. Refractance window drying of fruits and vegetables: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Shofinita, D. and Langrish, T. 2014. Spray drying of orange peel extracts: Yield, total phenolic content, and economic evaluation. *Journal of Food Engineering*, 139 31-42.
- Silva, V., Costa, J.J., Figueiredo, A.R., Nunes, J., Nunes, C., Ribeiro, T.I. and Pereira, B. 2016. Study of three-stage intermittent drying of pears considering shrinkage and variable diffusion coefficient. *Journal of Food Engineering*, 180 77-86.
- Sims, R.J. 1989. Spray dried emulsion, *Develop Food Science*, 19:495-509 pp.
- Srikiatden, J. and Roberts, J.S. 2008. Predicting moisture profiles in potato and carrot during convective hot air drying using isothermally measured effective diffusivity. *Journal of Food Engineering*, 84 (4): 516-525.
- Szadzinska, J., Lechtanska, J., Kowalski, S. J. ve Stasiak, M. 2017. The effect of high power airborne ultrasound and microwaves on convective drying effectiveness and quality of green pepper. *Ultrason Sonochem*, 34 (2017), 531-539.
- Talens, C., Arboleya, J. C., Castro-Giraldez, M. ve Fito, P. J. 2017. Effect of microwave power coupled with hot air drying on process efficiency and physico-chemical properties of a new dietary fibre ingredient obtained from orange peel. *LWT - Food Science and Technology*, 77 (2017), 110-118.
- Tepge 2016. Turunçgiller.
- Teunou, E., Fitzpatrick, J. and Synnott, E. 1999. Characterisation of food powder flowability. *Journal of Food Engineering*, 39 (1): 31-3
- Tonon, R. V., Baroni, A. F., Brabet, C., Gibert, O., Pallet, D., & Hubinger, M. D. (2009a). Water sorption and glass transition temperature of spray dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice. *Journal of Food Engineering*, 94(3-4), 215-221.
- Tontul, İ. 2017. Kırınım pencere (refractance window) ve mikrodalga destekli sıcak hava kurutma teknikleri ile fonksiyonel bileşenlerce zengin nar pestili üretimi. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 138 s.
- 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.
- Tontul, İ., Ergin, F., Eroğlu, E., Küçükçetin, A. and Topuz, A. 2018. Physical and microbiological properties of yoghurt powder produced by refractance window drying. *International Dairy Journal*.
- Tontul İ., Kasımoğlu Z., Aşık S., Atbakan T., Topuz A. 2018. Functional properties of chickpea protein isolates dried by refractance window drying, 1253-1259. Doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.11.135

- Tontul, I., Eroğlu, E. and Topuz, A. 2018. Convective and refractance window drying of cornelian cherry pulp: Effect on physicochemical properties. *Journal of food process engineering*, 41 (8): e12917.
- Topuz, A., Topakcı, M., Canakcı, M., Akıncı, I. and Ozdemir, F. 2005. Physical and nutritional properties of four orange varieties. *Journal of Food Engineering*, 66 (4): 519-523.
- Topuz, A. 2008. A novel approach for color degradation kinetics of paprika as a function of water activity. *LWT-Food Science and Technology*, 41 (9): 1672-1677.
- 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.
- Topuz, A., Dincer, C., Ozdemir, K.S., Feng, H. and Kushad, M. 2011. Influence of different drying methods on carotenoids and capsaicinoids of paprika (Cv., Jalapeno). *Food Chem*, 129(3): 860-865.
- Torun, M. 2015. Γ-ışınlama ve yenilebilir kaplamanın farklı koşullarda depolanan soyulmuş diş sarımsağın raf ömrü üzerine etkisi. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 146 s
- Tunde-Akintunde, T., Afolabi, T. and Akintunde, B. 2005. Influence of drying methods on drying of bell-pepper (*Capsicum annuum*). *Journal of Food Engineering*, 68 (4): 439-442.
- Turner, T. and Burri, B. 2013. Potential nutritional benefits of current citrus consumption. *Agriculture*, 3 (1): 170-187.
- Uysal, o. and Polatöz, . 2017. Dünyada ve Türkiye’de turunçgil üretimi ve dış ticareti.
- Valenzuela, C. and Aguilera, J.M. 2013. Aerated apple leathers: effect of microstructure on drying and mechanical properties. *Drying Technology*, 31 (16): 1951-1959.
- Varhan, E. and Koç, M. 2017. Drying of Foods with Foam mat Drying Method. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 5 (6): 637-645.
- Vega-Mercado, H., Góngora-Nieto, M.M. and Barbosa-Cánovas, G.V. 2001. Advances in dehydration of foods. *Journal of Food Engineering*, 49 (4): 271-289.
- Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao, L. and Oomah, B. D. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(10): 4113-4117.
- Venkatachalam S, Sangamithra A, John SG, Kuppuswamy K. 2014. Foam mat drying of food materials: a review. *J Food Process Pres*, 39: 3165-3174.
- Voda, A., Homan, N., Witek, M., DuijsteR, A., Dalen, G., Sman, R., Nijse, J., Vliet, L., AS, H.,V. and Duynhoven, J. 2012. The impact of freeze-drying on microstructure and rehydration properties of carrot. *Food Research International*, 49(2): 687-693.
- Wang, J. and Xi, Y. 2005. Drying characteristics and drying quality of carrot using a two-stage microwave process. *Journal of Food Engineering*, 68 (4): 505-511.
- Wang, Z., Sun, J., Liao, X., Chen, F., Zhao, G., Wu, J. and H , X. 2007. Mathematical modeling on hot air drying of thin layer apple pomace. *Food Research International*, 40 (1): 39-46.

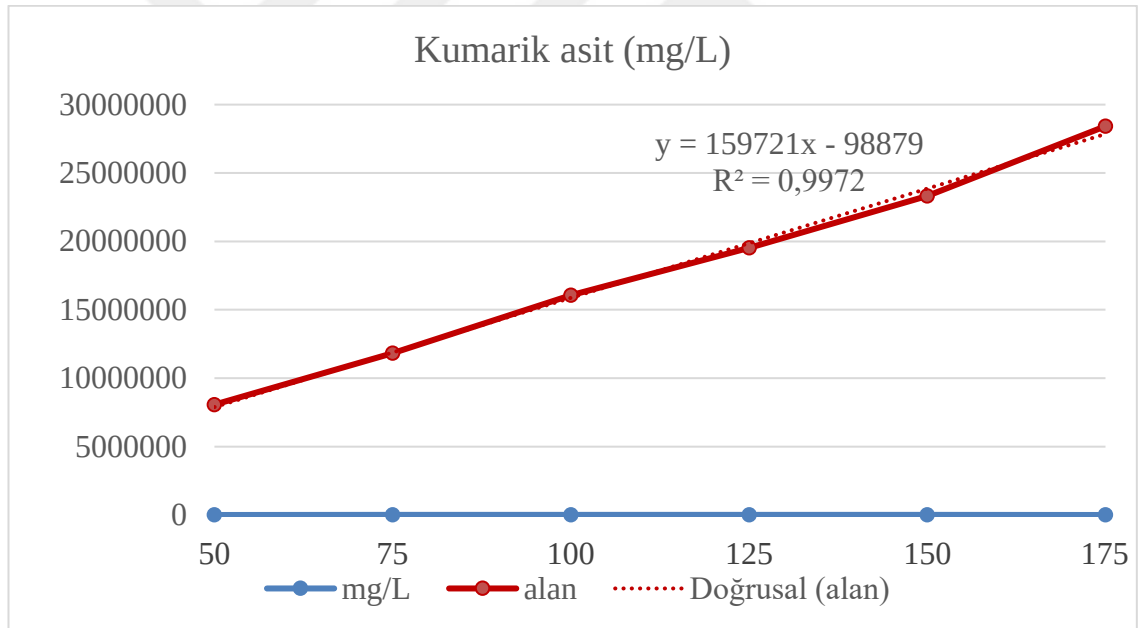
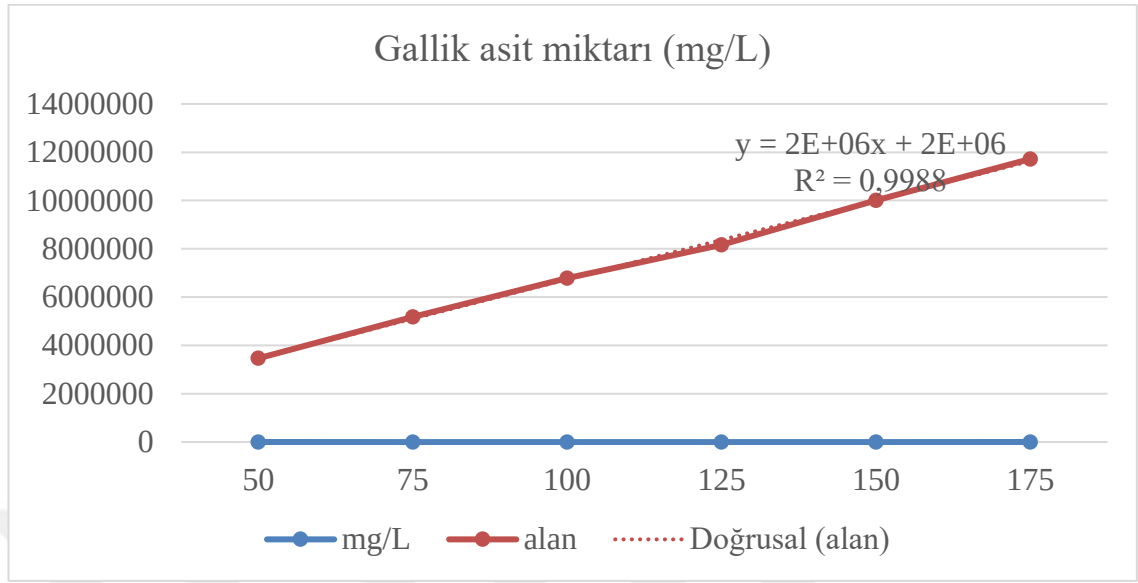
- Williams D. C., Lin M. H., Chen A. O., Pangborn R.M. and Whitaker, J. R. 1986. *Food Technol.* 40 (6): 130
- Xu, W., Song, C., Li, Z., Song, F., Hu, S., Li, J., Zhu, G. and Raghavan, G.V. 2018. Temperature gradient control during microwave combined with hot air drying. *Biosystems Engineering*, 169 175-187.
- Yılmaz, E. 2002. Turunçgil meyvelerinin insan sağlığına etkileri. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 6 (13): 47-52.
- Zhang, D. and Hamauzu, Y. 2003. Phenolic compounds, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant properties of green, red and yellow bell peppers. *J. Food Agric. Environ*, 1 (2): 22-27.
- Zheng, X.-Z., Liu, C.-H. and Zhou, H. 2011. Optimization of parameters for microwave-assisted foam mat drying of blackcurrant pulp. *Drying Technology*, 29 (2): 230-238.
- Zotarelli, M.F., Carciofi, B.A.M. and Laurindo, J.B. 2015. Effect of process variables on the drying rate of mango pulp by Refractance Window. *Food Research International*, 69 410-417

7. EKLER

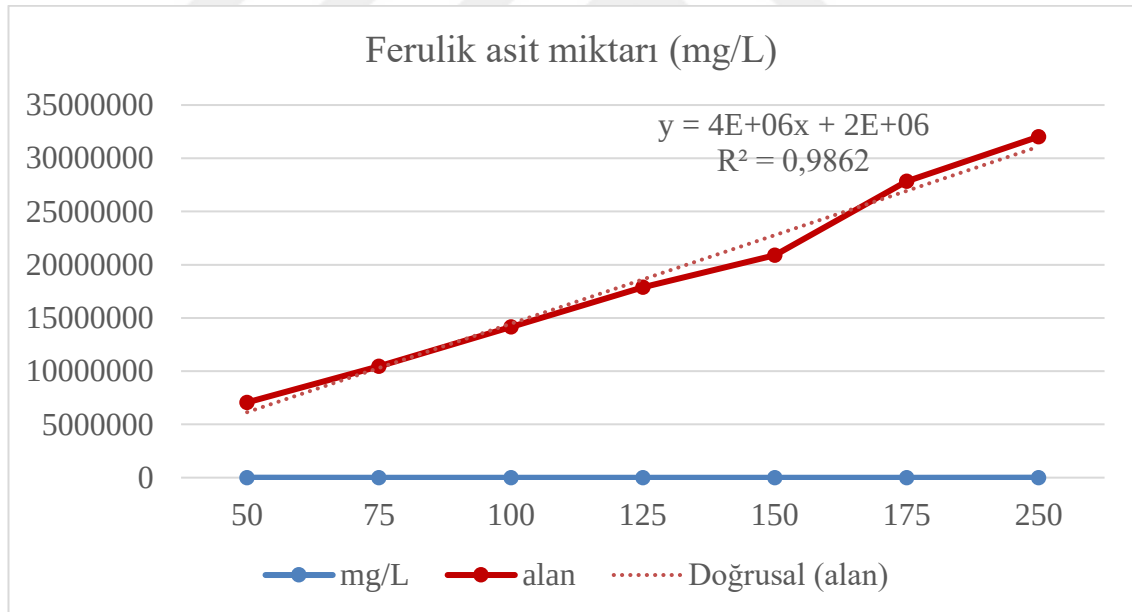
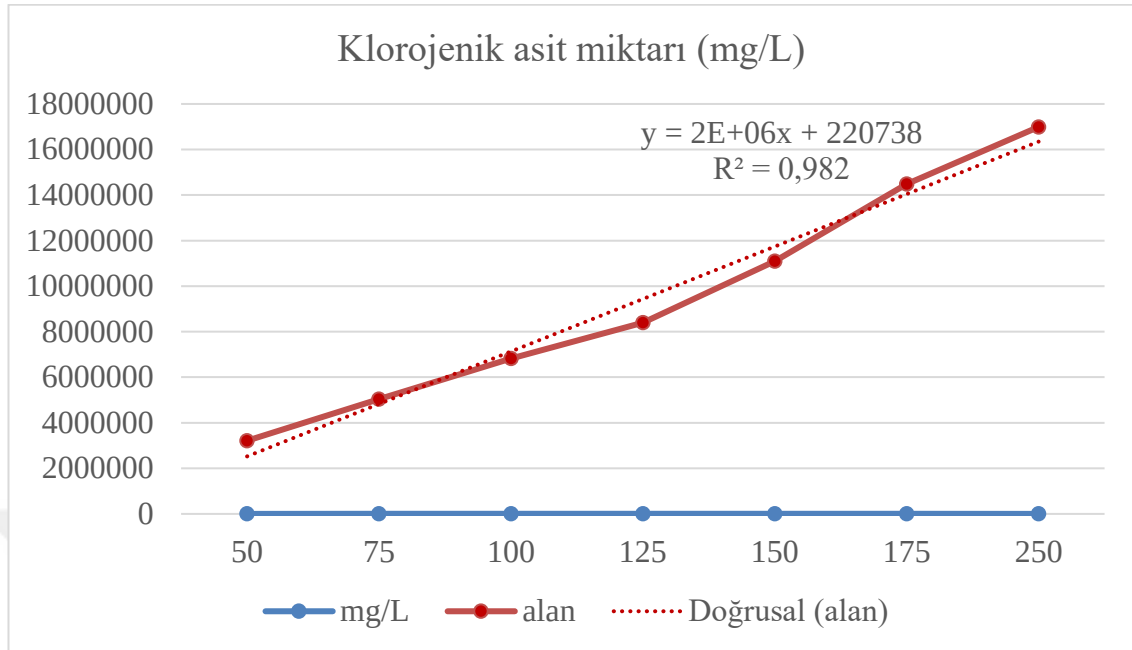
EK-1 Tez kapsamındaki analizlerde kullanılan standart eğrileri



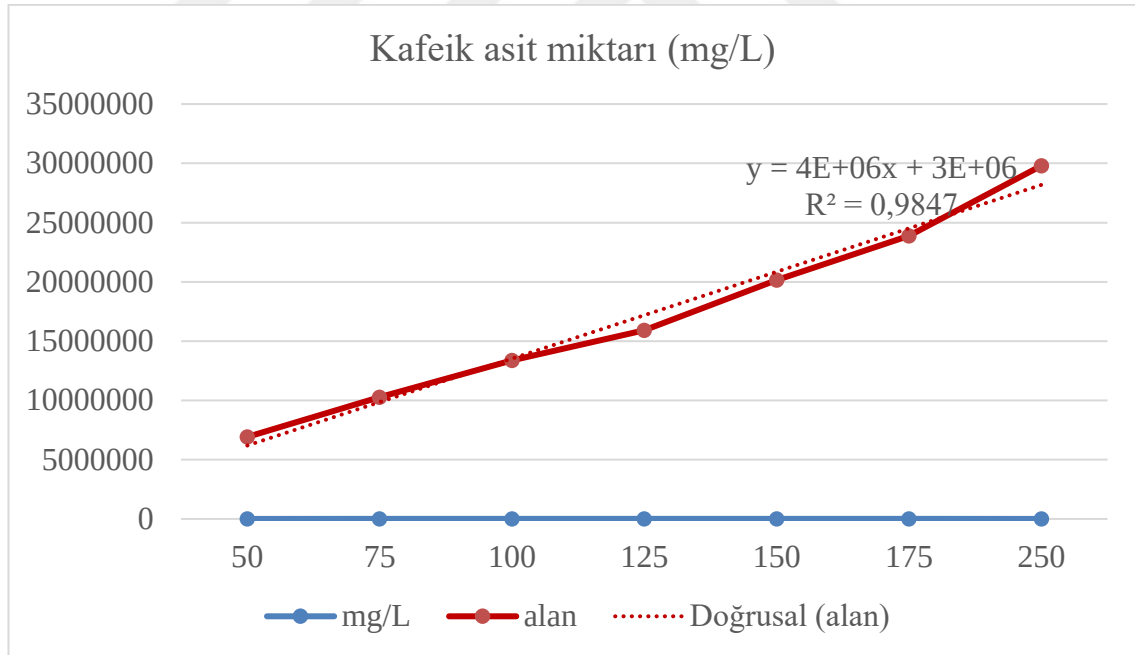
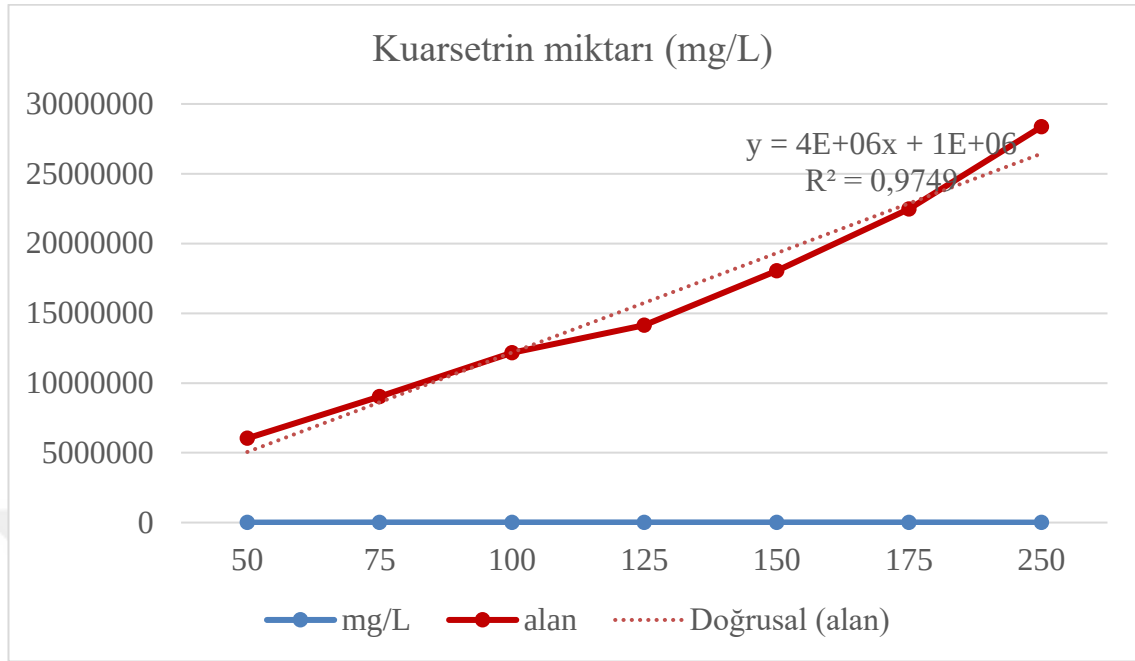
EK-1 (Devamı) Tez kapsamındaki analizlerde kullanılan standart eğrileri



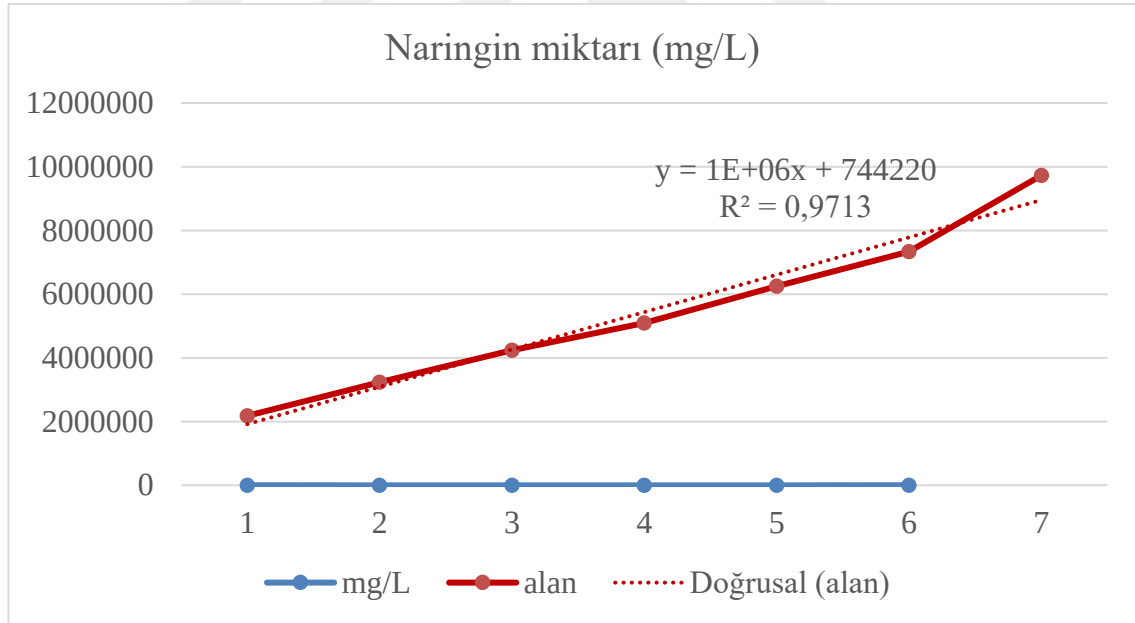
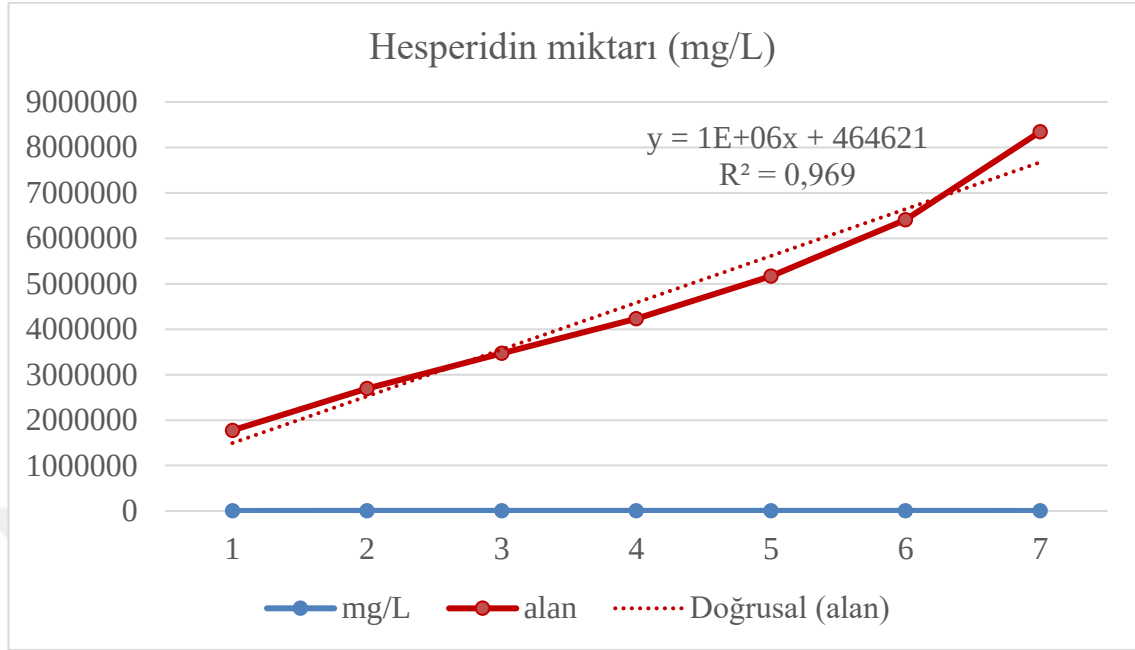
EK-1 (Devamı) Tez kapsamındaki analizlerde kullanılan standart eğrileri



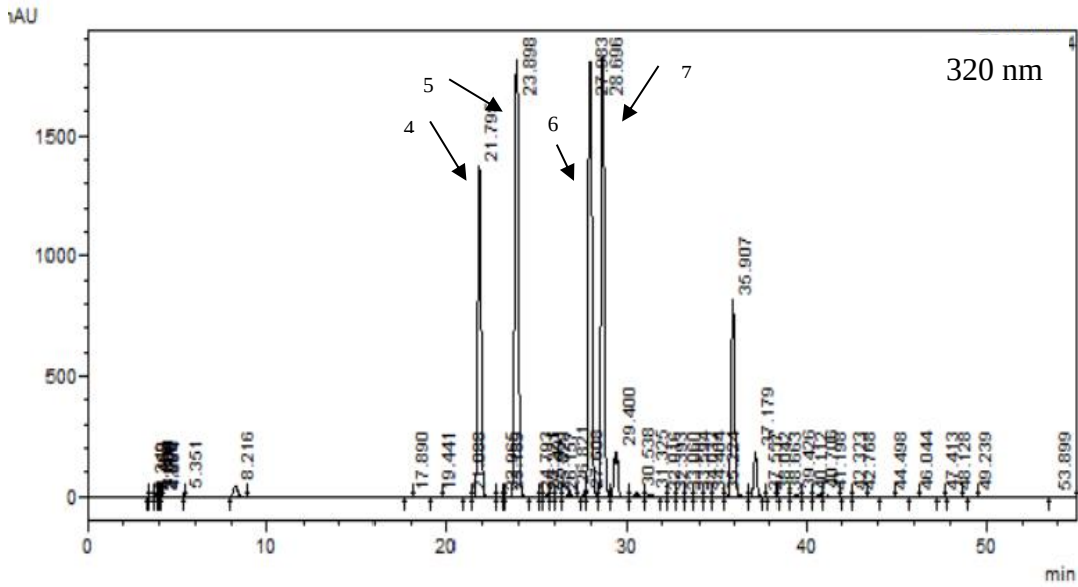
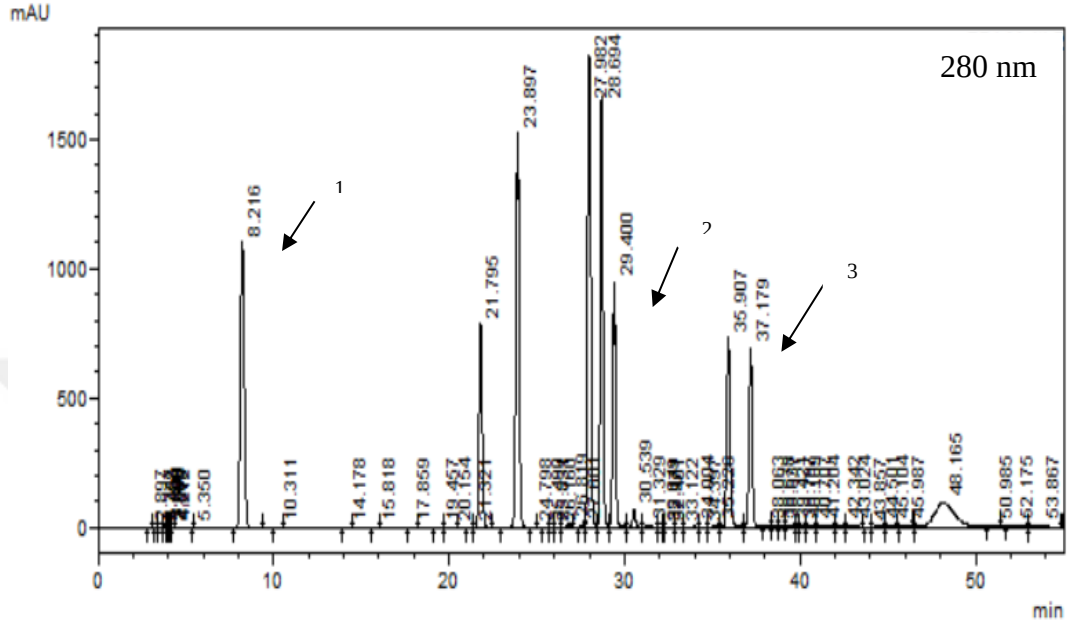
EK-1 (Devamı) Tez kapsamındaki analizlerde kullanılan standart eğrileri



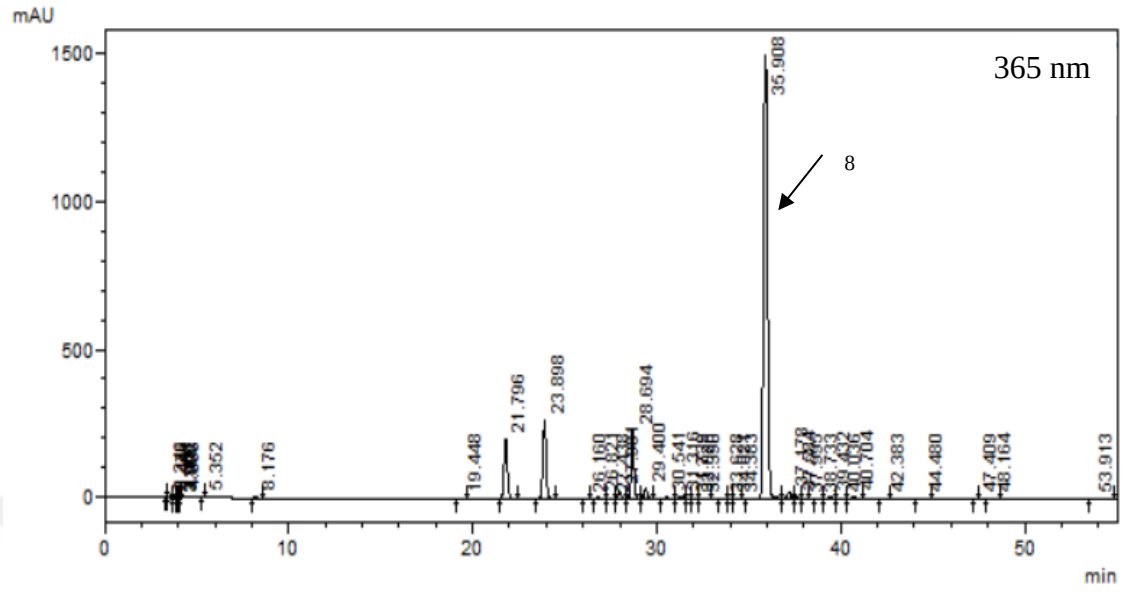
EK-1 (Devamı) Tez kapsamındaki analizlerde kullanılan standart eğrileri



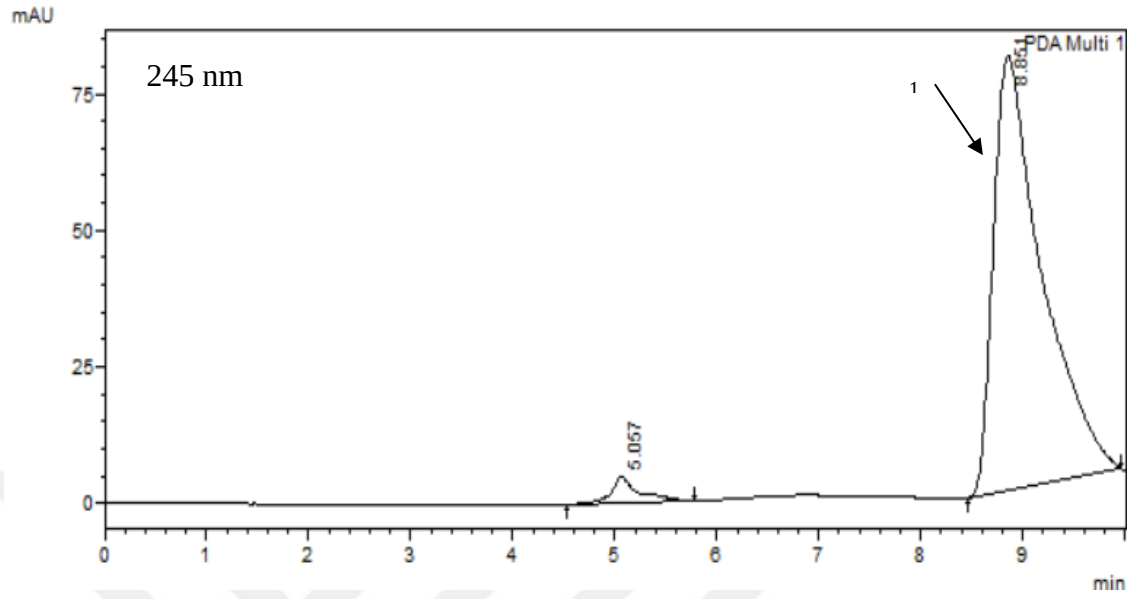
EK-2 Tez kapsamında elde edilen fenolik madde kompozisyonunun 3 farklı dalga boyundaki kromatogramları (1: Gallik asit, 2: Naringin, 3: Hesperidin, 4: Klorojenik asit, 5: Kafeik asit, 6: Kumarik asit, 7: Ferulik asit, 8: Kuersetrin)

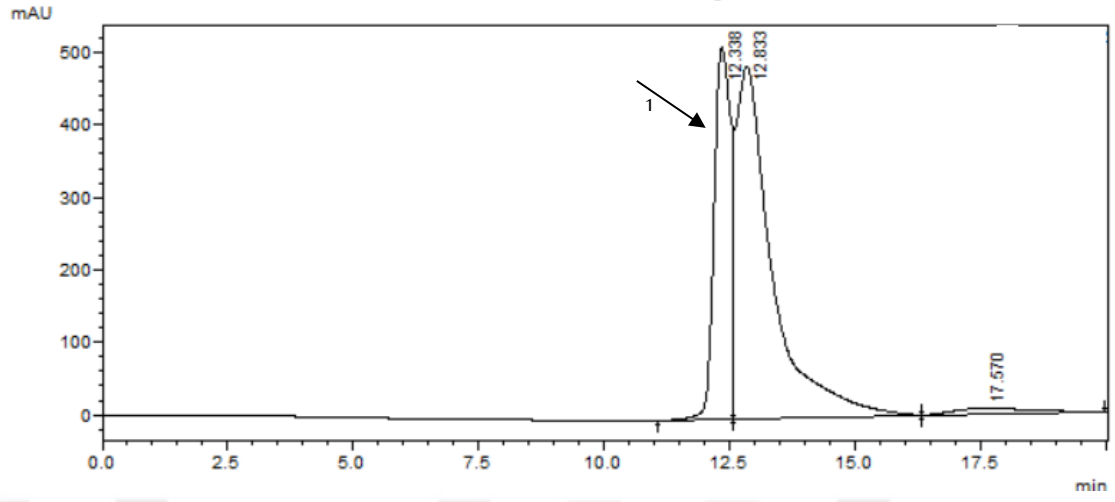


EK-2 (Devamı)



EK-3 Tez kapsamında kullanılan askorbik asit standartına ait kromatogram (1: Askorbik asit)



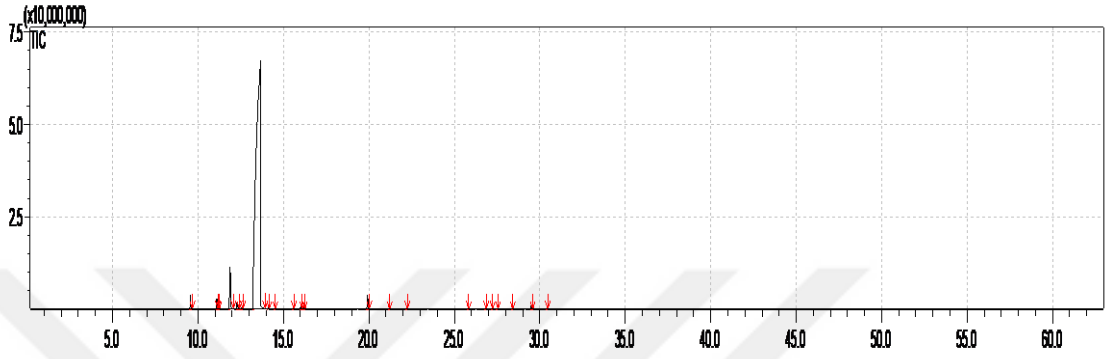
EK-4 Tez kapsamında kullanılan HMF standartına ait kromatogram (1: HMF)

EK-5 Tez kapsamında elde edilen uçucu bileşenler

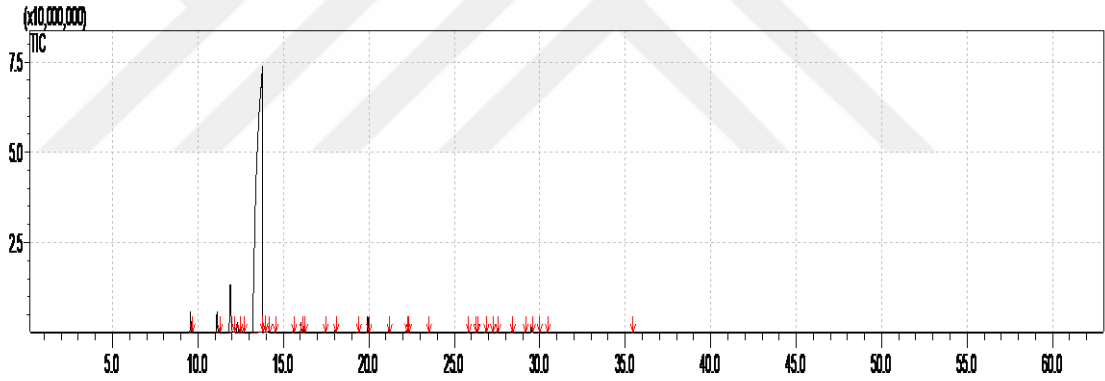
Alıkonma indeksi	Bileşen
930	Alfa Pinen
971	Sabinen
973	Beta Pinen
991	Mirsen
1002	Oktanal
1008	3-Carene
1036	D-Limonen
1049	Osimen
1058	Gama Terpinen
1087	Alfa Terpinen
1099	Linalool
1103	Nonanal
1136	Limonen Oksit
1152	Citronellal
1188	Terpineol
1204	Dekanal
1239	Beta Citral
1269	Citral
1305	Undekal
1376	Copaene
1390	Cis-4(14),5-Muroladiene
1408	Dodekanal
1420	Kariofilen
1457	Beta Farnesen
1493	Valancene
1507	Alfa Farnesen
1523	Beta Candide
1698	Beta Sinensal
2186	Dokosan
2358	Dekanol

EK-6- Tez kapsamında elde edilen uçucu bileşen kompozisyonları (a: taze portakala ait örnek kromatogram, b: portakal kabuğuna ait kromatogram, c: sıcak hava köpük kurutma yöntemi ile elde edilen portakal tozuna ait kromatogram, d: sıcak hava kurutma yöntemi ile elde edilen portakal tozuna ait kromatogram e: kırınım pencereli köpük kurutma yöntemi ile elde edilen portakal tozuna ait kromatogram, f: kırınım pencereli kurutma yöntemi ile elde edilen portakal tozuna ait kromatogram)

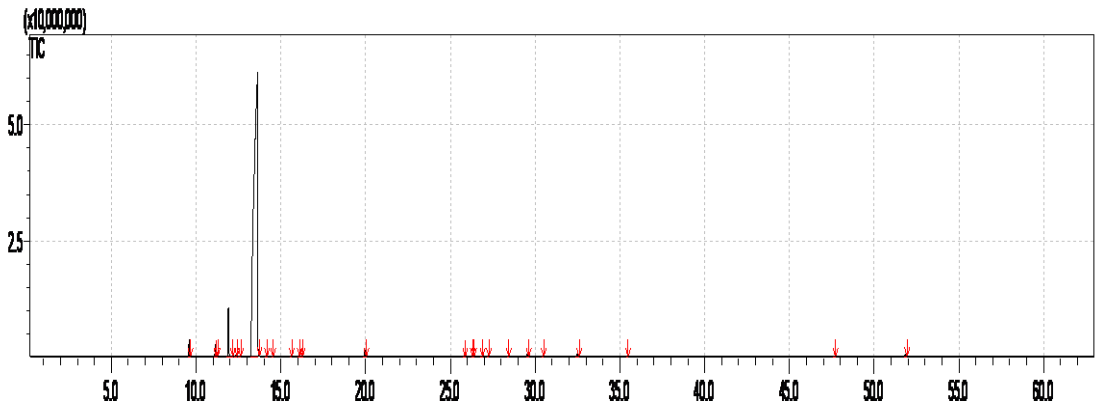
a)



b)

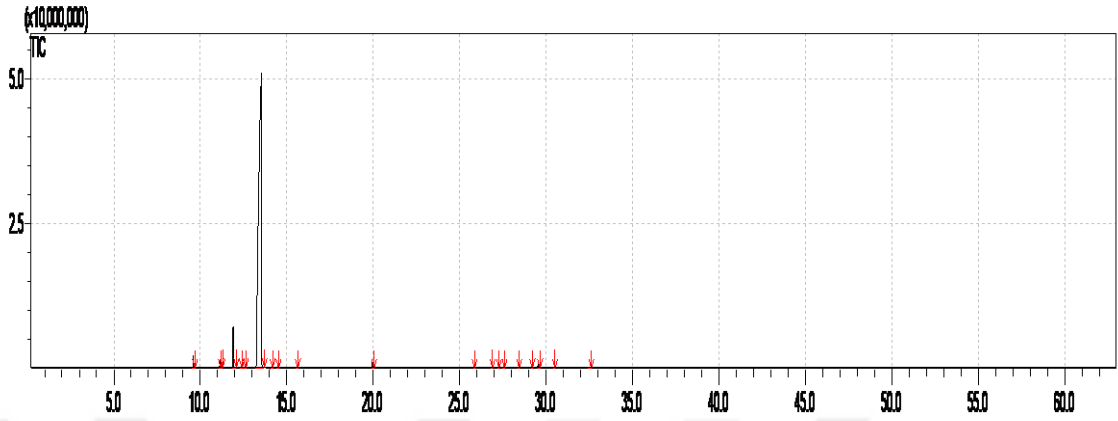


c)

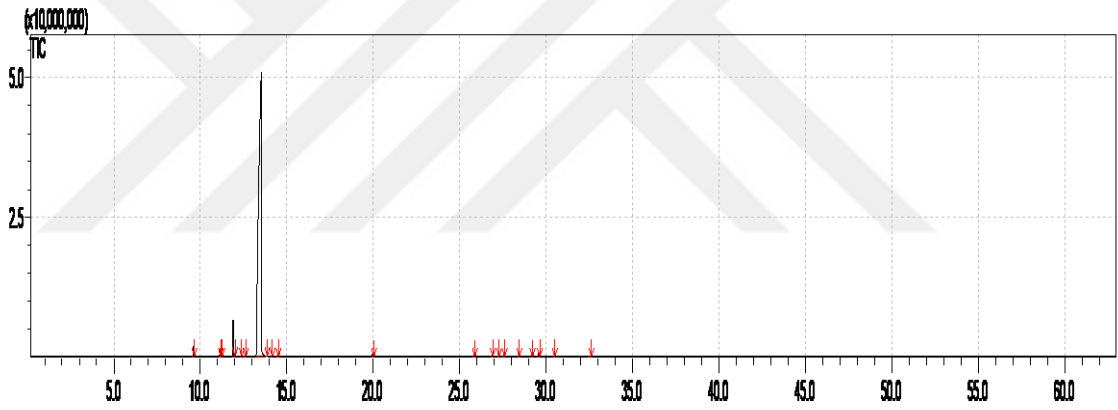


EK-6 (Devamı)

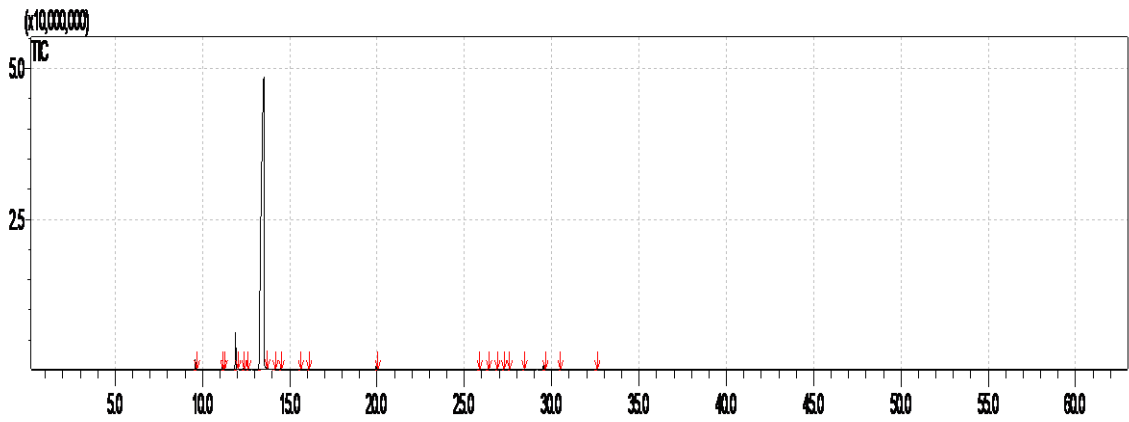
d)



e)



f)



ÖZGEÇMİŞ

Serenay AŞIK

serenayask@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2016-2019	Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2012-2016	Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1. Tontul İ., Kasımoğlu Z., Aşık S., Atbakan T., Topuz A., (2018) Functional properties of chickpea protein isolates dried by refractance window drying, 1253-1259. Doi: [10.1016/j.ijbiomac.2017.11.135](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.135)

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1. Atbakan T., Aşık S., Kasımoğlu Z. and Topuz A. (2017). Total phenolic content and sensory properties of mixed herbal tea produced from different aromatic plants. 1st International Congress on Medicinal and Aromatic Plants, Konya, Turkey, May 9-12. (Özet Bildiri)
2. Aşık S., Atbakan T., Kasımoğlu Z. and Topuz A. (2017). Optimization of herbal tea formulation. 1st International Congress on Medicinal and Aromatic Plants, Konya, Turkey, May 9-12. (Özet Bildiri)

3. Atbakan, T., **Asık, S.** and Topuz, A. (2018). Physicochemical properties some physicochemical properties of commercial protein isolates. XIIIth International Conference of Food Physicists, Antalya, Turkey, October 23-25. (Özet Bildiri)

PROJELER

1. Farklı Kurutma Yöntemleri ile Biyoaktif Bileşenlerce Zengin Portakal Tozu Üretimi Kurutulan BAP Arastırma Projesi, FLY-2018-3709, **Yardımcı Araştırmacı**

