

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**KARADUT MEYVESİNİN SICAK HAVADA VE KAPALI DÖNGÜ MODİFİYE
ATMOSFERDE KURUTULMASI**

Betül KARKACIER AKGÜN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARALIK 2019

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**KARADUT MEYVESİNİN SICAK HAVADA VE KAPALI DÖNGÜ MODİFİYE
ATMOSFERDE KURUTULMASI**

Betül KARKACIER AKGÜN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARALIK 2019

ANTALYA

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

**KARADUT MEYVESİNİN SICAK HAVADA VE KAPALI DÖNGÜ MODİFİYE
ATMOSFERDE KURUTULMASI**

Betül KARKACIER AKGÜN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Bu tez
Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından
FYL-2017-2708 nolu proje ile desteklenmiştir.**

ARALIK 2019

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KARADUT MEYVESİNİN SICAK HAVADA VE KAPALI DÖNGÜ MODİFİYE
ATMOSFERDE KURUTULMASI**

Betül KARKACIER AKGÜN
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 12/12/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ayhan TOPUZ (Danışman)

Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet TORUN



ÖZET

KARADUT MEYVESİNİN SICAK HAVADA VE KAPALI DÖNGÜ MODİFİYE ATMOSFERDE KURUTULMASI

Betül KARKACIER AKGÜN

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

Aralık 2019; 54 sayfa

Bu çalışmada, karadut (*Morus nigra* L.) meyvesine uygulanan atmosferik sıcak havada kurutma (ATMK) ve kapalı döngü modifiye atmosfer kurutma (KADMAK) işlemlerinin son ürünün kalite özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda, ATMK ve KADMAK (%9 ve %15 O₂) yöntemleri ile üç farklı sıcaklıkta (70, 80 ve 90 °C) ve üç farklı hava hızı (1, 2 ve 3 m/s) uygulanarak elde edilen kuru meyvelerin nem, su aktivitesi, antosiyanin profili (HPLC ile), renk değişimi, esmerleşme indeksi, pH, rehidrasyon kapasitesi ve toplam monomerik antosiyanin değişimleri (TMA) incelenmiştir.

Karadut meyvesinin optimum kurutma koşulları yanıt yüzey metodu kullanılarak Box-Behnken deneme desenine göre belirlenmiştir. Kurutulan meyvelerin analiz sonuçlarında anlamlı bulunan farklılıklar t testi ile ortaya konmuştur. Optimum kurutma koşulları 80°C sıcaklık, 3 m/s hava hızı ve %9 oksijen seviyesi olarak bulunmuştur. Bu koşullarda kurutulan meyveler oda sıcaklığında polietilen poşetler içinde 60 gün boyunca depolanmıştır. Depolamanın 0., 30. ve 60. günlerinde örneklerde nem, su aktivitesi, esmerleşme indeksi, rehidrasyon kapasitesi ve TMA analizleri yapılarak test edilen bu parametrelerdeki kurutma işlemlerine bağlı değişimler belirlenmiştir.

Bu çalışmada, başlangıçta %82.55 su içeriğine sahip olan karadut meyvesi yaklaşık %10 nem içeriğine kadar kurutulmuş olup, kurutma işlemi sonucunda meyvelerin su aktivitesi değerleri 0.36 ve 0.41 olarak bulunmuştur. Kurutulmuş meyvelerde su aktivitesi değeri depolamanın 30. gününde 0.41 ve 0.46 olarak, 60. gününde ise, 0.37 ve 0.42 olarak değişim göstermiştir. Taze meyvelerin ortalama pH değeri 3.66 iken, kurutma işleminden sonra pH değeri 3.76 ve 3.97 olarak ölçülmüştür. Kurutulmuş ürünlerde önemli bir kalite göstergesi olarak bilinen ve yüksek olması istenen rehidrasyon kapasitesi KADMAK yöntemi ile elde edilen ürünlerde daha yüksek bulunurken, antosiyanin miktarındaki kayıp ile TMA kaybı KADMAK yöntemi ile elde edilen ürünlerde daha az bulunmuştur.

Karadut meyvesinde yüksek oranda bulunan antosiyaninler; delfinidin-3-glikozit (1623.06 mg/kg kuru madde/taze meyve), siyanidin-3-glikozit (316.52 mg/kg) ve pelargonidin-3- glikozit (322.23 mg/kg) olarak tespit edilmiştir. ATMK ve KADMAK yöntemleriyle kurutulmuş karadut meyvelerinde ise, delfinidin-3-glikozit 403.64-1451.60 mg/kg aralığında, siyanidin-3-glikozit 140.38-242.64 mg/kg aralığında ve pelargonidin-3-glikozit 285.02-289.76 mg/kg aralığında belirlenmiştir. KADMAK yöntemiyle kurutmada delfinidin-3-glikozit kaybı %10.56, siyanidin-3-glikozit kaybı

%23.34 ve pelargonidin-3-glikozit kaybı ise %10.08 olarak tespit edilmiş olup, bu kayıplar ATMK yönteminde sırasıyla %75.13, 55.65 ve 11.55 olarak belirlenmiştir.

KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutulan örneklerin TMA kaybı sırasıyla %45.07 ve 55.62 olarak tespit edilmiştir. 30 gün boyunca depolanan kurutulmuş karadut örneklerinin TMA kaybı %63'ün üzerinde bulunmuş olup, 60 gün sonunda TMA kaybı %71'in üzerine çıkmıştır.

Bu çalışma sonucunda, nem ve su aktivitesi değerlerinin her iki kurutma yönteminde de mikrobiyal gelişimin yavaşladığı değerlere düşürüldüğü, rehidrasyon kapasitesinin KADMAK kurutma yöntemiyle kurutulan karadutlarda daha yüksek bulunduğu ve kalite özellikleri bakımından KADMAK yönteminin ATMK yöntemine göre daha üstün olduğu, KADMAK yöntemiyle kurutulan karadut meyvelerinde antosiyanin kayıplarının daha az olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Kapalı Döngü Modifiye Atmosfer Kurutma, Karadut, *Morus nigra*, Sıcak Hava Kurutma

JÜRİ: Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet TORUN

ABSTRACT

BLACK MULBERRY FRUIT DRYING BY IN HOT AIR AND CLOSED CYCLED MODIFIED ATMOSPHERE PROCESSES

Betül KARKACIER AKGÜN

MSc. Thesis in Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

December 2019; 54 pages

In this study, *Morus nigra* L. fruit on the final product properties of hot air and closed cycle modified atmosphere drying processes were investigated. In this context, hot air (21% O₂) and closed cycle modified atmosphere (9% and 15% O₂) drying processes at three different temperatures (70, 80 and 90 °C) and three different air velocities (1, 2 and 3 m/s), moisture, water activity, anthocyanin profile (by HPLC), color change and browning index, pH, rehydration capacity, total monomeric anthocyanin changes were investigated.

The optimization conditions of *M. nigra* fruits were determined according to the Box-Behnken experimental design using the response surface method. The differences in the results of the dried fruits were determined by the t test. Optimum drying conditions were 80°C, 3 m/s and 9% O₂. Dried fruits were stored at room temperature for 60 days. Moisture, water activity, browning index, rehydration capacity, anthocyanin profile and total monomeric anthocyanin loss analysis were performed on the 30 and 60 days of storage.

In this study, the black mulberry fruit, which initially had a moisture content of 82.55%, was dried to a moisture content of about 10%, and the water activity values of the fruits were found to be in the range of 0.36-0.41. Water activity value of dried fruits ranged between 0.41-0.46 on the 30th day of storage and 0.37-0.42 on the 60th day of storage. While the pH of fresh fruits was 3.66, the pH value after drying was 3.76-3.97. While the rehydration capacity which is known as an important quality indicator and desired to be high in dried products was found higher in KADMAK drying method, loss of anthocyanin and TMA was found less in KADMAK drying method.

Anthocyanins which are high in mulberry fruits; delphinidine-3glycoside (1623.06 mg/kg), cyanidine-3-glycoside (316.52 mg/kg) and pelargonidine-3-glycoside (322.23 mg/kg). In dried black mulberry fruits, delphinidine-3-glycoside was determined between 403.64-1451.60 mg/kg, cyanidine-3-glycoside 140.38-242.64 mg/kg and pelargonidine-3-glycoside 285.02-289.76 mg/kg. In KADMAK system, the loss of delphinidine-3-glycoside was 10.56%, the loss of cyanidine-3-glycoside was 23.34% and the loss of pelargonidine-3-glycoside was 10.08%, found to be 75.13%, 55.65 and 11.55 in hot air drying, respectively.

TMA loss of samples dried by KADMAK and hot air drying processes were 45.07% and 55.62, respectively. TMA loss of dried black mulberry samples stored for 30 days was over 63%. TMA loss in samples stored for 60 days was over 71%.

As a result of this study, it was found that moisture and water activity values were reduced to values where microbial growth could be slowed down in both drying methods, rehydration capacity was higher in KADMAK drying black mulberry samples and KADMAK method was superior to ATMK method and it has been concluded that anthocyanin losses are less in black mulberry fruits dried by KADMAK method.

KEYWORDS: Black Mulberry, Closed Cycle Modified Atmosphere Drying, Hot Drying, *Morus Nigra*,

COMMITTEE: Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

Assist Prof. Dr. Mehmet TORUN



ÖNSÖZ

Bu çalışmada, hasattan sonra taze olarak uzun süre muhafaza edilemeyen karadut (*Morus nigra* L.) meyvesini atmosferik sıcak hava ve kapalı döngü modifiye atmosfer yöntemleri ile besin ve fonksiyonel bileşenlerinin mümkün olduğunca korunarak kurutmak, mevsimi dışında da bu meyveyi tüketmek ve ihracatta kurutulmuş karadut üretimini artırarak ekonomimize katkıda bulunmak amaçlanmıştır. Tez sonuçlarının konu ile ilgili araştırmacılara ve sektöre faydalı olmasını dilerim.

Bu çalışmayı tez konum olarak öneren, yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca gösterdiği her türlü destek, anlayış ve yardımından dolayı çok değerli hocam Sn. Prof. Dr. Ayhan TOPUZ'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımın çeşitli aşamalarında benden yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Ayhan TOPUZ'un lisansüstü öğrencilerine, Gıda Yük. Müh. Handan BAŞÜNAL GÜLMEZ'e, Gıda Yük. Müh. Emrah EROĞLU'na ve Dr. İhsan Burak ÇAM'a teşekkür ederim.

Yaşamım boyunca yanımda olup maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen, bu çalışmanın en başından en sonuna kadar her anlamda bana yardımcı olan sevgili babam Hüseyin KARKACIER, annem Sevil KARKACIER ve ablam Esra AYDIN'a yürekten teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmalarım sırasında her zaman yanımda olan ve desteğini hissettiğim eşim İlkay AKGÜN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezimle aynı adı taşıyan FYL-2017-2708 nolu projeye maddi destek sağlayan Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
2.1. Karadut	3
2.2. Kurutma İşlemi.....	11
2.2.1. Kurutulmuş ürünlerin kalite özellikleri	14
2.2.2. Üzümsü meyvelerin kurutulmasıyla ilgili çalışmalar	16
2.2.3. Kapalı döngü modifiye atmosfer kurutma (KADMAK) işlemi	17
2.2.4. Sıcak havada kurutma işlemi	18
3. MATERYAL VE METOT	20
3.1. Materyal	20
3.2. Metot	20
3.2.1. Analizler	21
3.2.1.1. Nem ve su aktivitesi	21
3.2.1.2. Renk analizi ve esmerleşme indeksi.....	21
3.2.1.3. pH analizi.....	22
3.2.1.4. Rehidrasyon kapasitesi	22
3.2.1.5. Antosiyanin profili.....	22
3.2.1.6. Toplam monomerik antosiyanin.....	23
3.2.2. İstatistiksel analizler	24
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	25
4.1. Optimizasyon Çalışmaları	25
4.2. Kuruma Eğrileri.....	33
4.3. Kurutma Yöntemlerinin Ürünlerin Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Etkisi... 34	
4.3.1. Kurutma sırasında meydana gelen nem ve su aktivitesi değişimleri.....	35

4.3.2. Kurutma sırasında meydana gelen pH değişimleri.....	36
4.3.3. Kurutma sırasında meydana gelen renk değişimleri.....	37
4.3.4. Kurutulmuş karadutların rehidrasyon özellikleri.....	38
4.3.5. Kurutma sırasında toplam monomerik antosiyanin miktarı değişimleri	39
4.3.6. Kurutma sırasında antosiyanin profili değişimi	40
4.4. Depolamanın Ürünün Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi	41
4.4.1. Depolama sırasında karadutların nem ve su aktivitesi değişimleri	42
4.4.2. Depolama sırasında karadutların esmerleşme indeksi değişimleri.....	43
4.4.3. Depolama sırasında karadutların rehidrasyon kapasitesi	44
4.4.4. Depolama sırasında karadutların toplam monomerik antosiyanin kaybı	45
5. SONUÇLAR	47
6. KAYNAKLAR.....	49
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Karadut Meyvesinin Sıcak Havada ve Kapalı Döngü Modifiye Atmosferde Kurutulması” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

12/12/2019

Betül KARKACIER AKGÜN



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

a_w	: Su aktivitesi
a	: Yeşillik-Kırmızılık değeri (Hunter <i>Lab</i>)
b	: Sarılık-Mavilik değeri (Hunter <i>Lab</i>)
cm	: Santimetre
dk	: Dakika
g	: Gram
kg	: Kilogram
L	: Litre
L	: Parlaklık-Matlık değeri (Hunter <i>Lab</i>)
m	: Metre
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
s	: Saniye
μg	: Mikrogram
μmol	: Mikromol
λ_{max}	: Maksimum dalga boyu

Kısaltmalar

A	: Absorbans Değeri
A_{max}	: Maksimum Absorbans Değeri
ATMK	: Atmosferik Sıcak Havada Kurutma
Eİ	: Esmerleşme İndeksi
KADMAK	: Kapalı Döngü Modifiye Atmosfer Kurutma
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi

TMA : Toplam Monomerik Antosiyanin

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

Tezde ondalık ayırıcı olarak nokta (.) kullanılmıştır.



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kurutma hızının kurutma süresine göre değişimi.....	12
Şekil 2.2. KADMAK sistemi	18
Şekil 3.1. <i>M.nigra</i> meyvesi	20
Şekil 3.2. a) Ürünlerin renk analizi için görüntülendiği sistem; b) Kurutulmuş karadut meyvelerinin renk analizi görüntüsü	22
Şekil 3.3. a) Ekstraksiyon işlemi; b) Santrifüj işlemi; c) Süpernatantların birleştirilmesi işlemi.....	23
Şekil 4.1. Sabit oksijen oranında, hava hızı ve sıcaklık artışı ile delfinidin kaybı değişimi	27
Şekil 4.2. Sabit oksijen oranında, hava hızı ve sıcaklık artışı ile siyanidin kaybı değişimi	27
Şekil 4.3. Sabit oksijen oranında, hava hızı ve sıcaklık artışı ile pelargonidin kaybı değişimi	28
Şekil 4.4. Sabit oksijen oranında, hava hızı ve sıcaklık artışı ile Eİ değişimi	28
Şekil 4.5. Sabit hava hızında, oksijen oranı ve sıcaklık artışı ile delfinidin kaybı değişimi	29
Şekil 4.6. Sabit hava hızında, oksijen oranı ve sıcaklık artışı ile siyanidin kaybı değişimi	29
Şekil 4.7. Sabit hava hızında, oksijen oranı ve sıcaklık artışı ile pelargonidin kaybı değişimi	30
Şekil 4.8. Sabit hava hızında, oksijen oranı ve sıcaklık artışı ile Eİ değişimi	30
Şekil 4.9. Sabit sıcaklıkta, oksijen oranı ve hava hızı artışı ile delfinidin kaybı değişimi	31
Şekil 4.10. Sabit sıcaklıkta, oksijen oranı ve hava hızı artışı ile siyanidin kaybı değişimi	31
Şekil 4.11. Sabit sıcaklıkta, oksijen oranı ve hava hızı artışı ile pelargonidin kaybı değişimi	32
Şekil 4.12. Sabit sıcaklıkta, oksijen oranı ve hava hızı artışı ile Eİ değişimi	32
Şekil 4.13. KADMAK kurutma yöntemine ait kuruma eğrisi (80°C, 3 m/s, %9 O ₂).....	34
Şekil 4.14. ATMK kurutma yöntemine ait kuruma eğrisi (80°C, 3 m/s)	34

Şekil 4.15. Kurutulmuş karadutların rehidrasyon kapasiteleri.....	38
Şekil 4.16. Kurutulmuş karadutların TMA kaybı değerleri.....	39
Şekil 4.17. Farklı yöntemlerle kurutulmuş karadutların antosiyanin kaybı değerleri.....	41



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Yıllara göre dut üretim miktarı	3
Çizelge 2.2. Yıllara göre dut meyvesinin ithalat, ihracat miktarları ve kişi başına düşen tüketim miktarı.....	4
Çizelge 2.3. Ülkemizde illere göre dut üretim miktarları	4
Çizelge 2.4. Kurutma sırasında meydana gelen kalite değişimleri	15
Çizelge 2.5. Gıdaların bozulması ve kontrol stratejileri	15
Çizelge 3.1. KADMAK koşullarının optimizasyonunda uygulanan Box-Behnken deneme deseni	21
Çizelge 4.1. Kurutma parametrelerinin optimizasyonu için uygulanan deneme deseninde elde edilen sonuçlar	25
Çizelge 4.2. Box-Behnken deneme deseninde kullanılan modellere ait eşitlik katsayıları	26
Çizelge 4.3. Box-Behnken desenine ile analiz edilen cevaplar için seçilen modeller ve istatistiksel analiz sonuçları.....	33
Çizelge 4.4. Box-Behnken deneme desenine göre belirlenen optimum kurutma şartları.....	33
Çizelge 4.5. Optimum kurutma şartları kullanılarak elde edilen modeller üzerinden hesaplanan cevaplar ile optimum kurutma şartları ile üretilen örneklerin özellikleri.....	33
Çizelge 4.6. Taze karadut meyvelerinin bazı kalite özellikleri.....	35
Çizelge 4.7. KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutularak elde edilen karadutların nem ve su aktivitesi değerleri	35
Çizelge 4.8. KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutulmuş karadutların pH değerleri.....	36
Çizelge 4.9. KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutularak elde edilen karadutların renk değerleri	37
Çizelge 4.10. KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutularak elde edilen karadutların rehidrasyon kapasitesi değerleri.....	38
Çizelge 4.11. KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutularak elde edilen karadutların antosiyanin kaybı sonuçları	40
Çizelge 4.12. KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutulmuş karadutların antosiyanin kaybı sonuçları.....	41

Çizelge 4.13. Depolama sırasında karadutların nem ve su aktivitesi değişimleri	42
Çizelge 4.14. KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutularak elde edilen karadutların depolama süresine bağlı nem değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	42
Çizelge 4.15. KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutularak elde edilen karadutların depolama süresine bağlı su aktivitesi değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	42
Çizelge 4.16. Depolama sırasında karadutların esmerleşme indeksi değişimleri.....	43
Çizelge 4.17. KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutularak elde edilen karadutların depolama süresine bağlı olarak esmerleşme indeksi değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	43
Çizelge 4.18. Depolama sırasında karadutların rehidrasyon kapasitesi değişimleri.....	44
Çizelge 4.19. KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutulan karadutların depolama sırasındaki rehidrasyon kapasitesine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	44
Çizelge 4.20. Depolama sırasında karadutların toplam monomerik antosiyanin kaybı .	45
Çizelge 4.21. KADMAK yöntemi ile kurutulan karadutların depolama sırasındaki TMA analizine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	45

1.GİRİŞ

Üzümsü meyveler fenolik asitler, flavonoidler, stilbenler ve taninler gibi fenolik bileşenler açısından zengin fonksiyonel gıdalardır. Bu bileşenler, antioksidan aktivitelerinden dolayı insan sağlığını kalp damar hastalıklarına, diyabete, obeziteye, kanser gibi hastalıklara karşı korumaktadır. Böğürtlen (*Rubus* sp.), çilek (*Fragaria ananassa* Duch.), dut (*Morus* sp.) ve yaban mersini (*Vaccinium virgatum* A.) üzümsü meyveler arasındadır (Chaves vd. 2018).

Üzümsü bir meyve olan dut (*Morus spp.*), ülkemizde genellikle taze olarak ya da pekmez, reçel, pestil, dut ezmesi, dondurma, cevizli sucuk, sirke ve dut şarabı yapılarak tüketilirken, diğer ülkelerde taze olarak ya da kurutularak, ekmek, çörek, puding, dut şarabı ve dondurma yapılarak da tüketilmektedir (Erdoğan ve Pırlak 2005). Dut ağacının yaprakları, ipekböceği için gerekli besin maddesini içermektedir ve sarımsı kahverengi öz odunu ve sarı iç kabuğu ile müzikal enstrüman yapılmaktadır (Ercisli 2004). *M. nigra* yaprakları Sırbistan'da çay yapımında kullanılmaktadır ve rutin, klorojenik, β -resorsilik ve kafeik asit gibi fenolik bileşenler açısından zengin olması onun endüstride kullanılabileceğini göstermektedir (Radojkovic vd. 2018).

Dut, sağlık açısından oldukça önemli olan bileşenleri içermektedir. Kalp damar hastalıklarının, kanserin tedavisinde ve önlenmesinde kullanıldığı, karaciğer hasarına karşı önemli derecede koruma sağladığı, diyabet, obezite, yüksek kolesterol ve menopoz gibi hastalıkları tedavi ettiği, karaciğerde, böbrekte ve beyindeki lipid peroksidasyonunu inhibe ettiği yapılan çalışmalar sonucunda tespit edilmiştir (Jiang vd. 2017; Turan vd. 2017; Zeni vd. 2017).

TÜİK verilerinde (Anonim 2), 2017 yılında ülkemizde meyve veren dut ağacı sayısı 2.366.110 adet, meyve vermeyen dut ağacı sayısı 347.066 adet, toplu meyveliklerin alanı 22.695 dekar, verim 31 kg/ağaç ve üretim miktarı 74.383 ton olarak bildirilmiştir. Dut üretiminde Diyarbakır, Malatya, Elazığ, Erzurum, Ankara ve Erzincan ilk sıralarda yer almaktadır.

Literatürde dut üzerine yapılan çalışmalar daha çok dutun yetiştirilmesi, kimyasal bileşimi, sağlık üzerine etkileri, suyunun püskürterek kurutulması, konvensiyonel ve vakum altında kurutulması, mikrodalgada kurutulması üzerinde yoğunlaşmıştır. Kapalı döngü modifiye atmosfer sistemi yeni bir uygulamadır ve daha önce karadut meyvesi bu sistemde kurutulmamıştır. Ayrıca, önceki çalışmalarda genellikle dondurulmuş karadut meyveleri kullanılırken, bu çalışmada taze karadut meyveleri kullanılmıştır. Bu kapsamda gerçekleştirilen işlemler çalışmayı diğer çalışmalardan ayırmaktadır.

Bu çalışmada, *M. nigra* meyvesine atmosferik sıcak havada kurutma (ATMK) ve kapalı döngü modifiye atmosfer kurutma (KADMAK) yöntemleri uygulanmıştır. Özellikle optimizasyon koşullarının belirlenmesi amaçlanmış olup, iki farklı kurutma yönteminin ve depolama süresinin son ürün özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda, karadutun ATMK ve KADMAK sisteminde (%9 ve %15 O₂) üç farklı sıcaklıkta (70, 80 ve 90 °C) ve üç farklı hava hızında (1, 2 ve 3 m/s) kurutma yöntemi sonucu, nem, su aktivitesi, antosiyanin profili (HPLC ile), toplam monomerik antosiyanin miktarı, renk değişimi, rehidrasyon kapasitesi, esmerleşme indeksi ve pH üzerine etkisi incelenmiştir.

Bu çalışmanın amacı hasattan sonra taze olarak uzun süre muhafaza edilemeyen karadut meyvesinin besin ve fonksiyonel bileşenlerinin mümkün olduğunca korunarak kurutulmasını sağlamak, mevsimi dışında da bu meyveyi tüketebilmek ve ihracatta kurutulmuş meyve payını artırarak ekonomimize katkı sağlamaktır.



2.KAYNAK TARAMASI

2.1. Karadut

Üzümsü bir meyve olan dut (*Morus spp.*), *Moraceae* familyasından *Morus* cinsine ait olan, subtropikal iklimden ılıman iklime kadar çok farklı iklim ve toprak koşullarında da yetişebilen çok yıllık bir bitkidir. Ülkemizde, en çok yetiştirilen dut ağaçları sırasıyla *Morus alba* (%95), *Morus rubra* (%3) ve *Morus nigra* (%2) olup, *Morus nigra*, 400 yıldan fazla süredir ülkemizde yetiştirilmektedir (Ercisli ve Orhan 2007).

Dut ağacının, optimum sıcaklık ihtiyacı 24-28°C olsa da, 5-36°C arasında gelişim gösterebilmektedir. Yıllık yağış ihtiyacı, 600-2500 mm arasında değişmektedir (Anonim 1).

Ülkemizde yıllara göre dut üretim miktarı Çizelge 2.1’de, ihracat ve ithalat değerleri ve kişi başına düşen tüketim miktarları Çizelge 2.2’de verilmiştir. 2017 yılında illere göre dut üretim miktarları Çizelge 2.3’te gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Yıllara göre dut üretim miktarı (Anonim 2)

Üretim Yılı	Üretim Miktarı (Ton)
2016	71 724
2015	69 334
2014	62 879
2013	74 600
2012	74 170
2011	76 643
2010	75 096
2009	67 986
2008	65 140
2007	61 665
2006	51 558
2005	55 000
2004	50 000
2003	55 000
2002	55 000
2001	55 000
2000	60 000

Çizelge 2.2. Yıllara göre dut meyvesinin ithalat, ihracat miktarları ve kişi başına düşen tüketim miktarı (Anonim 2)

Üretim Yılı	İthalat Miktarı (Ton)	İhracat Miktarı (Ton)	Tüketim Miktarı (kg/Kişi)
2016	2 177	3 195	0.7
2015	2 039	2 887	0.7
2014	4 616	3 773	0.7
2013	630	3 751	0.8
2012	886	1 924	0.8
2011	2 088	1 095	0.9
2010	1 232	753	0.9
2009	519	578	0.8
2008	685	426	0.8
2007	469	828	0.7
2006	1	436	...
2005	84	336	...
2004	-	258	0.6
2003	-	337	0.7
2002	-	130	0.7
2001	-	445	0.7
2000	-	498	0.8

Çizelge 2.3. Ülkemizde illere göre dut üretim miktarları (Anonim 2)

İller	Üretim Miktarı (Ton)
Diyarbakır	11844
Malatya	8097
Elazığ	5235
Erzurum	5208
Ankara	4267
Erzincan	4066
Samsun	2102
Adıyaman	1942
Kahramanmaraş	1684
Mersin	1660
Tokat	1630

Dut meyvesinin hasat zamanı Batı bölgelerimizde 15-20 gün sürerken, Doğu bölgelerimizde Mayıs ayı sonu ile Eylül ayı başına kadar sürmektedir (Erdoğan ve Pırlak 2005). Koyuncu vd. (2004) yaptıkları çalışmada, Eğirdir Gölü çevresinde yetişen karadut ağaçlarında ilk tomurcuklanmanın 20-30 Nisan arasında, meyvenin renklenme

zamanının 5-16 Haziran tarihleri arasında, hasat zamanının Haziran-Eylül ayları arasında olduğunu belirtmişlerdir.

Ercisli ve Orhan (2004) yaptıkları çalışmada ise, ülkemizde dut ağaçlarından ortalama 25 kg dut elde edilirken, ekolojik koşullarından dolayı Erzurum ve çevresindeki dut ağaçlarından ortalama 66 kg dut elde edildiğini tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, dut ağaçlarından en yüksek verim 700-1000 m yükseklikte bulunan ağaçlardan elde edilmiştir. Meyvelerin %15-20'lik kısmının taze olarak tüketilmekte iken, geri kalan kısmının yüksek oranda şeker içermesinden dolayı pestil ve pekmez gibi ürünlere işlenerek değerlendirildiği, meyve ağırlığının 2.4-3.4 g arasında, suda çözünebilir kurumadde miktarının %18-23 arasında bulunduğunu belirtilmiştir (Ercisli ve Orhan 2004).

Karadut üzerine gerçekleştirilen bir çalışmada meyve ağırlığının 1.79-5.69 g arasında değişmekle beraber ortalama 3.85 g olduğu, çözünebilir kurumadde içeriğinin ise %11.20-24.80 arasında olduğu saptanmıştır (Sadat-Hosseini vd. 2018). Diğer bir çalışmada, farklı dut çeşitlerinde meyve ağırlığı 1.13-4.25 g, suda çözünebilir kurumadde miktarı %13.73-16.01 ve titre edilebilir asitliği %0.06-1.00 arasında tespit edilmiştir (Polat 2004).

Bitlis'te yetişen karadutların fizikokimyasal özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, suda çözünebilir kurumadde miktarı %15.65-22.01 arasında, titre edilebilir asitlik değeri %1.45-1.85 arasında ve pH değeri 3.65-4.12 arasında belirlenmiştir (Okatan vd. 2016). Karadut meyvesinde suda çözünebilir kurumadde miktarının 11.55-19.04 Briks arasında, titre edilebilir asitliğin 1.37-2.24 g/100 mL arasında, pH değerlerinin 3.63-4.18 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Erkaleli 2015). Doğu Anadolu Bölgesinde yetiştirilen *M. alba* ve *M. nigra* türlerine ait meyvelerinin suda çözünebilir kurumadde miktarının %15.9-20.4 arasında, asitliğinin %0.25-1.40 arasında ve pH değerinin 3.52-5.60 arasında değiştiği belirtilmiştir (Ercisli ve Orhan 2007). Tokbaş (2009), karadut meyvesinin suda çözünebilir kurumadde miktarını %15.95, toplam asitliğini %2.28, pH değerini 3.52 olarak bulmuştur.

Antalya yöresinde yetiştirilen farklı dut çeşitlerinin ortalama toplam kurumadde miktarının %20.89, suda çözünebilir kurumadde miktarının %19.32 ve titrasyon asitliğinin %0.32 olduğu bildirilmiştir (Özdemir ve Topuz 1998). Yapılan bir çalışmada, Mersin ve Afyonkarahisar illerinde hasat edilen karadutların toplam kurumadde miktarları %13.45 ve %17.61, pH değerleri 3.63 ve 3.76 değerleri arasında belirlenmiştir (Uygur 2015).

Koyuncu vd. (2004) yaptıkları çalışmada, karadut meyvelerinin pH değerini 3.22-3.47 arasında, toplam asitliğini %1.35-1.86 arasında belirlemiştir. Çankırı ve Mersin illerinde yetişen *M.nigra* Shangri La dut çeşidinde pH değeri ve titrasyon asitliği değeri sırasıyla 4.88 ve 0.37 g/L olarak bulunurken, *M.nigra* Pendula dut çeşidinde bu değerler sırasıyla 5.68 ve 0.09 g/L olarak bulunmuştur (Şenol 2017). Elmacı ve Altuğ (2002), Ege Bölgesi'nde yetişen üç *M. nigra* çeşidinin (Emiralem, Salihli ve Tire) pH değerleri 3.60-3.80 arasında ve toplam asitlikleri %1.51-1.79 arasında belirlemiştir.

Antalya yöresinde yetiştirilen farklı dut çeşitlerinin protein miktarının %1.47 olduğu bildirilmiştir (Özdemir ve Topuz 1998). Yapılan bir çalışmada, Mersin ve

Afyonkarahisar illerinde hasat edilen karadutların protein miktarı %1.28 ve %1.79 değerleri arasında belirlenmiştir (Uygur 2015).

Yapılan bir çalışmada, Mersin ve Afyonkarahisar illerinde hasat edilen karadutların kül miktarları %0.61 ve %0.89 değerleri arasında belirlenmiştir (Uygur 2015). Karadut meyvesinin toplam kül miktarı %0.89 olarak bulunmuştur (Tokbaş 2009).

Karadut meyvesinin fruktoz miktarı 3.40 g/100 g, glikoz miktarı 7.66 g/100 g olarak bulunmuştur (Tokbaş 2009). Gündoğdu vd. (2011), Van'da yetişen dut çeşitlerinde fruktoz içeriğini 5.40-6.27 arasında, glukoz içeriğini 6.07-7.75 g/100 g arasında belirlemiştir. Gündoğdu vd. (2017) yaptıkları çalışmada, dut meyvelerinde glukoz miktarını fruktoz miktarından daha fazla bulmuştur.

Antalya yöresinde yetiştirilen farklı dut çeşitlerinin toplam şeker, sakaroz ve invert şeker miktarının sırasıyla %13.49, %0.18 ve %13.31 olduğu bildirilmiştir (Özdemir ve Topuz 1998). Ege Bölgesi'nde yetişen üç *M. nigra* çeşidinin (Emiralem, Salihli ve Tire) toplam şeker içeriği %11.3-16.2 arasında bulunmuştur (Elmacı ve Altuğ 2002).

Koyuncu vd. (2004) yaptıkları çalışmada, en düşük L^* değeri elde edilen ürünün L^* , a^* , b^* değerlerinin sırasıyla 24.71-26.82, 6.92-7.65, 1.37-1.81 olduğunu bulmuşlardır. Karadut meyvelerinde L değeri 15.21-21.45 arasında, a değeri 6.13-21.69 arasında ve b değeri 2.86-9.44 arasında değişmiştir (Erkaleli 2015). Uygur (2015) ise farklı illerden hasat edilen karadut meyvelerinin L değerlerini 12.84 ve 16.41, a değerlerini 8.13 ve 8.64, b değerlerini 2.05 ve 2.73 olarak belirlemiştir.

Dut meyvesinde bulunan başlıca yağ asitleri linoleik, palmitik, oleik ve stearik asittir. Linoleik asit, toplam yağ asitlerinin %73.9'unu oluşturmaktadır. Bu sonuçlar, dutun gıda, kozmetik ve ilaç sanayinde kullanılabileceğini göstermektedir (Salcedo vd. 2016). Doğu Anadolu Bölgesinde yetiştirilen *M. alba* ve *M. nigra* türlerine ait meyvelerin toplam yağ içerikleri sırasıyla %1.10 ve %0.95 olarak, başlıca yağ asitleri linoleik asit (%54.2), palmitik asit (%19.8) ve oleik asit (%8.41) olarak belirlenmiştir (Ercisli ve Orhan 2007). Kuzey Anadolu Bölgesinde yetiştirilen karadut meyvesinde yağ asitleri içerisinde linoleik asit miktarı %53.57-64.41 arasında ve palmitik asit miktarı %11.36-16.41 arasında belirlenmiştir (Ercisli ve Orhan 2008).

Ege Bölgesi'nde yetişen üç *M. nigra* çeşidinin (Emiralem, Salihli ve Tire) aroma bileşenleri araştırılmıştır. Üç çeşitte 18 lezzet bileşeni tespit edilmiş olup, duyuşal değerlendirmelerde meyvemsi, tatlı, ekşi, misk kokulu, odunsu lezzet notları ve meyvemsi, asit, misk kokulu, yapraksı, odunsu-taze aroma karakterleri tespit edilmiştir. Analizler sonucunda, karadutun lezzetine katkı sağlayan etil linolenat, palmitik, oleik, stearik, linoleik ve linolenik asit olmak üzere altı yağ asidi bileşeni bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda meyvemsi tadın etil linolenat, palmitik ve mistirik asitlerden, etil stearat, etil palmitat, dekanolik ve pentadekanoik asitlerden, etil miristat, etil laurat ve etil dekanooattan kaynaklandığı görülmüştür. Etil linoleatın en yüksek miktarda Emiralem'de bulunduğu ve lezzete en önemli katkısı yaptığı tespit edilmiştir (Elmacı ve Altuğ 2002).

Ercisli ve Orhan (2007) yaptığı çalışmada, dut meyvelerinin mineral kompozisyonunun %0.83 N (azot), 235 mg/100 g P (fosfor), 1141 mg/100 g K (potasyum), 139 mg/100 g Ca (kalsiyum), 109 mg/100 g Mg (magnezyum), 60 mg/100 g Na (sodyum), 4.3 mg/100 g Fe (demir), 0.4 mg/100 g Cu (bakır), 4.0 mg/100 g Mn (manganez) ve 3.1 mg/100 g Zn (çinko) olduğu bildirmişlerdir. Antalya yöresinde yetiştirilen farklı dut çeşitlerinde bulunan K, Ca, Mg ve Fe miktarları sırasıyla ortalama 229.9, 74.6, 29.2 ve 1.449 mg/100 g olarak bulunmuştur (Özdemir ve Topuz 1998).

Ercisli ve Orhan (2007), Doğu Anadolu Bölgesinde yetiştirilen *M. alba* ve *M. nigra* türlerine ait meyvelerinin askorbik asit miktarının 19.4-22.4 mg/100 g arasında değiştiğini belirtmiş olup, aynı araştırmacılar Kuzey Anadolu Bölgesinde yetiştirilen karadutun C vitamini miktarını 14.9-18.7 mg/100 g arasında belirlemiştir (Ercisli ve Orhan 2008). Gündoğdu vd. (2011), Van'da yetişen dut çeşitlerinde C vitamini miktarını 11.30-24.42 mg/100 g arasında bulmuştur. Mersin'de yetişen karadut meyvesinde askorbik asit miktarı 0.03 mg/g ve Afyon'da yetişen karadut meyvesinde askorbik asit miktarı 0.01 mg/g olarak belirlenmiştir (Uygur 2015). Karadut meyvelerinde askorbik asit miktarları 15.37-16.70 mg/100 mL olarak belirlenmiştir (Erkaleli 2015).

Tokbaş (2009), karadut meyvesinin malik asit miktarını 0.14 g/100 g ve sitrik asit miktarını 1.70 g/100g olarak bulmuştur. Özgen vd. (2009) ise *M. nigra* L. ve *M. rubra* L. meyvelerinde sitrik asit miktarını sırasıyla 2.05 g/100 mL ve 0.78 g/100 mL olarak belirlemiştir. Van'da yetişen dut çeşitlerinde başlıca organik asitler malik asit ve sitrik asit olarak tespit edilmiştir. Malik asit miktarı 1.32-4.47 g/100 g, sitrik asit miktarı ise 0.39-1.08 g/100g arasında belirlenmiştir (Gündoğdu vd. 2011). Kuzey Anadolu Bölgesinde yetiştirilen karadutun malik asit miktarı 123-218 mg/g arasında, sitrik asit miktarı ise 21-41 mg/g arasında belirlenmiştir (Ercisli ve Orhan 2008). Mersin'de yetişen karadut sitrik asit miktarı 6.8 mg/g, malik asit miktarı 1.0 mg/g ve Afyon'da yetişen karadut meyvesinde sitrik asit miktarı 9.81 mg/g, malik asit miktarı 0.73 mg/g olarak belirlenmiştir (Uygur 2015).

Dut meyvesinde 20 flavonol, 6 flavonon, 2 flavan-3-ol, 1 flavanonol, 1 dihidrokalkon, 4 antosiyanin, 13 hidroksisinnamik türleri, 4 hidroksi benzoik asit, 3 düşük molekül ağırlıklı fenolik, 6 lignan, 3 organik asit olmak üzere 64 özgül fitokimyasal bileşen tespit edilmiştir (Mena vd. 2016).

Gündoğdu vd. (2011), Van'da yetişen farklı dut çeşitlerinde klorojenik asit miktarını 0.12-3.11 mg/g arasında, rutin miktarını 0.85-1.42 mg/g arasında belirlemiş olup, Gündoğdu vd. (2017), bu değerleri karadut meyvesinde sırasıyla 92.07 mg/100 g ve 118.23 mg/100 g olarak belirlemiştir.

Bir araştırmada, sağlık açısından oldukça önemli olan fenolik bileşenleri içeren ve ticari olgunluğa erişen *M. nigra* ve *M. alba* meyveleri, -25 °C'de 5 ay boyunca dondurularak depolanmıştır. Taze ve dondurularak depolanan dutlarda fenolik bileşenler analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, hasattan sonra *M. nigra*'daki fenolik bileşen miktarı *M. alba*'ya oranla daha yüksek bulunmuştur. Rutin ve klorojenik asitin nicel açıdan hakim olduğu ve dondurularak depolama sonunda azaldığı saptanmıştır. Kateşin, beyaz dutta ana bileşendir; ancak bütün deneysel periyotlarda sabit kalmıştır (Pehlivan vd. 2015).

Mersin’de yetişen karadut meyvesinde fenolik bileşenlerden kateşin 162.2 µg/g, klorojenik asit 146.4 µg/g, *p*-kumarik asit 133.6 µg/g, kuersetin 6.5 µg/g ve rutin 1.3 µg/g, ve Afyon’da yetişen karadut meyvesinde klorojenik asit 246.6 µg/g, *p*-kumarik asit 52.9 µg/g, kateşin 9.5 µg/g, kuersetin 1.7 µg/g, rutin 0.9 µg/g olarak belirlenmiştir (Uygur 2015).

Karadut meyvelerinde fenolik madde miktarı gallik asit eşdeğeri cinsinden 132.41-147.16 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Erkaleli 2015). Kuzey Anadolu Bölgesinde yetiştirilen karadutun toplam fenolik içeriği 1943-2237 mg gallik asit eşdeğeri/100 g olarak belirlenmiştir (Ercisli ve Orhan 2008). Jin vd. (2017) yaptıkları çalışmada, karadutun gallik asit cinsinden toplam fenolik madde miktarını 0.67-7.70 mg/g olarak bulmuşlardır. Bitlis’te yetişen karadutların fizikokimyasal özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada en yüksek toplam fenolik içeriği gallik asit eşdeğeri cinsinden 1920-2575 mg/100g olarak bulunmuştur (Okatan vd. 2016).

Ercisli vd. (2010), *M. nigra* ve *M. rubra*’nın, günümüzde sağlık açısından oldukça faydalı bulunduğunu, bu nedenle ilgi gördüğünü belirtmişlerdir. Ülkemizde yetişen dutların antioksidan aktivitesini, toplam fenolik ve antosiyanin miktarını araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, *M. nigra*’da ortalama 2149 µg gallik asit eşdeğeri/g toplam fenolik madde ile 719 µg siyanidin-3-glikozit eşdeğeri/g toplam antosiyanin miktarı tespit edilmiştir. *Morus rubra*’da bu değerlerin 1690 µg gallik asit eşdeğeri/g ve 109 µg siyanidin-3-glikozit eşdeğeri/g olduğu görülmüştür.

Karadut meyvesinin toplam monomerik antosiyanin miktarı siyanidin-3-glikozit cinsinden 628.75 µg/g, toplam fenolik madde miktarı gallik asit eşdeğeri cinsinden 2274.99 µg/g olarak bulunmuştur (Tokbaş 2009).

M. nigra L. dut çeşidi ile *M. rubra* L. dut çeşidinin toplam monomerik antosiyanin içeriği ve toplam fenolik madde içeriği karşılaştırılmıştır. *M. nigra* L. dut çeşidinde toplam monomerik antosiyanin içeriği *M. rubra* L. dut çeşidine oranla daha yüksek bulunmuştur. *M. nigra* ve *M. rubra* dut çeşitlerinde sırasıyla toplam fenolik madde içeriği 2737 ve 1603 µg gallik asit eşdeğeri/g bulunmuştur. *M. nigra* antosiyanin içeriği bakımından daha zengindir ve siyanidin-3-glikozit cinsinden toplam monomerik antosiyanin içeriği ortalama 571 µg/g olarak belirlenmiştir (Özgen vd. 2009).

Karadut üzerine gerçekleştirilen bir çalışmada toplam antosiyanin miktarının 57.62-475.65 mg/100 g arasında, toplam fenolik madde içeriğinin 232-1777 mg/100 g arasında olduğu saptanmıştır (Sadat-Hosseini vd. 2018).

M.nigra Pendula kurutulmuş dut örneğinde toplam monomerik antosiyanin miktarı sırasıyla dut çeşitlerinde 2.17 mg/g ve 0.47 mg/g olarak belirlenmiş olup, bu değer kurutulmuş *M.nigra* Pendula dut çeşidinde 0.18 mg/g olarak belirlenmiştir. Kurutma işlemi sonunda toplam monomerik antosiyanin miktarının %62.6 oranında kayba uğradığı görülmüştür (Şenol 2017).

Van’da yetişen dut çeşitlerinde toplam antioksidan kapasitesi 4.49-13.99 µmol Trolox eşdeğeri/g arasında bulunmuştur (Gündoğdu vd. 2011). Dut meyvesinin antioksidan kapasitesi, 6.17-21.13 µmol Trolox eşdeğeri/g olarak tespit edilmiştir (Gündoğdu vd. 2017). Bitlis’te yetişen karadutların antioksidan kapasitesi %18.24-

23.18, toplam antioksidan içeriği 643-826 mg/100 g olarak bulunmuştur (Okatan vd. 2016). Ercisli vd. (2010) yaptıkları çalışmada, ortalama antioksidan aktivitesini Trolox eşdeğeri cinsinden *M. nigra*'da 13.35 µmol/g, *M. rubra*'da 6.87 µmol/g bulmuştur. Bu değerlerle *M. nigra*'nın biyoaktif madde içeriği bakımından *M. rubra*'dan daha zengin olduğu değerlendirilmiştir. Karadut meyvesinin antioksidan kapasitesi 12.32 µmol/g olarak belirlenmiştir (Tokbaş 2009).

Çankırı ve Mersin illerinde yetişen *M.nigra* Pendula ve *M.nigra* Shangri La dut çeşitlerinde askorbik asit cinsinden antioksidan kapasitesi sırasıyla ortalama 8900 µg/100 g ve 3700 µg/100 g olarak bulunmuştur. Kurutulmuş *M.nigra* Pendula dut çeşidinde ise bu değer 16900 µg/100 g olarak belirlenmiştir (Şenol 2017).

Dut kurusunun özellikle yoğun aktivitede bulunan insanların beslenmesinde ve kış aylarında yapılan beslenmede önemli bir yeri olduğunu belirten çalışmada, dut kurusu örneklerinin ortalama kurumadde miktarı %91.20, toplam şeker miktarı %76.30, glukoz, fruktoz ve sakkaroz miktarları sırasıyla %36.92, %38.27 ve %1.49, titrasyon asitliği %1.49, pH'sı 5.13, ham selüloz miktarı %2.74 ve toplam kül miktarı %2.95 olarak tespit edilmiştir (Bakkaloğlu vd. 2004).

Dut kurusu örneklerinde ortalama nem içeriği %11.1, titre edilebilir asitlik %0.04, pH 6.7, toplam şeker %84.5, glukoz %23.6, fruktoz %22.5, sukroz 38.4 ve toplam kül miktarı ise %1.8 olarak bulunmuştur (Karkacier vd. 2000).

Dinçer (2014), farklı yöntemler ile pastörizasyon işlemi uygulanan karadut suyu örneklerinde suda çözünür kurumadde miktarının 14.6-14.8 arasında, pH değerinin 3.72-3.74 arasında, titrasyon asitliği değerinin 1.50-1.53 g malik asit/100 mL arasında, *L* değerlerinin 17.50-17.98 arasında, *a* değerlerinin 0.13-0.54 arasında, *b* değerlerinin 0.27-0.40 arasında, toplam monomerik antosiyanin içeriğinin 644.16-648.33 mg/L arasında, antioksidan aktivitesi değerinin 84.35-88.76 arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir. Karadut suyunda 31 uçucu bileşen tespit edilmiş olup, başlıca uçucu bileşenler *ethanol*, *octanoic acid ethyl-ester*, *ethyl acetate*, *1-butanol 3-methyl* ve *decanoic acid ethyl- ester* olarak bulunmuştur.

Yapılan çalışma sonucunda, karadut suyunun pH değeri 3.42, sitrik asit cinsinden titrasyon asitliği 1.17 mg/100 mL olarak tespit edilmiştir. Karadut suyunda bulunan antosiyaninlerin %51.4'ünü siyanidin-3-glikozit (1233 mg/L), %44'ünü siyanidin-3-rutinosid (1056 mg/L) ve %4.6'sını pelargonidin-3-glikozit (109 mg/L) oluşturmaktadır. Karadut suyu 80°C'de 7 saat boyunca ısıtıldığında ve spektrofotometrik yöntemle analiz edildiğinde antosiyanin miktarının %55 oranında azaldığı, HPLC yöntemi ile analiz edildiğinde ise siyanidin-3-glikozit miktarında %66, siyanidin-3-rutinosid miktarında %56, pelargonidin-3-glikozit miktarında ise %87 oranında azaldığı görülmüştür. Karadut suyu konsantreleri 20°C'de 65 gün boyunca depolandığında ve spektrofotometrik yöntem ile analiz edildiğinde antosiyanin miktarının %49 oranında, HPLC yöntemi ile analiz edildiğinde ise siyanidin-3-glikozit miktarında %61, siyanidin-3-rutinosid miktarında %48, pelargonidin-3-glikozit miktarı %75 oranında azaldığı belirlenmiştir. Antosiyaninlerin parçalanmasında en önemli etkenin oksijenin varlığı olduğu belirtilmiştir (Erbay 2011).

Karadut suyunun 20°C’de 8 ay boyunca depolanması sonucunda, toplam monomerik antosiyanin miktarında %27.78 oranında kaybın, 30°C’de 8 ay boyunca depolanması sonucunda ise %49.09 oranında kaybın olduğu tespit edilmiştir. Karadut konsantresinin 20°C’de 8 ay boyunca depolanması ile bu kayıp %64.48 olurken, 30°C’de 8 ay boyunca depolanması ile %89.23 olmuştur. Depolama işleminin başlangıcında karadut suyu örneklerinin 20°C ve 30°C’deki Troloks eşdeğeri cinsinden antioksidan kapasitesi 337.12 ve 337.27 µmol/100g olarak tespit edilmiştir. Depolama işleminin sonunda bu değerler 312.37 ve 298.37 µmol/100g olarak belirlenmiştir. Karadut konsantresi örneklerinde ise depolama işleminin başlangıcında 20°C ve 30°C’deki Troloks eşdeğeri cinsinden antioksidan kapasitesi 3094.1 ve 3086.9 µmol/100g olarak bulunmuştur. Depolama işleminin sonunda bu değerler 2580.7 ve 2313.5 µmol/100g düzeyine düşmüştür. Karadut konsantresi örneklerinde antioksidan kapasitesindeki azalmanın 20°C’de 3. aydan itibaren, 30°C’de ise 2. aydan itibaren önemli olduğu görülmüştür (Boranbayeva 2011).

Karadut suyunda yapılan çalışmada, toplam fenolik madde miktarının 1430 mg/L, askorbik asit miktarının 34.50 mg/L, tiamin miktarının 0.124 mg/L, riboflavin miktarının 0.212 mg/L ve niasin miktarının 0.524 mg/L olduğu ve karadut suyuna ısıtılma işlemi uygulandığında bu bileşenlerin kayba uğradığı belirlenmiştir. Karadut suyunun *L* değeri 7.81, *a* değeri 8.07 ve *b* değeri 4.16 olarak bulunmuştur ve ısıtılma işlemi bu değerlerin azalmasına neden olmuştur (Sernikli 2015).

Karadut suyunun 20°C ve 30°C’deki *L* değeri, depolama işleminin başlangıcında sırasıyla 20.33 ve 20.34 olarak bulunmuş olup, 8 ay boyunca depolama işlemi sonunda bu değerler sırasıyla 20.79 ve 20.85 olarak bulunmuştur. *L* değerindeki azalma 1. aydan itibaren önemli hale gelmiştir. *a* değeri depolama işlemi başlangıcında sırasıyla 2.0 ve 1.89, depolama işlemi sonunda sırasıyla 1.72 ve 1.80 olarak belirlenmiştir. *b* değeri depolama işleminin başlangıcında sırasıyla -0.64 ve -0.36 olarak bulunurken, depolama işlemi sonucunda sırasıyla -0.65 ve -0.36 olarak bulunmuştur (Boranbayeva 2011).

Karadut suyunun depolama işlemi başlangıcında 20°C ve 30°C’de HMF miktarının sırasıyla 45.85 mg/L ve 45.7 mg/L olduğu, 8 ay boyunca depolama işleminin sonunda ise 20°C ve 30°C’de sırasıyla 57.2 mg/L ve 76.34 mg/L olduğu yapılan çalışmalar sonucunda görülmüştür (Boranbayeva 2011).

Bir çalışmada, antosiyaninlerin ve flavonların meyvelerde bulunan en önemli renk pigmentleri olduğu ve karadutun bu bileşenler açısından oldukça zengin olduğu belirtilmiştir. Farklı dut çeşitlerinin toplam flavonoidlerinin, antibakteriyel ve ağrı kesici etkileri incelenmiştir. *M. nigra*’nın antibakteriyel ve ağrı kesici etkilerinin diğer dut çeşitlerine göre daha güçlü olması, onun ağrı kesici ve antibakteriyel ilaçların yapımında kullanılabileceğini göstermiştir (Chen vd. 2018).

Bir antosiyanin olan siyanidin, oksidasyona karşı nöral hücreleri koruyarak nörodejeneratif hastalıklara karşı koruma sağlamaktadır. Pelargonidin ve delfinidin antosiyaninleri de üzüksü meyvelerde bulunmakta ve antioksidan etki göstermektedir (Thummayot vd. 2016). Yapılan çalışma, *M. nigra* L. (karadut), *Prunus avium* L. (vişne), *Rubus idaeus* L. (ahududu), *Solanum americanum* Mill. (it üzümü), *Vaccinium myrtillus* L. (yaban mersini) ve *Vitis vinifera* L. (üzüm) üzüksü meyvelerinde değişik

miktarlarda antosiyanin bulunduğunu; ancak siyanidin içeriğinin en fazla *M. nigra*'da olduğunu göstermiştir (Vagula vd. 2018).

Karadutun meyve ve yapraklarının antioksidan aktivitesi araştırılmış olup, en yüksek antioksidan aktivite yaprakların metanol ekstraktlarından (%33.1) elde edilmiştir. Karadut meyvesinin antioksidan aktiviteleri, meyvelerin metanol ekstraktından %28.7, yaprakların su ekstraktından %12.1 ve meyvelerin su ekstraktından %24.3 oranında tespit edilmiştir (Yiğit vd. 2008).

M. nigra etanol ekstraktının, antioksidan ve hücre koruyucu özelliğinden dolayı karaciğer hücrelerini koruduğu ve kemoterapotik ajanlarla beraber kullanılabileceği bildirilmiştir (Tag 2015).

İyonlaştırıcı radyasyonun, serbest radikaller üreterek doku oksidatif stresine neden olduğunu ve klastojenik (DNA/kromozom yapısında hasara neden olan etkenler) ve sitotoksik (hücreyi toksik bir şekilde etkileyip öldüren ya da faaliyetini durduran etkenler) etkiye sahip olduğunu belirten çalışmada, karadut ekstraktının antioksidan etkisi ile farelerin kemik iliği hücrelerinde ve karaciğerlerinde genotoksisiteyi ve sitotoksisiteyi düşürdüğü bildirilmiştir (Targhi vd. 2017).

Karadut meyvesi, Çin'de kalp damar hastalıklarının tedavisinde ve önlenmesinde geleneksel ilaç tedavisinde kullanılmaktadır. Fareler üzerinde yapılan çalışmalarda bunun altında yatan sebep araştırılmıştır. Sonuç olarak, toplam kolesterol, trigliserid ve düşük yoğunluklu lipoprotein-kolesterol seviyesini önemli ölçüde düşürdüğü bulunmuştur (Jiang vd. 2017).

Turan vd. (2017) yaptıkları bir çalışmada, karadut meyvesinin insan prostat kanseri hücreleri üzerinde tedavi edici bir etkiye sahip olduğunu görmüşlerdir.

Deniz vd. (2018) yaptıkları çalışmada karadutun, karaciğer hasarına neden olan CCl₄'e karşı önemli derecede koruma sağladığını ve bazı karaciğer hastalıklarında tedavi amaçlı kullanılabileceği tespit etmişlerdir.

M. nigra yaprak ekstraktlarının 100, 200 ve 400 mg/kg konsantrasyonlardaki infüzyonu, hiperlipidemik farelerde serum kolesterolünü, trigliseridleri, normalize edilmiş lipoproteinleri düşürücü etki göstermiştir. Aynı zamanda, karaciğerde, böbrekte ve beyindeki lipid peroksidasyonunu inhibe etmiştir. Bu çalışma, *M. nigra* yaprak infüzyonunun, oksidatif stres ve dislipidemik durumu üzerinde olası tedavi edici etkisini desteklemektedir (Zeni vd. 2017).

M. nigra L. meyve özütlerinin çeşitli konsantrasyonlarda *Listeria monocytogenes* bakteri suşuna ve *Candida albicans* maya suşuna karşı etkili olması nedeniyle organik gıda katkı maddesi olabileceği, pamukçuk benzeri ağız yaralarının iyileştirilmesi ve ishal ve benzeri rahatsızlıkların giderilmesi amacıyla kullanılabileceği yapılan çalışma sonucunda belirlenmiştir (Günter 2017).

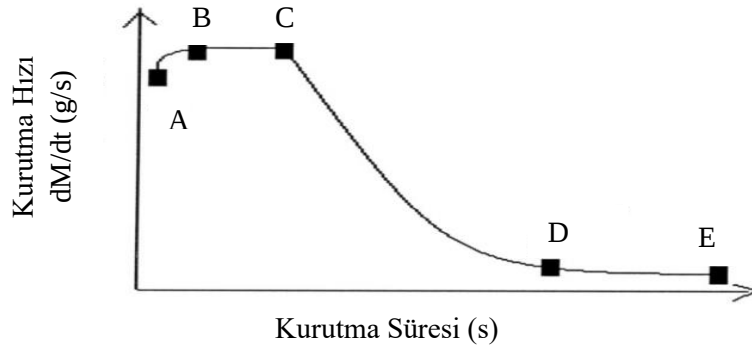
2.2. Kurutma İşlemi

Kurutma, çeşitli gıda ürünlerinin nem içeriğini mikroorganizmaların gelişemeyeceği ve üründe istenmeyen kalite değişimlerine neden olan reaksiyonların

meydana gelmeyeceği seviyelere düşürerek, ürünün raf ömrünü uzatan bir işlemdir. Bu işlem, ürünlerin taşınmasını ve ambalajlanmasını kolaylaştıran ve ağırlık kaybının olması nedeniyle de taşıma maliyetleri düşüren en eski ve en yaygın kullanılan muhafaza işlemidir (Mutlu ve Ergüneş 2008; Mujumdar ve Law 2010).

Kurutma hızının kurutma süresi ile ilgili değişimi üç bölgeden oluşmaktadır (Şekil 2.1). A-B bölgesi denge bölgesi olarak kabul edilmekte ve ihmal edilmektedir. B-C bölgesi, sabit kuruma hızı bölgesi olarak adlandırılmaktadır. Bu bölgede gıda ürünlerinde bulunan yüzey suyu ve yüzeye difüzyonla taşınan iç suyu uzaklaştırılmaktadır. C-D bölgesi ise azalan kuruma hızı bölgesi olarak adlandırılmakta ve bu bölgede kuruma hızı giderek azalmaktadır (Kutlu vd. 2015).

Kurutma hızını, gıda ürününün şekli, büyüklüğü, kalınlığı ve miktarı, kurutma havasının hızı, sıcaklığı ve nemi gibi fiziksel özellikleri ile ürünün bileşimi gibi kimyasal özellikleri etkilemektedir. Kurutma sıcaklığının ve hava hızının artması, kurutulacak gıdanın kalınlığının ve miktarının azalması kurutma hızını arttırmaktadır (Kutlu vd. 2015).



Şekil 2.1. Kurutma hızının kurutma süresine göre değişimi (Kutlu vd. 2015)

Gıda ürünleri, güneş yardımıyla ya da yapay kurutucular kullanılarak kurutulabilmektedir. Yapay kurutucularla kurutulan gıda ürünlerinin, güneş yardımıyla kurutulan gıda ürünlerine göre, daha kaliteli ve daha hijyenik özelliklere sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca, yapay kurutma işleminde ürünler istenilen nem içeriğine kadar kurutulmaktadır ve iklim şartlarından olumsuz yönde etkilenmemektedir. Ancak, yapay kurutma işleminde ilk yatırım ve işletme masrafları, güneşte kurutma işlemi ile karşılaştırıldığında daha yüksektir. Bu durum, ülkemiz gibi güneş enerjisi bakımından zengin ülkelerde gıda ürünlerinin genellikle güneşe serilerek kurutulmasına ve yapay kurutucuların daha az tercih edilmesine neden olmaktadır (Cemeroğlu 2004).

Kurutma işlemi, konveksiyon kurutma, kontakt kurutma ve radyasyon kurutma olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Sıcak havada kurutma işlemi olarak da adlandırılan konveksiyon kurutma işleminde, kurutulacak gıda ürününün üzerinden, arasından ve içinden sıcak hava geçirilmektedir. Konveksiyon kurutma işleminin uygulandığı kurutuculara örnek olarak tünel kurutucular, püskürterek kurutucular ve akışkan yatak kurutucular verilebilmektedir. Kontakt kurutma işleminde, kurutulacak ürüne temas ettiği yüzeyden ısı iletimi olmaktadır. Bu işlem sırasında kurutulacak ürün sabit

kalmaktadır veya hareket etmektedir. Bu işleme örnek olarak valsli (silindirik) kurutucular verilebilmektedir. Radyasyon yardımıyla kurutma işleminde ise, konveksiyon ve kontakt kurutma işlemlerinden farklı olarak, bir radyasyon kaynağına ihtiyaç duyulmaktadır. Radyasyon kaynağı olarak mikrodalga, dielektrik veya infrared gibi elektromanyetik enerji türleri kullanılmaktadır (Cemeroğlu 2004).

Gıda endüstrisinde harcanan toplam enerji miktarının %10'a kadarı kurutma işleminde kullanılmaktadır. Enerji tasarrufu, ürünün yapısı, ısıya olan hassaslığı, çevresel etkiler ve işlem güvenliği gibi etkenler kurutucu seçimini etkilemektedir. Kurutma işlemi sırasında bulaşma olmadan hijyenik koşulların sağlanabilmesi, yangın, patlama riski, toksikolojik olarak güvenlik, kontrol kolaylığı, çoklu proses kolaylığı gibi etkenler de kurutucu seçiminde göz önünde bulundurulmaktadır (Mujumdar 2007).

İşleme göre değişmekle beraber kurutucular kesikli ve sürekli kurutucular olarak sınıflandırılabilir. Genellikle kesikli kurutucular, 50 kg/h gibi düşük kapasiteli ve uzun süren işlemlerde tercih edilmektedir. Bütün kurutucular kesikli olarak çalışmamaktadır. Örneğin; püskürtmeli, döner, şok ve tambur kurutucular sürekli olarak çalışabilmektedir. Akışkan kurutucular gibi kurutucular ise kesikli ve sürekli olarak çalışabilmektedir (Mujumdar 2007).

Gıda endüstrisinde en çok kullanılan kurutma yöntemleri güneşte kurutma, dondurarak kurutma, tepsili kurutma, döner kurutucularda ve tünel kurutucularda kurutma, püskürterek kurutma, akışkan yatak kurutucularda kurutma, vakum kurutma, mikrodalga ile kurutma ve radyo frekans kurutmadır (Kutlu vd. 2015).

Vakumlu kurutma işlemi, meyve ve sebze gibi oksijene ve sıcaklığa duyarlı ürünlerin kurutulduğu bir kurutma işlemidir. Bu kurutma yönteminde, düşük basınç uygulaması ile sıcaklık düşürülmekte ve bu yöntemle kurutulan ürünlerin kalite özellikleri normal atmosfer basıncında sıcak havada kurutulan ürünlere göre daha yüksek kalitede olmaktadır. Düşük oksijen seviyelerinde kurutma işlemi gerçekleştiği için son üründe esmerleşme gibi oksidatif reaksiyonlar meydana gelmemektedir (Jaya ve Das 2003). Karadut meyvelerinin vakumlu kurutma işlemi ile kurutulduğu çalışmalar literatürde bulunmaktadır (Dobooğlu 2012; Esmaili Adabi vd. 2013; Zhou vd. 2017).

Püskürterek kurutma işlemi çözelti, emülsiyon ya da süspansiyon gibi sıvı gıdaların (besleme) toz forma dönüştürüldüğü bir kurutma işlemidir. Püskürterek kurutma işlemi; beslemenin hazırlanması, beslemenin atomizasyonu, damlacık-sıcak hava teması, atomize edilen damlacıkların kurutulması ve kurutulmuş partiküllerden hava neminin uzaklaştırılması olmak üzere beş aşamada gerçekleştirilmektedir (Verma ve Singh 2015; Tontul ve Topuz 2017).

Kurutma işlemine başlamadan önce besleme konsantre edilerek su miktarı dolayısıyla suyun buharlaştırılması için gerekli enerji ihtiyacı azaltılmaktadır. Ürün verimini arttırmak ve son ürünün fiziksel özelliklerini geliştirmek amacıyla konsantre edilen beslemeye, maltodekstrin, gam arabik, süt proteini gibi taşıyıcı maddeler ilave edilmektedir. Hazırlanan beslemenin atomizasyonundaki temel amaç, sıvının sprey ya da buhar haline dönüştürülmesiyle kurutma etkinliğini artırılmasıdır. Damlacık ve sıcak hava temasından sonra kurutulmuş partiküllerin nemli havadan ayrılmaktadır (Verma ve Singh 2015; Tontul ve Topuz 2017). Püskürterek kurutma işlemi ile karadut suyundan

toz ürünlerin elde edildiği çalışmalar literatürde bulunmaktadır (Fazaeli vd. 2012; Özgüven vd. 2016).

Liyofilizasyon olarak da bilinen dondurarak kurutma işleminde, gıdalarda yüksek oranda bulunan su dondurularak buz haline getirilmekte ve süblimasyon ile gıdadan uzaklaştırılmaktadır. Böylece, mikrobiyal bozulma ve oksidasyon önlenmektedir. Ayrıca, ürünün şekli, tadı, aroması, görünüşü, tekstürü, boyutu ve besin maddeleri de korunarak ürünün raf ömrü uzatılmaktadır. Ancak, bu işlemin dezavantajı yavaş ve pahalı olmasıdır. Bu nedenle, bu işlem daha çok yüksek besin içeriğine sahip gıdaların kurutulması için kullanılmaktadır (George ve Datta 2002).

Dondurarak kurutma işlemi dondurma, birinci kurutma ve ikinci kurutma olmak üzere üç aşamadan meydana gelmektedir. Dondurma aşamasında sıcaklık suyun üçlü noktasının altına kadar düşürülmektedir. Dondurma işleminden sonra, düşük basınç altında buzun süblimasyonu ile ürün iki aşamada kurutulmaktadır (Mercado vd. 2001).

Özellikle karadut meyvesi gibi ısıya hassas gıda ürünlerine dondurarak kurutma işleminin uygulanması tercih edilmektedir. Dondurarak kurutma işleminde, diğer kurutma işlemlerine kıyasla, toplam antosiyanin miktarındaki kayıpların azaldığı, rehidrasyon kapasitesinin arttığı, higroskopisite, çözünübilirlik, yağ absorpsiyonu ve renk açısından daha iyi özelliklerin görüldüğü yapılan çalışmalarda tespit edilmiştir (Si vd. 2016, Dobooglu 2012).

Mikrodalgalar, elektromanyetik spektrumda dalga boyu 1 mm-1 m dalga boyu ve frekansı 300 MHz-300 GHz arasında bulunan elektromanyetik dalgalar olup, gıda endüstrisinde birçok işlemde kullanılmaktadırlar. Geleneksel kurutma işleminden farklı olarak mikrodalga ile kurutma işleminde, daha kısa sürede, daha az enerji harcanarak ve daha kaliteli ürün elde edilerek kurutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Üründe ısıtmanın homojen olmaması ve ürünün tekstüründe hasarların meydana gelmesi bu işlemin dezavantajlarıdır. Ancak, diğer kurutma işlemleri ile birlikte kullanılması önerilmektedir (Konak vd. 2009). Karadut meyvesinin, mikrodalga ve diğer kurutma işlemleri ile birlikte kurutulduğu çalışmalar bulunmaktadır (Si vd. 2016, Esmaili Adabi vd. 2013).

Yeni ürünleri kurutulabilen, daha yüksek kapasiteli, daha iyi kalitede, çevresel etkileri azaltan, enerji verimliliği sağlayan ve maliyetleri düşüren, yangın, patlama ve toksik etkileri ve kurutma süresini azaltan yeni teknolojilere ihtiyaç duyulmaktadır (Mujumdar 2007).

2.2.1. Kurutulmuş ürünlerin kalite özellikleri

Kurutma işlemi öncesinde, kurutma ve depolama işlemi sırasında gıdalarda kimyasal, biyokimyasal ve fiziksel değişimler meydana gelmektedir (Çizelge 2.4). Bu nedenle, bazı durumlarda kurutma işlemi öncesinde gıda ürünlerine ön işlem uygulanabilmektedir (Mujumdar 2007). Kurutma işlemi ile üründe buruşma ve parçalanmalar oluşmakta, hücre ve dokuların kapiler yapısı bozulmakta, ayrıca ısı etkisiyle ve kuruma sonucunda hücredeki tuzlar konsantre olmakta, proteinler denatüre olmakta ve artık suyu tekrar absorbe etme ve bağlama yeteneğini büyük oranda kaybetmekte, nişasta ve gam maddeleri de daha az hidrofilik özellik göstermekte ve hücre duvarı eskisi gibi esnek olmamaktadır. Gıda ürünlerinde görülen renk

esmerleşmesi enzimatik ve enzimatik olmayan reaksiyonlar sonucu oluşmaktadır. Enzimatik renk esmerleşmesi, özellikle meyve gibi ürünlerin haşlama ön işlemi uygulanmadan kurutulması ile fenolik maddeler başta olmak üzere birçok maddenin oksidasyonu sonucu oluşurken, enzimatik olmayan esmerleşmesi ise Maillard reaksiyonu sonucu oluşmaktadır. Ürünün duyusal özelliklerinde ve vitamin gibi birçok besin değerinde kayıplar meydana gelmektedir (Cemeroğlu 2004).

Çizelge 2.4. Kurutma sırasında meydana gelen kalite değişimleri (Mujumdar 2007)

Fiziksel	Kimyasal	Biyokimyasal
Büzüşme	Kimyasal aktivite kaybı	Hücresel yapının ve
Yoğunluk kaybı	Bazı kimyasal bileşenlerin	biyomoleküllerin bozulması
Şekil, boyut ve gözenek	bozulması	Lipidlerin oksidasyonu
değişimi		Proteinlerin denatürasyonu
Kristalizasyon		Enzimatik esmerleşme
Çözünürlük değişimi		Maillard reaksiyonu
Rehidrasyon azalması		Vitaminlerin kaybı
Aromanın ve duyusal		
özelliklerin kaybı		

Gıdaların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimleri ve kontrol stratejileri Çizelge 2.5'te verilmiştir (Mujumdar 2007).

Çizelge 2.5. Gıdaların bozulması ve kontrol stratejileri (Mujumdar 2007)

Mikrobiyolojik	Kimyasal	Fiziksel
Patojenik	1-Enzimatik reaksiyonlar	1-Kristalizasyon ve
mikroorganizmaların	2-Lipid oksidasyonu	çökme
neden olduğu bozulma	3-Enzimatik olmayan esmerleşme	2-Büzüşme,
	4-Sıcaklığa bağlı vitaminlerin	sürtünme, aşınma
Kontrol:	bozulması	
Büyümenin	Kontrol:	Kontrol:
yavaşlaması için	pH, O ₂ , CO ₂ , su aktivitesi	Dikkatli taşıma ve
sıcaklığın düşürülmesi	modifikasyonu	depolama
Gelişmenin önlenmesi	Sıcaklık kontrolü	Sıcaklık ve nem
için suyun	Katkılar (antioksidanlar)	kontrolü
uzaklaştırılması ya da		
bağlanması		
Düşük pH		
O ₂ , CO ₂ kontrolü		
Kompozisyon		
modifikasyonu ile		
besinlerin		
uzaklaştırılması		

2.2.2. Üzümsü meyvelerin kurutulmasıyla ilgili çalışmalar

Özgüven vd. (2016) yaptıkları çalışmada, karadut antosiyaninlerinin püskürterek kurutma işlemi sonucunda maksimum %76.8 oranında enkapsüle edildiğini ve çikolata gibi çeşitli gıda ürünlerinde katkı maddesi olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Esmaili Adabi vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada karadut, sıcak havada, vakum ve sıcak hava-infrared kurutucuda kurutulmuştur. Mikrodalga, kimyasal, ultrasonik ve sıcak suda haşlama ön işlemleri de uygulanmıştır ve harcanan enerji miktarları karşılaştırılmıştır. En fazla enerjinin ön işlem uygulanmadan kurutulan meyvelerde harcandığı görülmüştür. En az enerji mikrodalga ön işlemi uygulanarak sıcak hava-infrared kurutma işlemi yapıldığında harcanmıştır. Minimum renk değişimi mikrodalga ön işlemi yapılarak vakum altında kurutulan meyvelerde gözlenmiştir. Maksimum renk değişimi ise ön işlem uygulanmadan sıcak havada kurutulan meyvelerde elde edilmiştir.

Han vd. (2017) yürüttükleri çalışmada, lezzetli ve besleyici olmasına rağmen kolay bozulan ve raf ömrü kısa olan karadut meyvesine, hasat sonrasında ön soğutma ve 2 ppm ozon uygulayarak meyvenin kalite değişimlerini incelemişlerdir. Sonuçlar, titre edilebilir asitliğin ve çözünür kurumadde miktarının daha yüksek seviyede olduğunu, gevrek yapının ve rengin daha iyi korunduğunu, bozulma oranının, solunum hızının ve polifenol oksidaz aktivitesinin daha az olduğunu göstermiştir.

Zhou vd. (2017), *Morus alba* L. meyvesine 60°C ve 75°C'de sıcak havada ve vakumda kurutma işlemleri uygulamışlardır. Sıcak havada ve vakumda kurutma işlemleri ile antosiyanin (siyanidin-3-o-glikozit, siyanidin-3-o-rutinosit) değişim miktarı belirlenmiştir. Oksijenin, antosiyanin bozulmasını hızlandırdığı ve reaksiyon için bir katalizör görevi görmekte olduğu belirlenmiştir. Böylece, oksijen varlığı olmadan kurutma işlemini gerçekleştirmenin, antosiyanin varlığı için daha önemli olduğu bulunmuştur.

Dobooğlu ve Çınar (2012), liyofilizasyon işleminin kurutmadaki potansiyelini konveksiyonel ve vakumlu kurutma işlemleriyle karşılaştırmışlardır. Nem içerikleri, a_w , toplam antosiyanin içeriği, L^* ve a^* değerleri ve yığın yoğunluğu taze karadut örneklerinde sırasıyla %83.69, 0.92, 342 mg/L, 8.8, 9.66, 0.95 g/mL bulunurken, 24 saatlik kurutma sonunda liyofilize örneklerde %5.97, 0.29, 230 mg/L, 5.65, 6.51, 0.09 g/mL, vakumlu kurutulan örneklerde %8.78, 0.39, 74 mg/L, 3.87, 2.5, 0.368 g/mL, konveksiyonel kurutulan örneklerde %9.79, 0.44, 67 mg/L, 3.98, 2.0, 1.11 g/mL olarak bulunmuştur.

Dobooğlu (2012) yaptığı araştırmada, karadut örneklerine liyofilizasyon, konveksiyonel ve vakumlu kurutma işlemi uygulamıştır. Toplam antosiyanin miktarındaki kayıp, konveksiyonel kurutma işlemiyle kurutulan örneklerde %80, vakumlu kurutma işlemiyle kurutulan örneklerde %78, liyofilizasyon işlemiyle kurutulan örneklerde ise %32 olarak ortaya çıkmıştır. Analiz sonuçları, yüksek ısıl işlemin karadutun toplam antosiyanin miktarını olumsuz etkilediğini göstermiştir. Yüksek ısıl işlem uygulanan örneklerde antosiyanin pigmentleri yıkıma uğramıştır. Ancak, liyofilizasyon işleminde düşük ısıl işlem uygulandığı için toplam antosiyanin miktarının büyük oranda korunduğu belirlenmiştir. Çalışmada, ağırlık kazanımının

liyofilizasyon işlemi ile kurutulmuş örneklerde %78, vakumlu kurutulmuş örneklerde %73 ve konveksiyonel kurutulmuş örneklerde %45 oranında olduğu tespit edilmiştir. En yüksek ağırlık kazanımı liyofilize örneklerde iken en düşük ağırlık kazanımı konveksiyonel kurutulmuş örneklerde görülmüştür.

Nemzer vd. (2018) tarafından çilek, yaban mersini, kıvılcık ve ekşi vişne meyvelerine sıcak havada kurutma, dondurarak kurutma ve refraktans penceresi kurutma yöntemleri uygulanarak antosiyanin, fenolik bileşen, flavonoid, B ve C vitamini miktarlarının, renk ve antioksidan kapasitelerinin kurutma sonrasında değişimleri araştırılmıştır. Dondurarak kurutma işleminde C vitamininin, antioksidan kapasitesinin, antosiyaninlerin ve fenolik bileşenlerin diğer kurutma işlemlerine göre daha iyi korunduğu görülmüştür. B vitamininin en iyi refraktans penceresi işleminde korunduğu tespit edilmiştir. Sıcak havada kurutma işleminde ise, kurutulmuş meyvelerin kalite özelliklerinin önemli oranda azaldığı saptanmıştır.

Çam vd. (2018) bir çalışmada, çilek meyvesini dilimleyerek kapalı döngü modifiye atmosferde, sıcak havada ve dondurarak kurutarak son ürünlerin kalitesini ve işlem zamanını karşılaştırmışlardır. Kapalı döngü modifiye atmosfer kurutma işleminde, antosiyanin ve askorbik asit kaybının önemli oranda azaldığı ve dondurarak kurutma işlemine göre bu işlemde enerji tüketiminin 3 kat azaldığı, kurutma zamanının ise 6 kat kısaldığı bulunmuştur. Bu yeni kurutma işleminin özellikle oksidasyona hassas ürünlerin kurutulmasında, dondurarak kurutma işlemine alternatif olarak kullanılabileceği ortaya çıkmıştır.

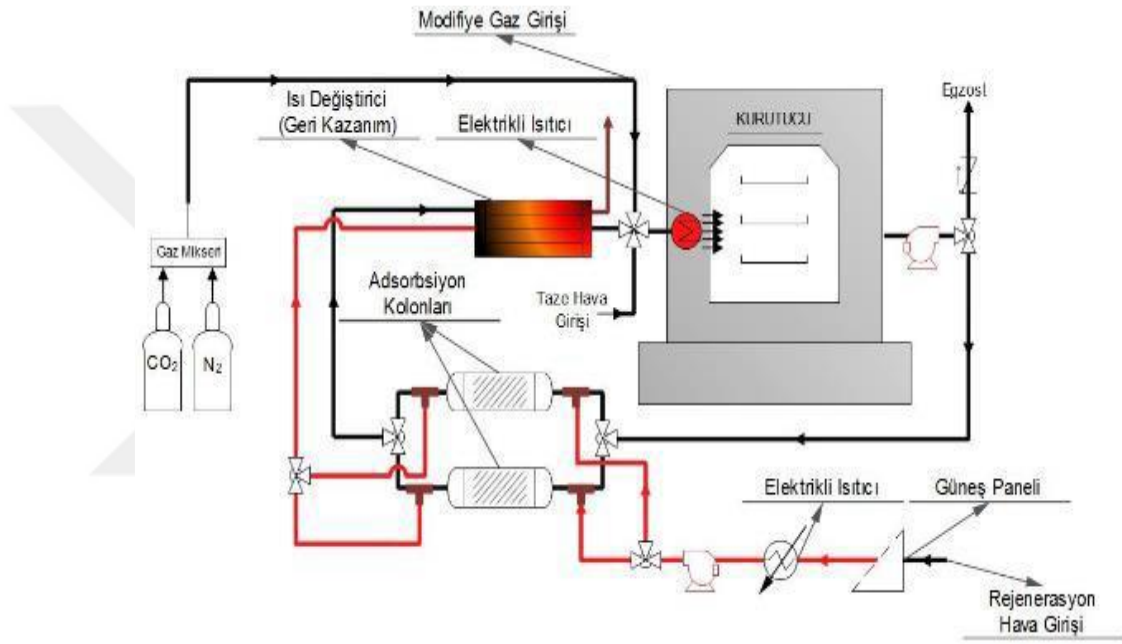
Bir başka çalışmada konvektif kurutma işlemi ile kurutulmuş çilek meyvelerinde antioksidan aktivitesinin %74, antosiyanin miktarının %45 ve toplam fenolik bileşen miktarının %78 oranında azaldığı görülmüştür (Lagunas vd. 2017).

Si vd. (2016) tarafından, ahududu meyvesi sıcak hava, infrared radyasyon, infrared radyasyon-mikrodalga, vakumlu ve dondurarak kurutma işlemleri ile kurutulmuştur. Dondurarak kurutma işlemi, diğer kurutma işlemlerine göre suda çözünürlüğü %45.26, çözünür katı madde miktarını %63.46, higroskopisiteyi %18.06, antosiyanin kaybını %60.70 oranında azaltmıştır. Ancak, diğer kurutma işlemlerinde toplam flavonoid içeriği, toplam polifenol içeriği ve antioksidan aktivite kaybı en az oranda görülmüştür.

2.2.3. Kapalı döngü modifiye atmosfer kurutma (KADMAK) işlemi

KADMAK sistemi, mevcut şartlarda sıcak hava ve modifiye gaz ile çalışan, yaklaşık 10 kg örnek kapasitesine sahip, tepsili, oksijen ve nem sensörü bulunan modifiye edilmiş bir kurutucu olarak tanımlanmaktadır. Mevcut sistemde tepsilere yerleştirilen ürünlere taze hava giriş kısmından, istenilen modifiye gaz karışımı beslenmektedir. Bu işlem oksijen sensörü ile kontrol edilerek, istenilen modifiye gazla sistem içerisindeki hava yer değiştirene kadar devam etmektedir. Kurutma işlemi başladıktan sonra, üründen modifiye gaz karışımına aktarılan nem (nem sensörü ile izlenerek) egzoz çıkışından nem alma ünitesine gönderilmekte ve nemi alınan bu gaz karışımı tekrar kurutucuya beslenmektedir (Çam 2016). Şekil 2.2’de KADMAK sistemi gösterilmiştir.

Bu kurutma sisteminde meyve ve sebze gibi yüksek nem içerikli ürünler, mikroorganizmaların gelişemeyeceği ve üründe istenmeyen kalite değişimlerinin meydana gelmeyeceği seviyelere kadar kurutulabilmektedir. Özellikle oksidasyona hassas ürünlerin kurutulmasında havada bulunan %21 O₂ oranı istenilen diğer gaz karışımları ile %5'e kadar düşürülmektedir. KADMAK ile kaliteli, besin değerini koruyan, vitamin, antioksidan madde, lezzet ve aroma açısından zengin ürünler elde edilebilmektedir (Anonim 3). Güneşli havalarda kurutma için gerekli ısı enerjisinin %72'sini güneş enerjisi ile karşılandığından hem başlangıç hem de işletme maliyetleri açısından donuk ve vakum kurutma sistemlerinden daha ekonomik bir sistemdir. (Anonim 4). Böylece, diğer kurutma yöntemleri ile kıyaslandığında nemli bölgelerde faaliyet gösteren firmalara avantaj sağlamakta ve daha az enerji harcanmaktadır (Anonim 4).



Şekil 2.2. KADMAK sistemi (Çam vd. 2018)

2.2.4. Sıcak havada kurutma işlemi

Konveksiyonel kurutma olarak da bilinen sıcak havada kurutma yöntemi kurutulacak ürünün içinden, üzerinden ve arasından sıcak havanın geçirildiği ve ürün neminin istenilen seviyelere düşürüldüğü bir kurutma yöntemidir.

Sıcak havada kurutma işlemi, güneşte kurutma işlemi gibi iklim koşullarına bağlı değildir ve gerekli hijyenik koşulları sağlamaktadır. Ayrıca, güneşte kurutma işlemi ile kıyaslandığında ürünün kalite özelliklerini olumsuz etkilememesi ve kurutma süresinin de uzun sürmemesi gibi avantajlara sahiptir. Ancak, sıcak havada kurutma işlemi de, kurutma sırasında görülen ve üründe istenmeyen fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal değişimler gibi bazı dezavantajlara sahiptir (Cemeroğlu 2004). Bu nedenle, yeni ürünleri kurutulabilen, daha yüksek kapasiteli, daha iyi kalitede, çevresel etkileri azaltan, enerji verimliliği sağlayan ve maliyetleri düşüren, yangın, patlama ve

toksik etkileri ve kurutma süresini azaltan yeni teknolojilere ihtiyaç duyulmaktadır (Mujumdar ve Law 2010).



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Araştırmada kullanılan karadutlar (*Morus nigra* L.), Mahmatlar (Eğirdir, Isparta) köyünde bulunan üreticilerden temin edilmiştir. Meyvelerin hasat edildiği aynı dut ağaçlarının tür teşhislerinin Akdeniz Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü'nde bitki sistematigi konusunda çalışan Prof. Dr. R. Süleyman GÖKTÜRK tarafından yapıldığı rapor edilmiştir (Dinçer 2014). Hasat olgunluğuna gelen meyveler 2018 yılı Haziran-Temmuz aylarında farklı zamanlarda 10 kez yaklaşık 30 kg satın alınmış ve Akdeniz Üniversitesi Gıda Mühendisliği Laboratuvarına getirilmiştir. Meyveler mümkün olduğunca hızlı bir şekilde kurutma işlemine tabi tutulmuştur ve bu işleme kadar buzdolabında +4°C'de muhafaza edilmiştir. Tez çalışmasında kullanılan *M.nigra* meyvesi Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. *M.nigra* meyvesi

3.2. Metot

M. nigra meyveleri kurutucunun tepsilerine hassas bir şekilde serildikten sonra hem atmosferik sıcak hava (ATMK) hem de kapalı döngü modifiye atmosfer (KADMAK) olarak kurutma yapmaya uygun kurutucuda, ayrı ayrı ATMK ve KADMAK sisteminde kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Örnekler, Box-Behnken deneme desenine göre (Çizelge 3.1) üç farklı hava hızında (1, 2 ve 3 m/s), üç farklı sıcaklıkta (70, 80 ve 90°C), %9, %15 ve %21 O₂ varlığında yaklaşık %10 nem içeriğine kadar kurutulmuştur. Taze örneklerde nem, su aktivitesi, antosiyanin profili (HPLC ile), pH, renk değişimi, toplam monomerik antosiyanin miktarı analizleri yapılırken, kurutulmuş örneklerde ayrıca, esmerleşme indeksi ve rehidrasyon kapasitesi analizleri de yapılmıştır. Kurutulmuş örnekler, 60 gün boyunca oda sıcaklığında (20-25 °C) polietilen poşetler içerisinde depolanmış ve depolanan örneklerin nem, su aktivitesi, toplam monomerik antosiyanin miktarı, rehidrasyon kapasitesi ve esmerleşme indeksi değerleri analiz edilmiştir.

Çizelge 3.1. KADMAK koşullarının optimizasyonunda uygulanan Box-Behnken deneme deseni

Desen	Sıcaklık (°C)	Hava Hızı (m/s)	Oksijen (%)
1	70	1	15
2	90	1	15
3	70	3	15
4	90	3	15
5	70	2	9
6	90	2	9
7	70	2	21
8	90	2	21
9	80	1	9
10	80	3	9
11	80	1	21
12	80	3	21
13	80	2	15
14	80	2	15
15	80	2	15

3.2.1. Analizler

3.2.1.1. Nem ve su aktivitesi

Bu çalışmada, taze, kurutulmuş ve kurutma sonrası depolanan ürünlerin nem miktarları Çam (2016)'nın kullandığı metoda göre gravimetrik olarak belirlenmiştir. Darası alınmış petri kutuları içerisine parçalayıcı (Waring Blender) yardımıyla parçalanmış yaklaşık 5 g örnek tartılmıştır. Örnekler sabit tartıma gelinceye kadar 70°C'lik etüvde kurutulmuş ve oda sıcaklığına gelinceye kadar desikatörde bekletilmiştir. Daha sonra desikatörden çıkarılan petriler hassas terazide tartılarak, ilk ve son tartımlar arasındaki farktan yüzde nem miktarı hesaplanmıştır.

Su aktivitesi (a_w), su aktivitesi ölçüm cihazı (Aqualab 4TE, ABD) kullanılarak 25°C'de belirlenmiştir. Buna göre, parçalayıcı yardımıyla parçalanmış yaklaşık 1 g örnek cihazın ölçüm kabı içerisine konulmuş ve denge nem içeriğine gelince cihazın dijital ekranından sonuçlar okunmuştur.

3.2.1.2. Renk analizi ve esmerleşme indeksi

Taze, kurutulan ve kurutma sonrası depolanan karadut örnekleri, homojen aydınlatmalı, örnek gölgesinin oluşumunu engelleyen, 6500 K renk sıcaklığındaki 2 adet 45 cm'lik beyaz led ışık (Hi-Power 25W, Çin) kaynakları ile aydınlatılan, 60cm x 60cm x 60cm ölçülerinde, ışık geçirmeyen, küp şeklinde bir fotoğraf kabinine (Mondo Photobox 60, Çin) yerleştirilmiştir. Dijital fotoğraf makinesi (Nikon D3100, Almanya) yardımıyla örneklerin görüntüleri alınmıştır. Bu görüntülerden bilgisayar yazılımında (Matlab, ABD) R, G, B renk değerleri elde edilmiştir. R, G, B değerleri Hunter L , a , b değerlerine dönüştürülmüştür. Hunter L , a , b cihazının beyaz renk kalibrasyon plakasının aynı şartlarda görüntüsü alınarak ve fotoğraf makinası kalibrasyon plakasının

L , a , b değerlerini sağlayacak şekilde kalibre edilerek bu dönüşüm işlemi gerçekleştirilmiştir. Esmerleşme indeksi (EI), Eşitlik 3.1'den yararlanılarak hesaplanmıştır (Hosseinpour vd. 2013). Eşitlikteki EI, esmerleşme indeksi; L , parlaklık-matlık değeri; a , yeşillik-kırmızılık değeri; b , sarılık-mavilik değerlerini ifade etmektedir. Ürünlerin renk analizi için görüntülendiği sistem ve kurutulmuş karadut meyvelerinin renk analizi görüntüsü Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

$$EI = [100 (x-0.31)] / 0,172 \text{ ve } x = (a + 1,75L)/(5,645L + a - 3,012b) \quad (3.1).$$



Şekil 3.2. a)Ürünlerin renk analizi için görüntülendiği sistem; b)Kurutulmuş karadut meyvelerinin renk analizi görüntüsü

3.2.1.3. pH analizi

Taze ve kurutulmuş 10 g örnek parçalayıcıda (Waring), 1/10 oranında saf su ile birlikte parçalanmıştır. Elde edilen meyve içerikli karışımın sıvı kısmının pH'sı 20°C'de potansiyometrik olarak dijital pH metre (Mettler Toledo LE 409, Greifensee, İsviçre) ile ölçülmüştür.

3.2.1.4. Rehidrasyon kapasitesi

Çam (2016)'nın kullandığı yöntemeye göre, 5 gram kurutulmuş karadut örneği, oda sıcaklığındaki 100 mL saf su içerisinde 30 dk süresince bekletilmiştir. Bu süre sonunda örneklerin tartım işlemi gerçekleştirilmiştir. Tartım sonuçlarına göre, örneğin birim kütle başına absorbe ettiği su miktarı hesaplanmıştır.

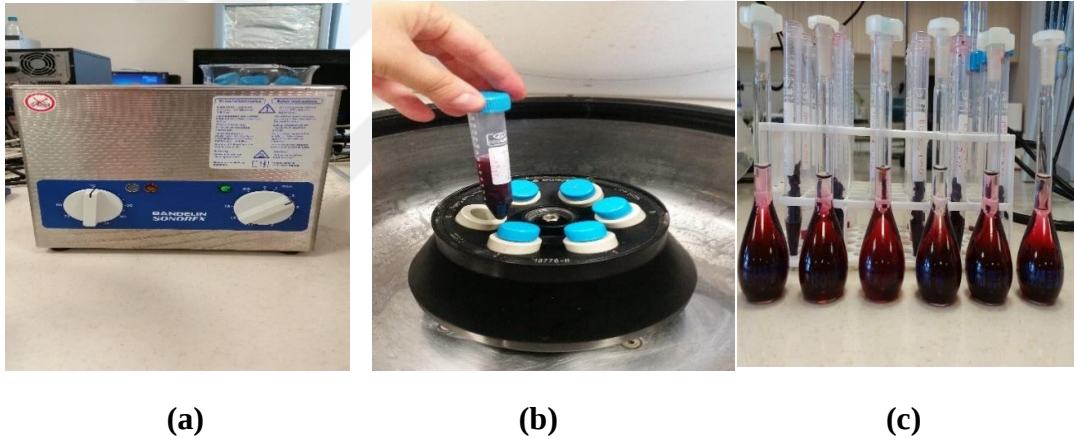
3.2.1.5. Antosiyanin profili

Taze ve kurutulmuş karadutun kromatografik olarak antosiyanin profili, HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi) ile belirlenmiştir. Bu kapsamda, yaklaşık 2 g taze ve kurutulmuş karadut örnekleri parçalayıcı (Waring) ile parçalanmış, 15 mL hacimli santrifüj tüplerine konulmuş ve üzerine 5 mL ekstraksiyon çözeltisi (%0.1 formik asit içeren %70 metanol çözeltisi) eklenmiştir. 15 dk süre ile buzlu ultrasonik banyoda (Bandelin, DT100H, Berlin, Almanya) ekstraksiyon işlemi uygulanan tüp içeriği 4°C ve 2700 g'de 10 dk santrifüj (Sigma, 3K-18, Osterode am Harz, Almanya) edilmiştir. Ekstraksiyon ve santrifüj işlemleri aynı koşullarda çökelti ile 3 kez tekrarlanmıştır. Başka bir tüpe aktarılan süpernatantlar birleştirilmiş ve 25 mL'ye

tamamlanmıştır. 0.45 membran filtreden (Naylon) geçirilen ekstraktlar analizlere kadar -20°C’de muhafaza edilmiştir.

Bu işlemlerden sonra ekstraktlar, HPLC cihazına enjekte edilmiştir. Ayırım için LiChroSpher (250×4.6 mm, 5µm) kolon kullanılmıştır. Mobil faz A olarak %0.1 trifloroasetik asit (TFA) içeren su, mobil faz B olarak ise %0.1 TFA içeren asetonitril kullanılmış olup, akış hızı 1 mL/dk olarak ayarlanmıştır. Akış programı 0. dk %95 A, 45. dk %65 A, 47. dk %25 A ve 54. dk %95 A şeklinde belirlenmiştir. Kolondan ayrılan antosiyanin fraksiyonu 520 nm dalga boyunda çalışan DAD dedektörü ile tanımlanmıştır.

Kromatogramlardaki piklerin tanımlama işleminde, delfinidin-3,5-diglukozit, siyanidin-3,5-diglukozit, delfinidin-3-glukozit, siyanidin-3-glukozit ve pelargonidin-3-glukozit standartlarından yararlanılmıştır. Tanımlama işleminde standart pikinin tutunma zamanı, UV spektrumları ve benzerlik indeksleri göz önünde bulundurulmuştur. Örneklere standart çözeltileri eklenerek pik alanlarındaki değişimler de dikkate alınarak doğrulama işlemi gerçekleştirilmiştir (Kamiloğlu 2012). Örneklerdeki antosiyanin miktarı, örneklerle aynı şartlarda cihaza enjekte edilmiş olan 5 farklı konsantrasyondaki standart çözeltileri ile oluşturulan eğri yardımıyla hesaplanmıştır.



Şekil 3.3. a) Ekstraksiyon işlemi; b) Santrifüj işlemi; c) Süpernatantların birleştirilmesi işlemi

3.2.1.6. Toplam monomerik antosiyanin

Taze ve kurutulmuş karadut meyvelerinin toplam monomerik antosiyanin içeriği pH diferansiyel metodu yardımıyla belirlenmiştir (Cemeroğlu 2007). Bu yöntem antosiyaninlerin maksimum absorbans gösterdiği dalga boyundaki absorbans değerlerinin ortamın pH değerlerine göre değişiminin ölçümüne dayanmaktadır.

Taze meyveler, parçalayıcı (Waring) kullanılarak homojenize edildikten sonra yaklaşık 4 g tartılmıştır ve üzerine 0.1 M 6 mL HCl çözeltisi ve 34 mL etanol eklenmiştir. Kuru meyvelerde ise, taze karadutun su içeriğini temsil edecek şekilde saf su ilave edilmiştir. Ultrasonik su banyosunda 10 dk süreyle ekstraksiyon işlemi

gerçekleştirildikten sonra berrak kısımları potasyum klorür (pH 1) ve sodyum asetat (pH 4.5) tampon çözeltileri kullanılarak 0.4-0.6 absorbans değerine kadar seyreltilmiştir. 700 nm ve 510 nm dalga boyunda ölçüm yapılmıştır ve elde edilen veriler Eşitlik 3.2 ve 3.3 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$A=(A_{\max}-A_{700})_{\text{pH}1}-(A_{\max}-A_{700})_{\text{pH}4.5} \quad (3.2)$$

$$\text{TMA}=(A \cdot \text{MA} \cdot \text{Sf} \cdot 1000)/\text{MS} \quad (3.3)$$

Eşitliklerde;

A: Düzeltilerek hesaplanan absorbans farkını,

TMA: Toplam monomerik antosiyanin miktarını,

MA: Standart antosiyanin molekül ağırlığını,

Sf: Seyreltme faktörünü,

MS: Standart antosiyanin molar absorbans katsayısını ifade etmektedir.

3.2.2. İstatistiksel analizler

Kapalı döngü modifiye atmosfer kurutma (KADMAK) ve atmosferik sıcak havada kurutma (ATMK) yöntemlerinde optimum şartlar, Design Expert 12.0 (Stat-Ease Co., Minneapolis, ABD) paket programı ve yanıt yüzey metodu yardımıyla Box-Behnken deneme desenine göre belirlenmiştir. Tez çalışması kapsamında kurutma denemeleri iki tekerrürlü, analizler üç paralelli yapılmıştır. Kurutulan meyvelerde paralel analizlerin sonuçlarının ortalamalarında önemli bulunan farklılıklar SPSS 20.0 paket programında t testi ile tespit edilmiştir. Depolama sırasında kurutulan karadut meyvelerinin analiz sonuçlarında önemli bulunan farklılıklar ise Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile belirlenmiştir.

4.BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Optimizasyon Çalışmaları

Karadut meyvelerine, atmosferik sıcak hava (ATMK) ve kapalı döngü modifiye atmosfer (KADMAK) olmak üzere iki farklı kurutma işlemi uygulanmıştır. Bu kurutma işlemlerinde uygulanan sıcaklık, hava hızı ve oksijen miktarı değişkenleri, karadut meyvelerinin kalitesi, kurutma performansı ve literatür verileri dikkate alınarak yapılan ön denemeler sonucunda belirlenmiştir. Design Expert 12.0 (Stat-Ease Co., Mineapolis, ABD) paket programı ve cevap yüzey metodu yardımıyla Box-Behnken deneme desenine göre optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Karadut meyveleri Box-Behnken deneme desenine göre üç farklı hava hızında (1, 2 ve 3 m/s), üç farklı sıcaklıkta (70, 80 ve 90°C) ve azot ile değiştirilmiş üç farklı oksijen seviyesinde (%9, %15 ve %21 O₂) yaklaşık %10 nem içeriğine kadar kurutulmuştur. Hasat sonrası uzun süre muhafaza edilemeyen karadut meyveleri farklı zamanlarda aynı üreticiden temin edilmiş olup, meyvelerin kurutulması sırasında antosiyanin miktarında varyasyonlar görülmüştür (Delfinidin-3-glikozit miktarı:403.64-1451.60 mg/kg, siyanidin-3-glikozit miktarı: 140.38-242.64 mg/kg, pelargonidin-3-glikozit miktarı:285.02-289.76 mg/kg). Bu nedenle, optimizasyon çalışmaları miktar yerine yüzde değişimi göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Optimizasyonda, minimum antosiyanin miktarı kaybı ve minimum esmerleşme indeksi (Eİ) dikkate alınarak optimum kurutma şartları belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Kurutma parametrelerinin optimizasyonu için uygulanan deneme deseninde elde edilen sonuçlar

Desen	Sıcaklık (°C)	Hava Hızı (m/s)	Oksijen (%)	Delfinidin- 3-glikozit Kaybı (%)	Siyanidin- 3-glikozit Kaybı (%)	Pelargonidin- 3-glikozit Kaybı (%)	Eİ
1	70	1	15	35.13	11.63	17.37	9.61
2	90	1	15	12.11	54.86	13.29	9.58
3	70	3	15	22.84	23.97	15.51	-
4	90	3	15	38.51	47.45	2.98	7.49
5	70	2	9	30.94	26.62	7.30	6.69
6	90	2	9	23.46	26.50	10.09	8.19
7	70	2	21	59.25	47.74	22.89	8.39
8	90	2	21	41.15	62.18	10.42	6.15
9	80	1	9	34.94	25.50	6.21	3.16
10	80	3	9	10.56	23.24	9.95	5.89
11	80	1	21	60.32	43.41	13.55	3.13
12	80	3	21	75.13	55.65	10.08	4.61
13	80	2	15	20.96	29.31	13.15	4.46
14	80	2	15	28.75	33.46	15.48	3.96
15	80	2	15	33.63	37.61	17.56	4.96

Optimizasyon çalışması Design Expert 12 paket programı ile gerçekleştirilmiş olup, modele ait regresyon katsayıları ($\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_{11}, \beta_{22}, \beta_{33}, \beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{23}$) Çizelge 4.2’de verilmiştir. Ayrıca, Box-Behnken deneme desenindeki değişkenlerden bir tanesi orta noktada sabit tutulup, Şekil 4.1-4.12’de diğer değişkenlere bağlı olan izdüşüm gösterimi ve yüzey fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Box-Behnken deneme deseninde kullanılan modellere ait eşitlik katsayıları

		Delfinidin-3-glikozit		Siyanidin-3-glikozit		Pelargonidin-3-glikozit		Eİ	
Semboller		Katsayı	P değeri	Katsayı	P değeri	Katsayı	P değeri	Katsayı	P değeri
B ₀	Sabit	35.18	0.0313*	36.61	0.0009*	12.39	0.0474*	4.46	0.0475*
B ₁	T	-4.12	0.4171	10.13	0.0044*	-3.29	0.0274*	-0.67	0.2130
B ₂	H	0.57	0.9096	1.86	0.5242	-1.49	0.2577	0.57	0.2742
B ₃	O	16.99	0.0051*	13.39	0.0006*	2.92	0.0435*	-0.21	0.6050
B ₁₁	TxT	-	-	-	-	-	-	4.19	0.1983
B ₂₂	HxH	-	-	-	-	-	-	1.03	0.1468
B ₃₃	OxO	-	-	-	-	-	-	-1.30	0.5805
B ₁₂	TxH	-	-	-	-	-2.11	0.2559	-1.13	0.0022*
B ₁₃	TxO	-	-	-	-	-3.81	0.0581	-0.94	0.1607
B ₂₃	HxO	-	-	-	-	-1.80	0.3269	-0.31	0.0973

* Sütunlardaki ortalamalarda $P < 0,05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

T: kurutma sıcaklığı (°C), H: hava hızı (m/s), O: oksijen miktarı (%), Eİ: esmerleşme indeksi

$$\text{Delfinidin Değişimi (\%)} = \beta_0 + \beta_3 O + \varepsilon \quad (4.1)$$

$$\text{Siyanidin Değişimi (\%)} = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_3 O + \varepsilon \quad (4.2)$$

$$\text{Pelargonidin Değişimi (\%)} = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_3 O + \varepsilon \quad (4.3)$$

$$\text{Pelargonidin Değişimi (\%)} = \beta_0 + \beta_{12} TH + \varepsilon \quad (4.4)$$

Bu eşitliklerde;

O: Oksijen miktarı

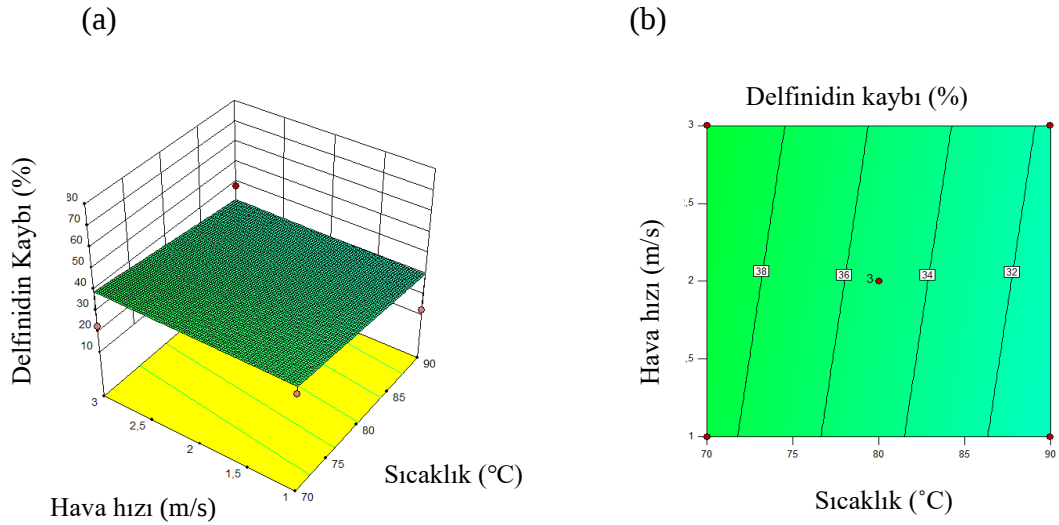
T: Sıcaklık

H: Hava hızı

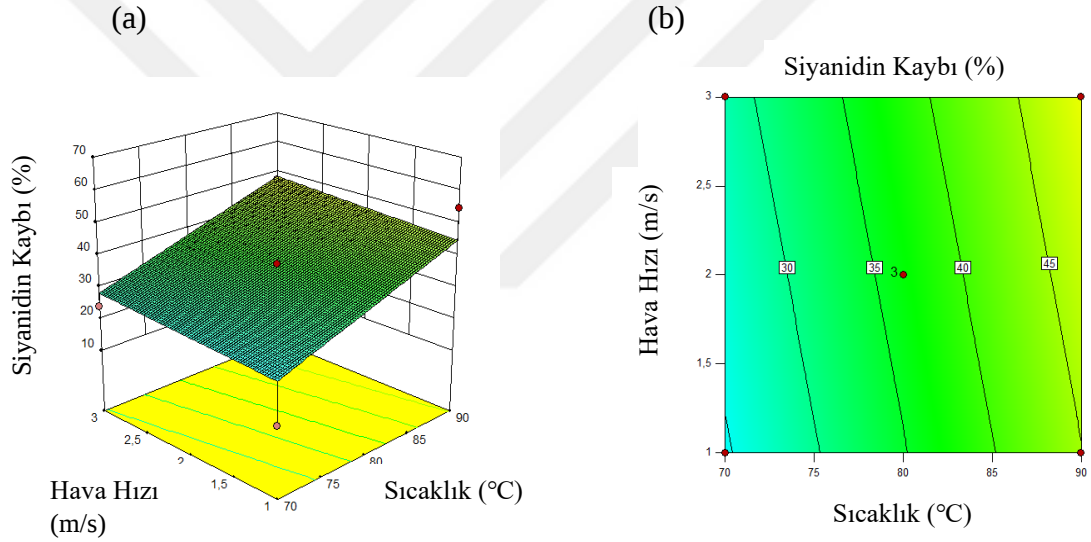
β_1 : Regresyon katsayısı

ε : Hatayı ifade etmektedir.

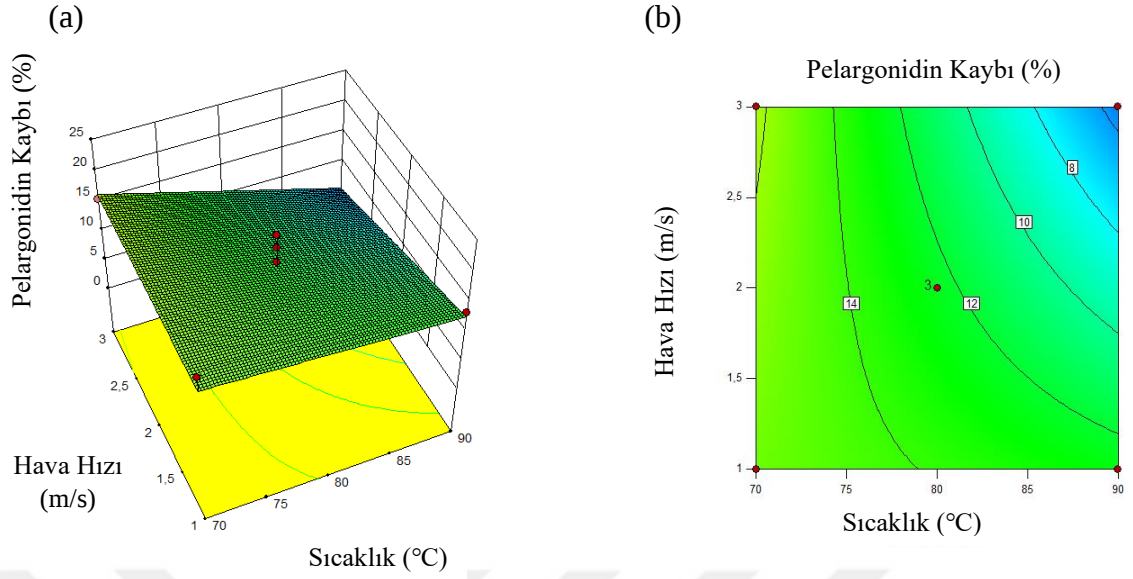
Oksijen oranı sabit tutulup, hava hızı ve sıcaklık değişimi incelendiğinde, hava hızı ve sıcaklığın delfinidin kaybı üzerine bir etkisinin olmadığı görülmektedir (Şekil 4.1). Sıcaklık ve hava hızı birlikte azaldığında siyanidin kaybı azalmaktadır (Şekil 4.2). Hava hızı ve sıcaklık arttıkça pelargonidin kaybı minimum seviyeye ulaşmaktadır (Şekil 4.3). Esmerleşme indeksi ise, hava hızı arttıkça ve sıcaklık azaldıkça maksimum seviyeye yükselmektedir (Şekil 4.4).



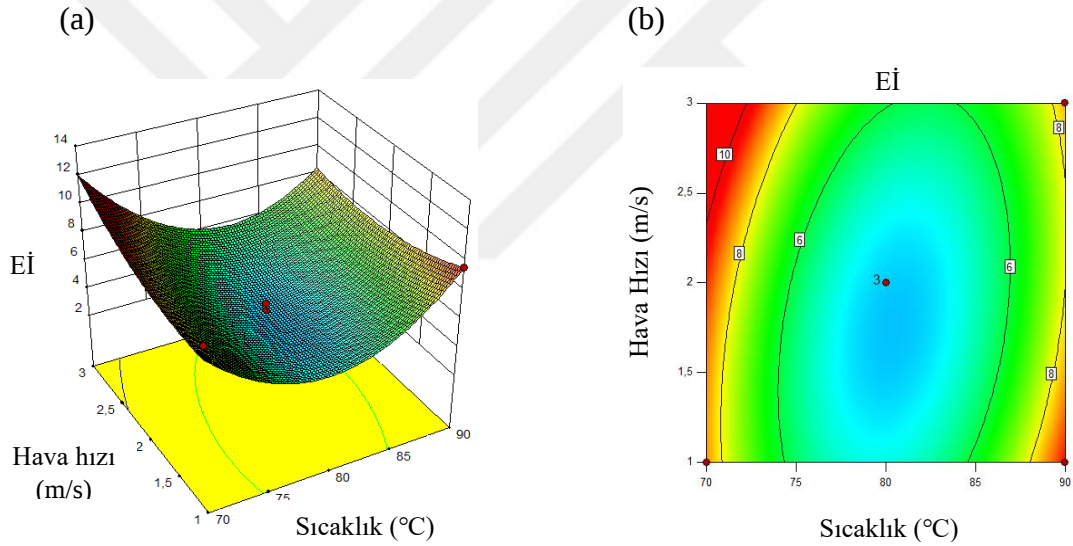
Şekil 4.1. Sabit oksijen oranında, hava hızı ve sıcaklık artışı ile delfinidin kaybı değişimi (a: izdüşüm gösterimi, b: yüzey fonksiyonu)



Şekil 4.2. Sabit oksijen oranında, hava hızı ve sıcaklık artışı ile siyanidin kaybı değişimi (a: izdüşüm gösterimi, b: yüzey fonksiyonu)

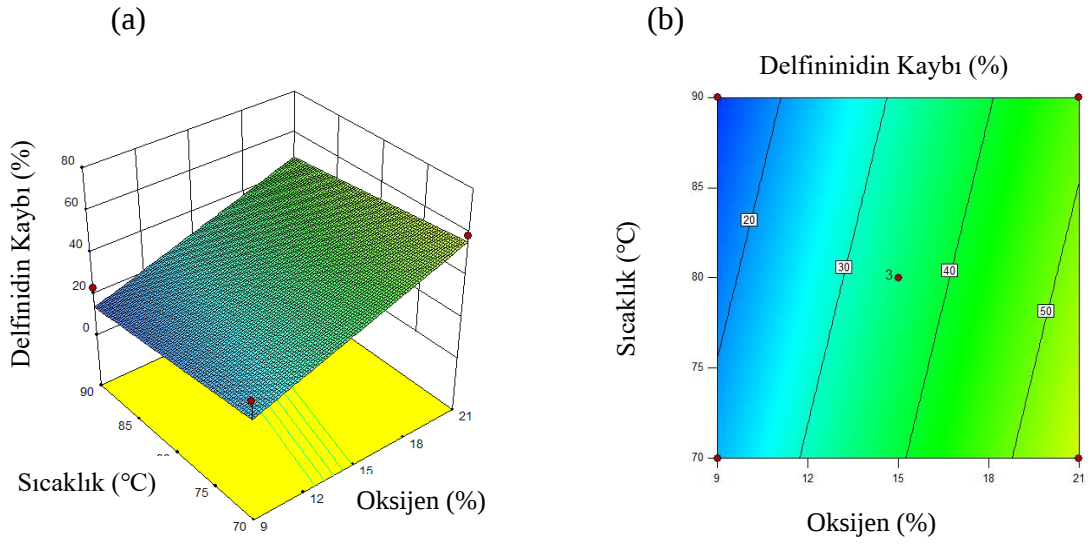


Şekil 4.3. Sabit oksijen oranında, hava hızı ve sıcaklık artışı ile pelargonidin kaybı değişimi (a: izdüşüm gösterimi, b: yüzey fonksiyonu)

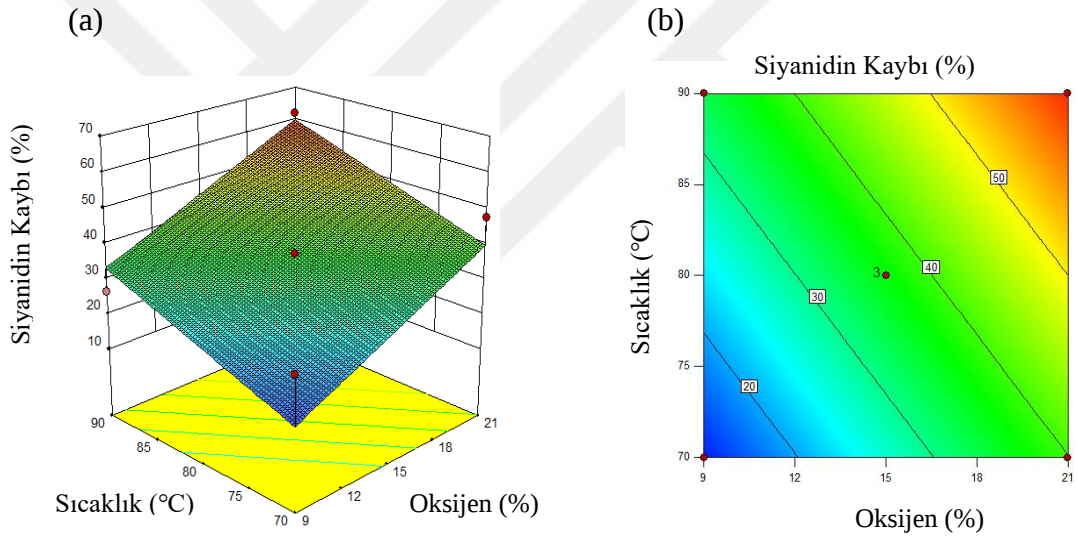


Şekil 4.4. Sabit oksijen oranında, hava hızı ve sıcaklık artışı ile EI değişimi (a: izdüşüm gösterimi, b: yüzey fonksiyonu)

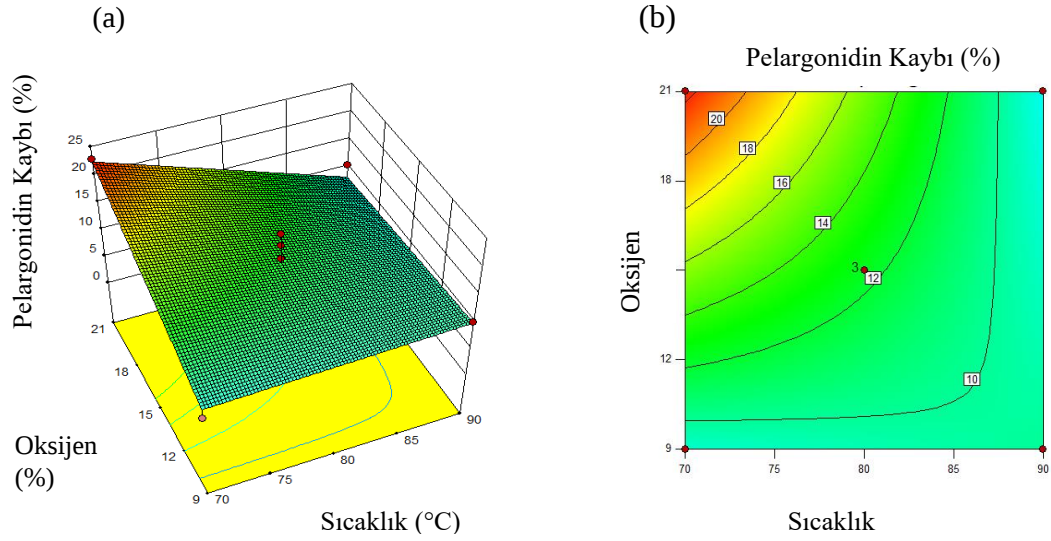
Hava hızı sabit tutulup oksijen oranı ve sıcaklık değişimi incelendiğinde, yüksek sıcaklıkta ve düşük oksijen oranında delfinidin kaybı en aza inmektedir (Şekil 4.5) Sıcaklık ve oksijen oranı azaldıkça siyanidin kaybı azalmaktadır (Şekil 4.6). Sıcaklık azalıp oksijen oranı arttıkça pelargonidin kaybı maksimum olmaktadır (Şekil 4.7). En düşük sıcaklıkta, 3 m/s hava hızında ve %15 oksijen oranında esmerleşme indeksi minimum seviyeye düşmektedir (Şekil 4.8).



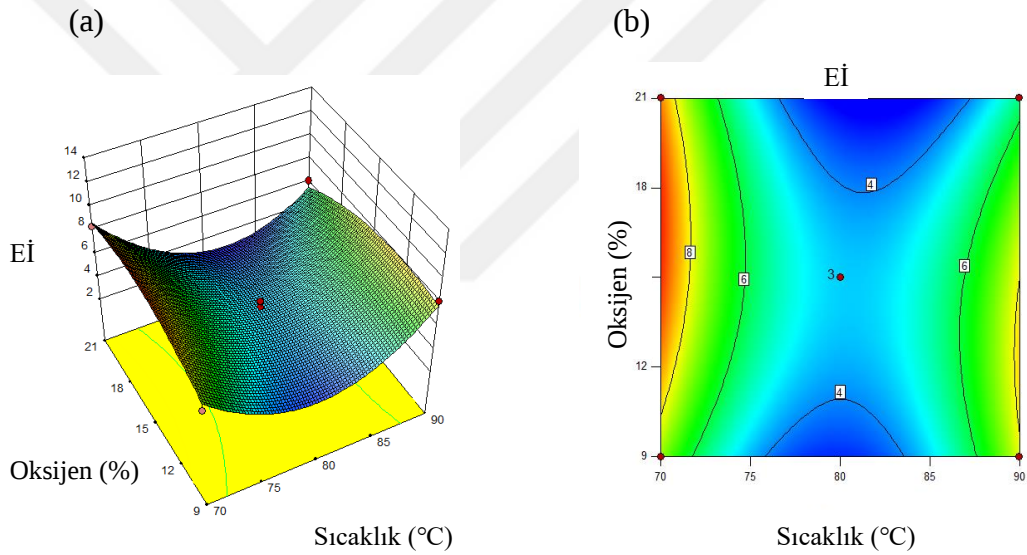
Şekil 4.5. Sabit hava hızında, oksijen oranı ve sıcaklık artışı ile delfininin kaybı değişimi (a: izdüşüm gösterimi, b: yüzey fonksiyonu)



Şekil 4.6. Sabit hava hızında, oksijen oranı ve sıcaklık artışı ile siyanidin kaybı değişimi (a: izdüşüm gösterimi, b: yüzey fonksiyonu)

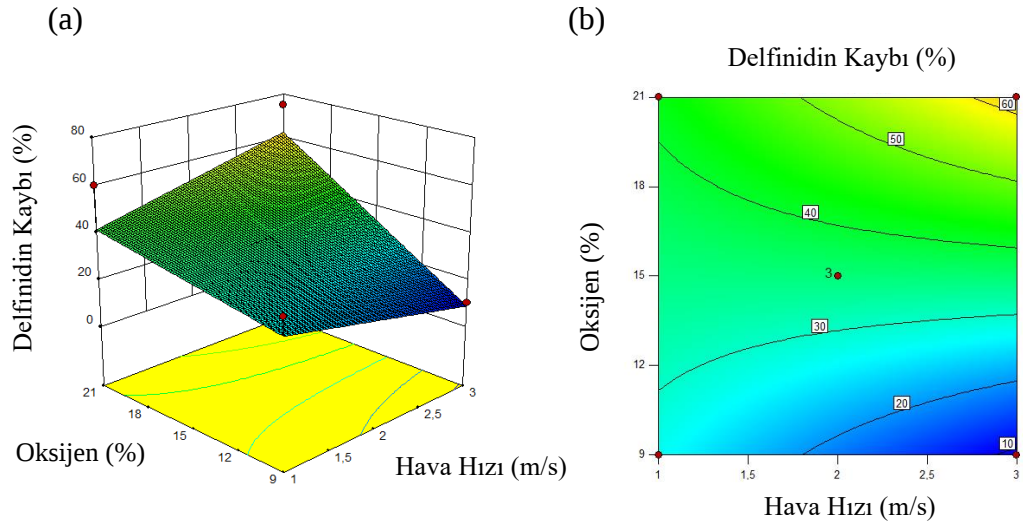


Şekil 4.7. Sabit hava hızında, oksijen oranı ve sıcaklık artışı ile pelargonidin kaybı değişimi (a: izdüşüm gösterimi, b: yüzey fonksiyonu)

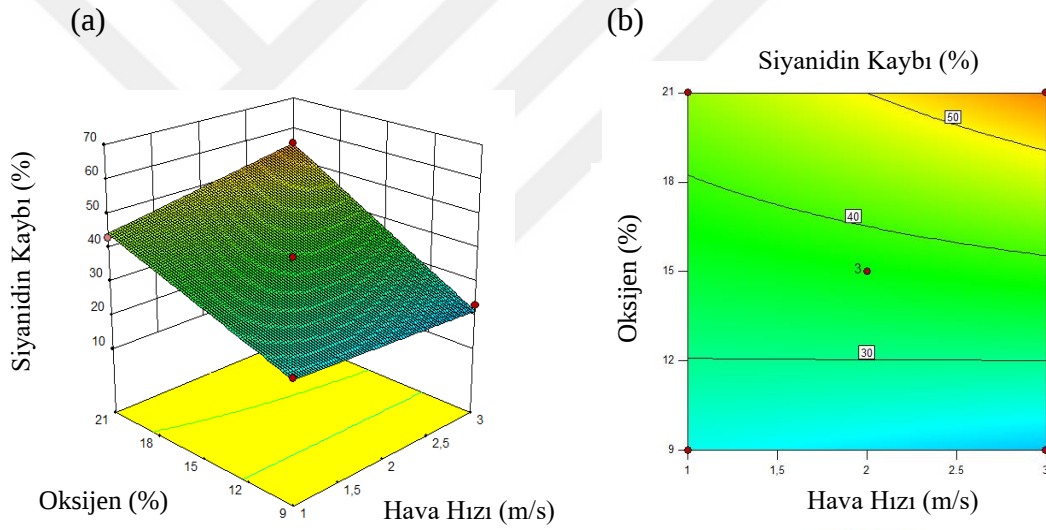


Şekil 4.8. Sabit hava hızında, oksijen oranı ve sıcaklık artışı ile Eİ değişimi (a: izdüşüm gösterimi, b: yüzey fonksiyonu)

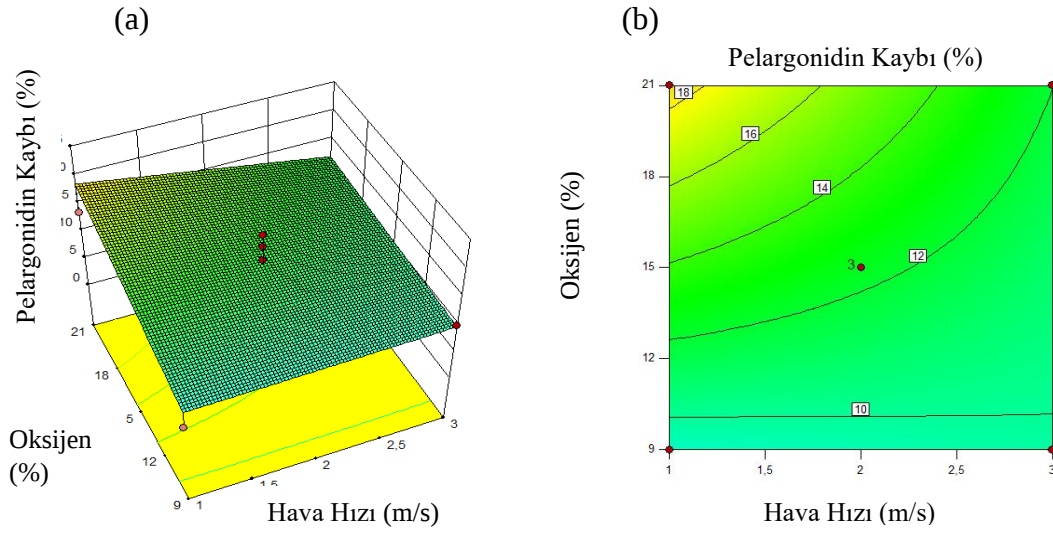
Sıcaklık sabit tutulup oksijen oranı azalıp hava hızı arttığında delfinidin kaybı en aza inmektedir (Şekil 4.9). Hava hızı ve oksijen oranı birlikte arttığında siyanidin kaybının da arttığı görülmüştür (Şekil 4.10). Oksijen oranının azalması pelargonidin kaybını azaltırken, hava hızının değişimi pelargonidin kaybına etki etmemektedir (Şekil 4.11). Hava hızı azaldıkça esmerleşme indeksi azalırken, oksijen oranı esmerleşme indeksini değiştirmemektedir (Şekil 4.12).



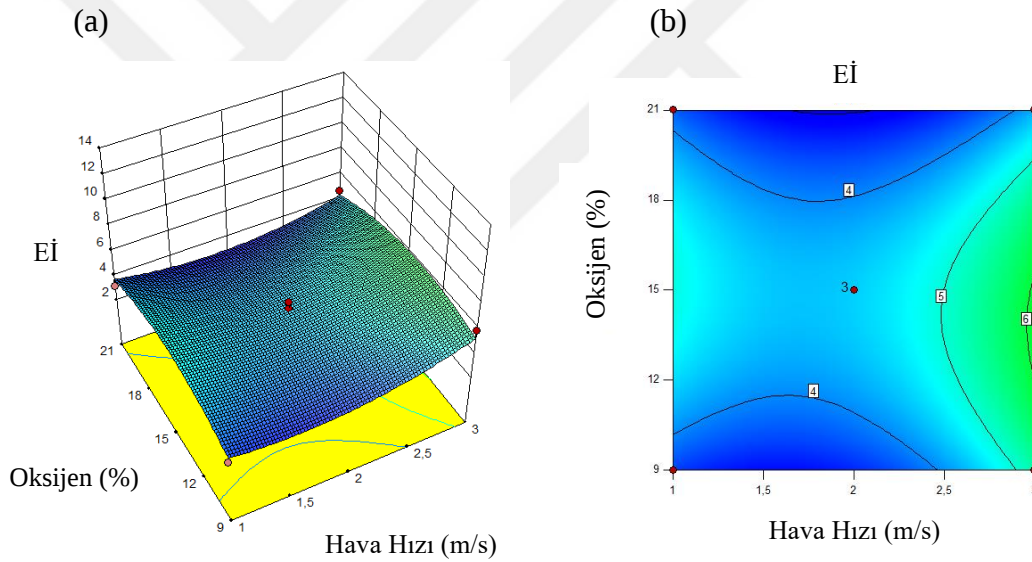
Şekil 4.9. Sabit sıcaklıkta, oksijen oranı ve hava hızı artışı ile delfinidin kaybı değişimi (a: izdüşüm gösterimi, b: yüzey fonksiyonu)



Şekil 4.10. Sabit sıcaklıkta, oksijen oranı ve hava hızı artışı ile siyanidin kaybı değişimi (a: izdüşüm gösterimi, b: yüzey fonksiyonu)



Şekil 4.11. Sabit sıcaklıkta, oksijen oranı ve hava hızı artışı ile pelargonidin kaybı değişimi (a: izdüşüm gösterimi, b: yüzey fonksiyonu)



Şekil 4.12. Sabit sıcaklıkta, oksijen oranı ve hava hızı artışı ile EI değişimi (a: izdüşüm gösterimi, b: yüzey fonksiyonu)

Optimizasyonda istatistiksel olarak kullanılan modeller Çizelge 4.3’de verilmiş olup, p değerleri %5 anlamlılık seviyesinde incelenmiştir. Bu sonuçlardan, istatistiksel açıdan test edilen sıcaklık, oksijen ve hava hızı değişkenlerinden en etkili değişkenin oksijen olduğu ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4.3. Box-Behnken desenine ile analiz edilen cevaplar için seçilen modeller ve istatistiksel analiz sonuçları

Analiz edilen parametre	Uygun model	P değeri	Uyum eksikliği	R ²	Düzeltilmiş R ²
Delfinidin-3-glikozit	Linear	0.0313	0.1637	0.5386	0.4127
Siyanidin-3-glikozit	Linear	0.0009	0.2015	0.7637	0.6993
Pelargonidin-3-glikozit	2FI	0.0474	0.2761	0.7328	0.5324
Eİ	Kuadratik	0.0475	0.1154	0.9329	0.7819

Analiz sonuçlarına göre, istatistiksel açıdan en yüksek istenebilirlik düzeyine sahip optimum kurutma şartları Çizelge 4.4’de verilmiştir. Optimum kurutma şartları kullanılarak elde edilen modeller üzerinden hesaplanan cevaplar ile optimum kurutma şartları ile üretilen örneklerin özellikleri ise Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Box-Behnken deneme desenine göre belirlenen optimum kurutma şartları

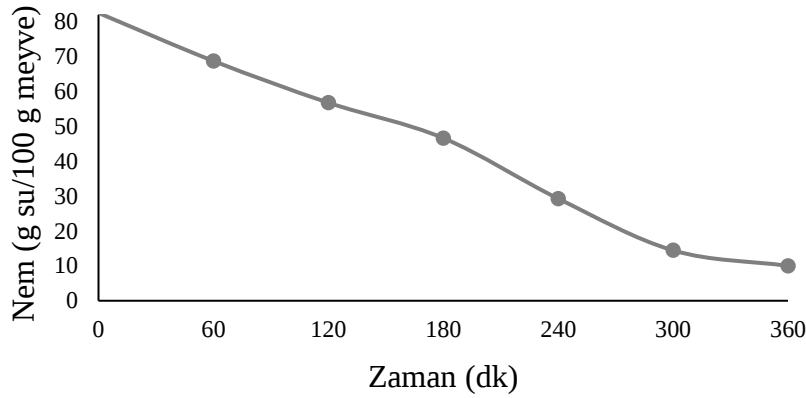
	Sıcaklık (°C)	Hava hızı (m/s)	Oksijen (%)	Delfinidin-3-glikozit	Siyanidin-3-glikozit	Pelargonidin-3-glikozit	Eİ	İstenebilirlik (%)
Minimum	70	1	9	10.56	11.63	2.77	4.77	-
Optimum	80	3	9	17.99	26.34	9.53	4.77	74.9
Maksimum	90	3	21	75.13	62.18	21.85	13,17	-

Çizelge 4.5. Optimum kurutma şartları kullanılarak elde edilen modeller üzerinden hesaplanan cevaplar ile optimum kurutma şartları ile üretilen örneklerin özellikleri

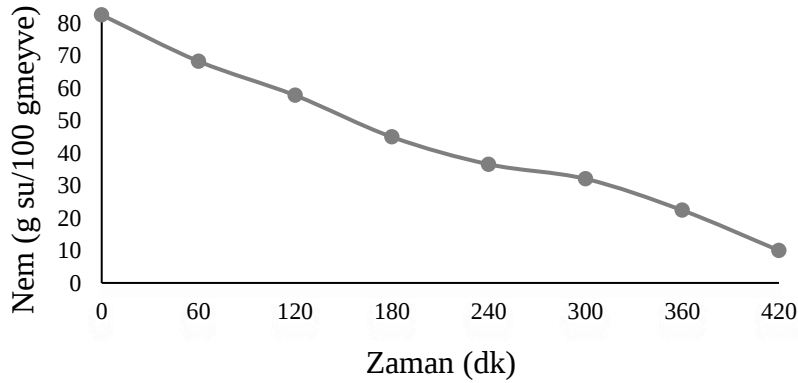
	Delfinidin-3-glikozit	Siyanidin-3-glikozit	Pelargonidin-3-glikozit	Eİ
Teorik	17.99	26.34	9.53	4.77
Deneyisel	16.92	24.82	8.57	5.06
Farklılık (%)	5.95	5.77	10.07	6.08

4.2. Kuruma Eğrileri

Kapalı döngü modifiye atmosfer kurutma (KADMAK) ve atmosferik sıcak havada kurutma (ATMK) yöntemleri ile kurutulan örneklerin zamana bağlı kuruma eğrileri oluşturulmuştur. Bu amaçla, belirlenen optimum şartlarda gerçekleştirilen kurutma çalışmalarında, rastgele seçilen yaklaşık 30 g örneğin belirli zamanlarda ağırlık ve nem değişimleri takip edilmiştir. Kurutma işlemine örneklerin nem içeriği yaklaşık %10’a düşene kadar devam edilmiştir. Her iki kurutma yöntemine ait kurutma eğrileri Şekil 4.13 ve Şekil 4.14’te gösterilmiştir.



Şekil 4.13. KADMAK kurutma yöntemine ait kuruma eğrisi (80°C, 3 m/s, %9 O₂)



Şekil 4.14. ATMK kurutma yöntemine ait kuruma eğrisi (80°C, 3 m/s)

Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'e göre KADMAK yöntemi ile kurutulan örneklerin kuruma sürelerinin ATMK yöntemi ile kurutulan örneklere göre daha az olduğu gözlemlenmiştir. KADMAK yönteminin kuruma süresini kısalttığı belirlenmiştir.

Literatürde gerçekleştirilen bir çalışmada ahududu meyvesi sıcak havada (70°C'de 2.1 m/s hava hızında) 9 saat kurutma işlemine tabi tutulmuştur (Si vd. 2016). Diğer bir çalışmada, çilek meyveleri dondurarak ve KADMAK sistemi kullanılarak kurutulmuştur. Her iki kurutma yöntemi karşılaştırıldığında, KADMAK sistemi ile kurutulan meyvelerin 6 kat daha hızlı kuruduğu tespit edilmiştir (Çam vd. 2018).

4.3. Kurutma Yöntemlerinin Ürünlerin Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Etkisi

Taze karadut meyvelerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri, kurutma ve depolama sırasında meydana gelen değişimleri incelemek amacıyla belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Taze karadut meyvelerinin bazı kalite özellikleri

Özellikler	Ortalama $\pm$ Std sapma
Toplam kurumadde miktarı (mg/kg)	17.45 $\pm$ 2.41
Su aktivitesi	0.98 $\pm$ 0.00
pH	3.66 $\pm$ 0.00
Renk	
<i>L</i>	28.42 $\pm$ 2.47
<i>a</i>	3.13 $\pm$ 0.96
<i>b</i>	-0.38 $\pm$ 0.54

4.3.1. Kurutma sırasında meydana gelen nem ve su aktivitesi değişimleri

Bu çalışmada, başlangıçta yaklaşık %82.55 nem içeriğine sahip olan karadut meyvesi yaklaşık %10 nem içeriğine kadar KADMAK ve ATMK olmak üzere iki farklı kurutma yöntemi ile kurutulmuş olup, taze meyvede 0.98 olarak bulunan su aktivitesi değeri kurutulmuş meyvelerde 0.36 ve 0.41 olarak bulunmuştur. Kurutma işlemi sonunda meyvelerin nem ve su aktivitesi değerlerine t testi uygulanmış olup, sonuçlar arasındaki farklılıklar önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutularak elde edilen karadutların nem ve su aktivitesi değerleri

Kurutma Yöntemi	Nem (g/100 g)	T değeri (P-değeri)	a_w	T değeri (P-değeri)
KADMAK	7.28 $\pm$ 0.08	0.975	0.36 $\pm$ 0.03	0.764
ATMK	7.90 $\pm$ 0.05	(0.302)	0.41 $\pm$ 0.01	(0.491)

Sonuçlar ortalama $\pm$ standart hata olarak verilmiştir.

Sütunlardaki farklı harfler ortalamalarda $P < 0,05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Taze karadut meyvesinde kuru madde miktarının %15.9-20.4 arasında olduğu bildirilmiştir (Ercisli ve Orhan 2007). Yapılan bir çalışmada ise, kuru madde miktarı %13.11-16.23 aralığında bulunmuştur (Koyuncu vd. 2004). Uygur (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı illerden alınan karadutların kurumadde miktarları %13.45 ve %17.61 olarak belirlenmiştir.

Liyofilizasyon, konveksiyonel ve vakumda kurutma işlemi uygulanan karadut örneklerinin 24 saatlik kurutma süresi sonunda su aktivitesi değerleri sırasıyla 0.29, 0.44 ve 0.33 olarak belirlenmiştir (Dobooğlu 2012).

Bu çalışmada, elde edilen nem ve su aktivitesi değerleri literatür verileri ile uyumlu bulunmuştur. Suyun mikroorganizmalar tarafından kullanılabilirliğini ifade eden su aktivitesi değerinin 0.6'nın altında olması halinde bile enzimatik ve enzimatik olmayan bazı reaksiyonlar yavaş devam edebilmektedir (Cemeroğlu 2004).

4.3.2. Kurutma sırasında meydana gelen pH değişimleri

Bu çalışmada kullanılan taze karadut meyvesinde pH değeri 3.66 olarak bulunmuştur. KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutulmuş karadut meyvelerinde ise pH değeri sırasıyla 3.76 ve 3.97 belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara t testi uygulanmış olup, sonuçlar arasındaki farklılıkların önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutulmuş karadutların pH değerleri

Kurutma Yöntemi	pH	T değeri (P-değeri)
KADMAK	3.76 ^b ±0.006	2.512
ATMK	3.97 ^a ±0.014	(0.038)

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Sütunlardaki farklı harfler ortalamalarda $P < 0,05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Literatürde gerçekleştirilen önceki bir çalışmada, taze karadut meyvesinin pH değeri 3.52-5.60 arasında bulunmuştur (Ercisli ve Orhan 2007). Elmacı ve Altuğ (2002) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise taze karadut meyvelerinin pH değeri 3.60-3.80 arasında tespit edilmiştir. Yapılan bir başka çalışmada taze karadut meyvelerinin pH değeri 3.65-4.12 ve 3.22-3.47 olarak belirlenmiştir (Koyuncu vd. 2004; Okatan vd. 2016). Erkalı (2015)'in yaptığı çalışmada taze karadut meyvelerinin pH değerlerinin 3.63-4.18 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, farklı illerinden alınan karadutların pH değerleri 3.63 ve 3.76 olarak belirlenmiştir (Uygur 2015).

Taze *M.nigra* Pendula ve *M.nigra* Shangri La dut çeşidinin pH değerleri sırasıyla 5.68 ve 4.88 olarak bulunurken, 70°C'de 17 saat boyunca kurutulan *M.nigra* Pendula dut çeşidinin pH değeri ise 4.97 olarak tespit edilmiştir (Şenol 2017). Bakkalbaşı vd. (2004) yaptığı çalışmada, farklı illerden sağlanan beyaz dut kurularının pH değerlerinin 4.60-5.54 arasında değiştiğini bildirmiştir.

Gerçekleştirilen bu tez çalışması kapsamında, taze meyvenin pH değeri Okatan vd. (2016)'nın yaptığı çalışma bulunan pH değerinden daha yüksek, Şenol (2017)'nin yaptığı çalışmada bulunan pH değerinden daha düşük değerde belirlenmiştir. Karadut meyvelerinin pH değerlerindeki bu farklılık, meyvenin yetiştirildiği iklim koşulları ve olgunluk derecesiyle ilişkilendirilmiştir (Şenol 2017).

Bu çalışmada, KADMAK yöntemi ile kurutulan meyvelerde pH değeri taze meyvenin pH değerine daha yakın bulunmuş olup, her iki kurutma yönteminde de pH değerinin arttığı görülmüştür. KADMAK yöntemi ile kurutulan meyveler daha kısa süreli ısıtma işlemine maruz kalmıştır ve bu durum KADMAK yöntemiyle kurutulan meyvelerin pH değerindeki artışın daha az olmasına neden olduğu düşünülmektedir. Bakkalbaşı vd. (2004), kurutulan dut meyvelerinin pH değerlerini, meyvelerin çeşitliliğinin, kurutma ve depolama koşullarının ve kurutma süresinin etkilediğini bildirmiştir.

4.3.3. Kurutma sırasında meydana gelen renk değişimleri

Bu çalışmada kullanılan taze meyvelerin L , a ve b değerleri sırasıyla 28.42, 3.13 ve -0.38 bulunurken, KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutulmuş karadut meyvelerinin sırasıyla L , a , ve b değerleri 28.38 ve 30.31 olarak, 2.78 ve 2.69 olarak, -0.35 ve -0.37 olarak belirlenmiştir. Kurutma işlemi ile meyvenin L , a ve b renk değerlerinde meydana gelen değişimler sonucu hesaplanan esmerleşme indeksi değerleri 5.02-5.65 arasında bulunmuştur. T testi uygulanan esmerleşme indeksi değerleri arasındaki farklılıklar önemli bulunmamış olup ve sonuçlar Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9. KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutularak elde edilen karadutların renk değerleri

Kurutma Yöntemi	L	a	b	Eİ	T değeri (P-değeri)
KADMAK	28.38±0.27	2.78±0.60	-0.35±0.27	5.65±1.22	-0.287
ATMK	30.31±0.35	2.69±0.29	-0.37±0.16	5.02±0.47	(0.152)

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Sütunlardaki farklı harfler ortalamalarda $P<0,05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Ülkemizde yetişen taze karadut meyvelerinin L , a ve b değerlerinin sırasıyla 12.84-26.82, 6.13-21.69 ve 1.37-9.44 arasında değiştiği görülmüştür (Koyuncu vd. 2004; Erkalı 2015; Uygur 2015).

Yapılan bir çalışma sonucunda, karadut meyvesinde 17.29 olarak bulunan L değeri, bu meyvenin reçele işlenmesi sonucunda 18.28-18.81 olarak bulunmuştur. Meyve ve sebzelerde kırmızı rengin yoğunluğunu gösteren a değeri karadut meyvelerinde 15.80 olarak belirlenirken, ısıtma işlemin derecesine ve süresine göre antosiyanin pigmentlerinin bozulması sonucunda reçel örneklerinde 3.19-6.47 olarak değişim göstermiştir. b değeri ise reçel örneklerinde 0.61-2.22 olarak belirlenmiştir (Tokbaşı 2009).

Yapılan bir çalışmada, karadut suyunun L değeri 7.81, a değeri 8.07 ve b değeri 4.16 olarak bulunmuştur ve ısıtma işlemi bu değerlerin azalmasına neden olmuştur (Sernikli 2015). Boranbayeva (2011) yaptığı çalışmada, karadut suyunun L değerlerini 20.33 ve 20.34 olarak, a değerlerini 2.0 ve 1.89 ve b değerlerini -0.64 ve -0.36 olarak belirlemiştir.

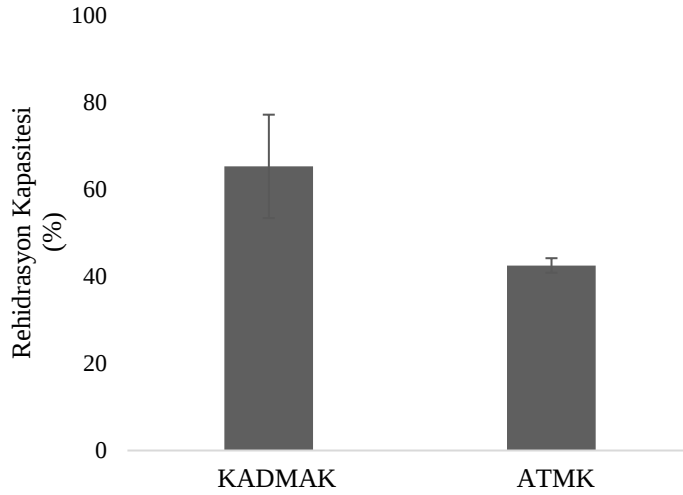
Karadut meyvelerinin renk değerleri arasındaki farklılığın, meyvenin olgunluk derecesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatür verileri incelendiğinde, meyvelerin çeşitli ürünlere işlenmesi, kurutulması ve depolanması sonucu renk değerlerinin de değiştiği görülmüştür.

Bu çalışmada, kurutma işlemi ile meyvenin L , a ve b renk değerlerinde meydana gelen değişimler sonucu hesaplanan esmerleşme indeksi değerlerinin 5.02-5.65 arasında belirlendiği ve t testi sonuçlarına göre örneklerin esmerleşme indeksi değerleri arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık bulunmadığı görülmüştür. Kurutulmuş ürünlerde kahverengi pigment oluşumunun ve ürün kalitesinin bir göstergesi olan esmerleşme indeksi değerlerinin düşük olması istenmektedir (Özen 2015). KADMAK yöntemi ile

kurutulan karadut meyvelerinde esmerleşme indeksi değerinin ATMK yöntemi ile kurutulan karadut meyvelerinin esmerleşme indeksi değerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Karadut meyvelerinin kurutulduğu sınırlı sayıda çalışma bulunması nedeniyle diğer üzüksü meyvelerin kurutulduğu çalışmalar incelenmiştir. Çam vd. (2018) yaptıkları çalışmada, 60-80°C sıcaklık, 1-3 m/s hava hızı ve %5-13 oksijen seviyesinde KADMAK ve ATMK yöntemi ile kurutulan çilek meyvelerinin esmerleşme indeksi değerini 38.59-64.70 arasında belirlemiştir. Esmerleşme indeksi değeri, meyvelerin türüne ve kurutma koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermiştir.

4.3.4. Kurutulmuş karadutların rehidrasyon özellikleri

Bu çalışmada KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutulmuş karadut meyvelerinin rehidrasyon kapasitesi sırasıyla %42.50 ve %65.26 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.15). T testi sonuçlarına göre örneklerin rehidrasyon kapasiteleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar bulunmuştur (Çizelge 4.10).



Şekil 4.15. Kurutulmuş karadutların rehidrasyon kapasiteleri

Çizelge 4.10. KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutularak elde edilen karadutların rehidrasyon kapasitesi değerleri

Kurutma Yöntemi	Rehidrasyon Kapasitesi	T değeri (P-değeri)
KADMAK	65.26 ^a ±11.87	-2.367
ATMK	42.50 ^b ±1.67	(0.045)

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Sütunlardaki farklı harfler ortalamalarda $P < 0,05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

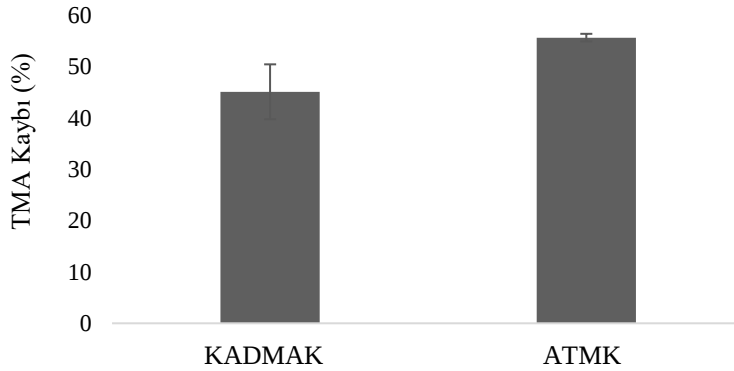
Liyofilizasyon işlemi ile kurutulmuş karadut örneklerinde ağırlık kazanımının %78, vakumlu kurutulmuş örneklerde %73 ve konveksiyonel kurutulmuş örneklerde %45 oranında olduğu tespit edilmiştir (Dobooğlu 2012).

KADMAK ve çeşitli kurutma yöntemleri ile kurutulan çilek meyvelerinin rehidrasyon kapasitesinin %55-67 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Çam 2016).

Kurutulmuş ürünlerde rehidrasyon kapasitesinin yüksek olması istenmektedir. Bu çalışmada tespit edilen rehidrasyon kapasitesi değerlerine göre KADMAK yöntemi daha olumlu sonuç vermiştir. Bu çalışmanın, ATMK yöntemi ile kurutulan meyvelerin rehidrasyon kapasitelerinin diğer kurutma yöntemleri ile kurutulan meyvelerin rehidrasyon kapasitelerinden daha düşük olması açısından Dobooğlu (2012)'nin yaptığı çalışma ile uyumlu olduğu görülmüştür. Bu durum, geleneksel kurutma işlemlerinde üründe büzüşme ve parçalanmaların oluşması, hücre ve dokuların kapiler yapısının bozulması, ayrıca ısı etkisiyle ve kuruma sonucunda hücredeki tuzların konsantrasyonu artması, proteinlerin denatüre olması ve artık suyu tekrar absorbe etme ve bağlama yeteneğini büyük oranda kaybetmesi, nişasta ve gam maddelerinin de daha az hidrofilik özellik göstermesi ve hücre duvarının eskisi gibi esnek olmaması gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır (Cemeroğlu 2004).

4.3.5. Kurutma sırasında toplam monomerik antosiyanin miktarı değişimleri

Kurutma sırasında karadut meyvelerinin toplam monomerik antosiyanin (TMA) miktarında meydana gelen kayıp (%) olarak Çizelge 4.11'de verilmiş ve Şekil 4.16'da gösterilmiştir. TMA kaybı, ATMK yönteminde %55.62 bulunurken, KADMAK yönteminde %45.07 olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada TMA kaybı analiz sonuçlarına t testi uygulanmış olup, sonuçlar arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar bulunmuştur.



Şekil 4.16. Kurutulmuş karadutların TMA kaybı değerleri

Çizelge 4.11. KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutularak elde edilen karadutların antosiyanin kaybı sonuçları

Kurutma Yöntemi	Toplam monomerik antosiyanin kaybı (%)	T değeri (P-değeri)
KADMAK	45.07 ^b ±5.35	2.877
ATMK	55.62 ^a ±0.74	(0.024)

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Sütunlardaki farklı harfler ortalamalarda $P < 0,05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Dobooğlu (2012)'nin yaptığı çalışmada, konveksiyonel kurutulan karadut meyvelerinin toplam antosiyanin miktarında %80 oranında, vakumlu kurutulan meyvelerin antosiyanin miktarında %78 oranında, liyofilizasyon yöntemiyle kurutulan meyvelerin antosiyanin miktarında ise %32 oranında azalma olduğu gözlenmiştir. Yüksek ısı ile işleme maruz kalan meyvelerde antosiyanin pigmentlerin yıkıma uğradığı, buna karşılık liyofilizasyon yönteminde düşük ısı ile işlem uygulandığından toplam antosiyanin miktarının büyük oranda korunduğu saptanmıştır.

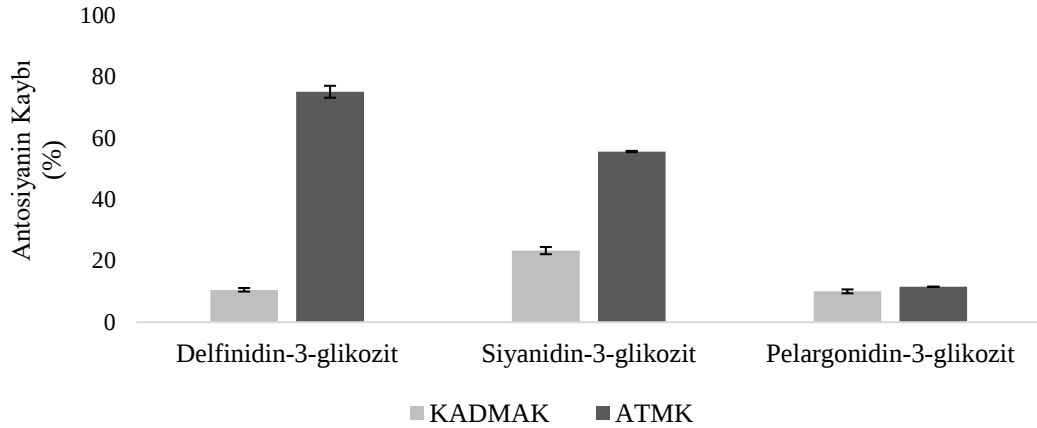
Toplam monomerik antosiyanin miktarı, *M.nigra* Shangri La dut çeşidinde 2.17 mg/g, *M.nigra* Pendula dut çeşidinde 0.47 mg/g olarak belirlenmiş olup, kurutulmuş *M.nigra* Pendula dut çeşidinde 0.18 mg/g olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, 70°C'de kurutma işlemi sonunda toplam monomerik antosiyanin miktarının %62.6 oranında kayba uğradığı görülmüştür (Şenol 2017).

Literatür verileri incelendiğinde, toplam monomerik antosiyanin miktarının meyvenin çeşidine ve yetiştirilme koşullarına göre değişiklik gösterdiği ve sıcak havada kurutma yöntemi uygulanan meyvelerde daha fazla toplam monomerik antosiyanin miktarı kaybının olduğu, kurutma işleminde sıcaklık arttıkça kaybın da arttığı belirlenmiştir. Bu çalışmada, KADMAK yöntemi ile kurutulan meyvelerde bu kaybın daha az olduğu tespit edilmiştir.

TMA kayıplarına ait sonuçlar, bireysel antosiyanin sonuçlarıyla yeterince uyumlu bulunmamıştır. Bu durum, yöntemsel farklılıklarla ilişkili olarak değerlendirilmiştir.

4.3.6. Kurutma sırasında antosiyanin profili değişimi

Bu çalışmada kullanılan taze karadut meyvelerinde bulunan antosiyaninler; delfinidin-3-glikozit (1623.06 mg/kg), siyanidin-3-glikozit (316.52 mg/kg) ve pelargonidin-3-glikozit (322.23 mg/kg) olarak tespit edilmiştir. KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutulmuş karadut meyvelerinde ise, delfinidin-3-glikozit 403.64-1451.60 mg/kg, siyanidin-3-glikozit 140.38-242.64 mg/kg ve pelargonidin-3-glikozit 285.02-289.76 mg/kg arasında belirlenmiştir. KADMAK yönteminde delfinidin-3-glikozit kaybı %10.56, siyanidin-3-glikozit kaybı %23.34 ve pelargonidin-3-glikozit kaybı ise %10.08 olarak saptanmış olup, bu kayıplar ATMK yönteminde sırasıyla %75.13, %55.65 ve %11.55 olarak saptanmıştır. T testi uygulanan analiz sonuçları arasında özellikle delfinidin-3-glikozit ve siyanidin-3-glikozit kayıplarındaki farklılıkların çok belirgin olduğu görülmüştür (Şekil 4.17 ve Çizelge 4.12).



Şekil 4.17. Farklı yöntemlerle kurutulmuş karadutların antosiyanin kaybı değerleri

Çizelge 4.12. KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutulmuş karadutların antosiyanin kaybı sonuçları

Kurutma Yöntemi	Delfinidin-3-glukozit	T değeri (P-değeri)	Siyanidin-3-glukozit	T değeri (P-değeri)	Pelargonidin-3-glukozit	T değeri (P-değeri)
KADMAK	10.56 ^b ±0.59	20.652	23.34 ^b ±1.17	17.222	10.05 ^b ±0.64	9.161
ATMK	75.13 ^a ±1.95	(0.015)	55.65 ^a ±0.21	(0.021)	11.55 ^a ±0.05	(0.040)

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Sütunlardaki farklı harfler ortalamalarda $P < 0,05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Gregorio vd. (2011) yaptıkları çalışmada, taze *M. nigra* meyvesinde başlıca antosiyaninleri siyanidin-3-glukozit ve siyanidin-3-rutinosit olarak tespit etmiştir. Taze meyvede toplam antosiyanin miktarı 2300-3000 mg/kg arasında belirlenmiştir.

Erbay (2011)'in karadut suyunda yaptığı bir çalışmada, antosiyaninlerin %51.4'ünün siyanidin-3-glukozitten (1233 mg/L), %44'ünün siyanidin-3-rutinositten (1056 mg/L) ve %4.6'sının pelargonidin-3-glukozitten (109 mg/L) oluştuğu bildirilmiştir.

Gerçekleştirilen bu tez çalışması sonuçlarına göre, karadut meyvesine temel rengini veren ve sağlık açısından önemli bir bileşen olan antosiyaninlerin, KADMAK yöntemi ile kurutmada önemli düzeyde korunduğu görülmüştür. KADMAK yönteminin antosiyaninleri korumada ATMK yöntemine göre daha uygun bir yöntem olduğu belirlenmiştir.

4.4. Depolamanın Ürünün Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi

Kurutulmuş karadut örnekleri oda sıcaklığında (20-25°C) depolanmış ve depolanmasının 0., 30. ve 60. günlerinde örneklerde nem ve su aktivitesi, renk değişimi ve esmerleşme indeksi, rehidrasyon kapasitesi ve toplam monomerik antosiyanin kaybı incelenmiştir.

4.4.1. Depolama sırasında karadutların nem ve su aktivitesi değişimleri

Depolamaya tabi tutulan örneklerin nem ve su aktivitesi değerlerine ait t testi sonuçları Çizelge 4.13’de verilmiştir. Bu çalışmada, %82.55 nem içeriğine sahip taze karadut meyvesi yaklaşık %10 nem içeriğine kadar kurutulmuştur. Su aktivitesi değeri kurutulmuş meyvelerde 0.36 ve 0.41 olarak değişim göstermiştir. KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutulmuş meyvelerde su aktivitesi değeri depolamanın 30. gününde 0.41 ve 0.46 olarak, 60. gününde ise, 0.37 ve 0.42 olarak bulunmuştur. Sonuçlara t testi uygulandığında nem ve su aktivitesi değişimleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık elde edilmemiştir. 0., 30. ve 60. günlerdeki analiz sonuçlarına Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulandığında, depolamanın 30. gününde önemli farklılık olduğu görülmüştür (Çizelge 4.14 ve Çizelge 4.15).

Çizelge 4.13. Depolama sırasında karadutların nem ve su aktivitesi değişimleri

Kurutma Yöntemi	Depolama Süresi (gün)	Nem (g/100 g)	T değeri (P-değeri)	a_w	T değeri (P-değeri)
KADMAK	0	7.28±0.10	0.975	0.36±0.03	0.764
ATMK		7.90±0.05	(0.302)	0.41±0.01	(0.491)
KADMAK	30	10.00±0.41	1.092	0.41±0.02	-0.025
ATMK		9.55±0.08	(0.336)	0.46±0.02	(0.507)
KADMAK	60	8.12±0.19	0.032	0.37±0.01	0.762
ATMK		8.10±0.29	(0.976)	0.42±0.01	(0.489)

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Çizelge 4.14. KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutularak elde edilen karadutların depolama süresine bağlı nem değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kurutma Yöntemi	Zaman (gün)		
	0	30	60
KADMAK	7.28 ^b ±0.10	10.00 ^a ±0.41	8.12 ^b ±0.19
ATMK	7.90 ^b ±0.05	9.55 ^a ±0.08	8.10 ^b ±0.29

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Satırlardaki farklı harfler ortalamaların $P<0,05$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir

Çizelge 4.15. KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutularak elde edilen karadutların depolama süresine bağlı su aktivitesi değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kurutma Yöntemi	Zaman (gün)		
	0	30	60
KADMAK	0.36 ^b ±0.03	0.41 ^a ±0.02	0.37 ^b ±0.01
ATMK	0.41 ^b ±0.01	0.46 ^a ±0.02	0.42 ^b ±0.01

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Satırlardaki farklı harfler ortalamaların $P<0,05$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada, her iki kurutma yönteminde de kurutulan ve 60 gün boyunca depolanan karadut meyvelerinin nem değerlerinin %10'un üzerine çıkmamış olması ve mikroorganizmalar tarafından suyun kullanılabilirliğini ifade eden su aktivitesi değerlerinin 0.6'nın altında olması halinde bile enzimatik ve enzimatik olmayan bazı reaksiyonlar yavaş devam edebilmektedir (Cemeroğlu 2004).

4.4.2. Depolama sırasında karadutların esmerleşme indeksi değişimleri

Tez çalışmasında, kurutulmuş karadut meyvelerinin esmerleşme indeksi 5.02 ve 5.65 olarak bulunmuş olup, esmerleşme indeksi depolama süresindeki artış ile artmış ve 6.21-7.03 değerleri arasında değişiklik göstermiştir. Depolamanın 60. gününde ise esmerleşme indeksi 9.61-10.94 arasında belirlenmiştir. Kurutulmuş meyvelerin analiz sonuçlarına t testi uygulandığında her iki kurutma yönteminde de esmerleşme indeksi değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık tespit edilememiştir (Çizelge 4.16). Ancak, 0., 30. ve 60. depolama günlerine Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulandığında sonuçlar arasında istatistiki açıdan önemli farklılıklar bulunmuştur (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.16. Depolama sırasında karadutların esmerleşme indeksi değişimleri

Kurutma Yöntemi	Depolama Süresi (gün)	Eİ	T değeri (P-değeri)
KADMAK	0	5.65±1.22	-0.287
ATM		5.02±0.46	(0.152)
KADMAK	30	6.21±0.73	0.870
ATM		7.03±0.59	(0.433)
KADMAK	60	9.61±0.33	1.649
ATMK		10.94±0.19	(0.332)

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Çizelge 4.17. KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutularak elde edilen karadutların depolama süresine bağlı olarak esmerleşme indeksi değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kurutma Yöntemi	Zaman (gün)		
	0	30	60
KADMAK	5.65 ^c ±1.22	6.21 ^b ±0.73	9.61 ^a ±0.33
ATMK	5.02 ^c ±0.47	7.03 ^b ±0.59	10.94 ^a ±0.19

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Satırlardaki farklı harfler ortalamaların $P < 0,05$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir

Antosiyaninlerin pH, kopigment, sıcaklık, ışık, şeker, metal iyonları, enzimler, oksijen ve parçalanma ürünleri gibi birçok faktörün etkisiyle bozularak kendilerine özgü pembe, kırmızı, mavi ve mor renklerini kaybettikleri bildirilmiştir (Turfan 2008). Bu çalışmada, hem kurutma işlemi sırasında hem de depolama işlemi boyunca, bu faktörlerin etkisiyle karadut meyvesinde bulunan antosiyaninler değişime uğramış ve

kahverengi pigment oluşumu artmıştır. Depolamanın 30. ve 60. günlerinde yapılan esmerleşme indeksi analizlerinde, KADMAK yöntemi ile kurutulan karadut örneklerinin esmerleşme indeksi sonuçları, ATMK kurutulan örneklerle göre daha düşük bulunmuştur. KADMAK yöntemi ile kurutma işleminin daha başarılı olduğu görülmüştür.

4.4.3. Depolama sırasında karadutların rehidrasyon kapasitesi

Çalışmada, kurutulmuş meyvelerin suyun içerisine konulup yeniden eski haline gelebilme özelliği olan rehidrasyon yeteneğinin depolama zamanına bağlı değişimi incelenmiştir (Çizelge 4.18). Kurutma işlemi sonrasında %42.50 ve %65.26 olarak belirlenen bu değer, 30 gün depolama işleminden sonra %46.15 ve 64.97 olarak, 60 gün depolama işleminden sonra %47.77 ve %66.63 olarak bulunmuştur. KADMAK kurutma yönteminde rehidrasyon kapasitesinin daha yüksek olduğu ve t testi uygulanan sonuçlarda istatistiksel açıdan önemli farklılık olduğu belirlenmiştir. Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanan analiz sonuçları arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık bulunmamıştır (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.18. Depolama sırasında karadutların rehidrasyon kapasitesi değişimleri

Kurutma Yöntemi	Depolama Süresi (gün)	Rehidrasyon Kapasitesi	T değeri (P-değeri)
KADMAK	0	65.26 ^a ±11.87	-2.367
ATMK		42.50 ^b ±1.67	(0.045)
KADMAK	30	64.97 ^a ±9.77	-2.207
ATMK		46.15 ^b ±2.75	(0.049)
KADMAK	60	66.63 ^a ±11.45	-2.426
ATMK		47.77 ^b ±5.80	(0.043)

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Sütunlardaki farklı harfler ortalamalarda $P < 0,05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Çizelge 4.19. KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutulan karadutların depolama sırasındaki rehidrasyon kapasitesine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kurutma Yöntemi	Zaman (gün)		
	0	30	60
KADMAK	65.26±11.87	64.97±9.77	66.63±11.45
ATMK	42.50±1.67	46.15±2.75	47.77±5.80

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Geleneksel kurutma işlemlerinde üründe buruşma ve parçalanmaların oluşması, hücre ve dokuların kapiler yapısının bozulması, ayrıca ısı etkisiyle ve kuruma sonucunda hücredeki tuzların konsantre olması, proteinlerin denatüre olması ve artık suyu tekrar absorbe etme ve bağlama yeteneğini büyük oranda kaybetmesi, nişasta ve gam maddelerinin de daha az hidrofilik özellik göstermesi ve hücre duvarının eskisi gibi esnek olmaması gibi nedenlerle ürünün rehidrasyon yeteneğinin olumsuz yönde

etkilendiği bildirilmiştir (Cemeroğlu 2004). Bu çalışmada, geleneksel bir kurutma yöntemi olan sıcak havada kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin rehidrasyon kapasitesi, KADMAK kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin rehidrasyon kapasitelerine göre daha düşük bulunmuştur.

4.4.4. Depolama sırasında karadutların toplam monomerik antosiyanin kaybı

Bu çalışmada, KADMAK ve ATMK yöntemleri ile kurutulan karadut örneklerinde toplam monomerik antosiyanin (TMA) kaybı %45'in ve 30 gün boyunca depolanan karadut örneklerinin TMA kaybı %63'ün üzerinde bulunmuştur. 60 gün boyunca depolanan örneklerde ise TMA kaybı %71'in üzerine çıkmıştır. Bu sonuçlara göre, depolama süresinin artmasıyla antosiyanin kayıplarının arttığı belirlenmiştir. İki kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin TMA kaybı sonuçlarının istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.20 ve Çizelge 4.21).

Çizelge 4.20. Depolama sırasında karadutların toplam monomerik antosiyanin kaybı

Kurutma Yöntemi	Depolama Süresi (gün)	Toplam monomerik antosiyanin kaybı (%)	T değeri (P-değeri)
KADMAK	0	45.07 ^b ±5.35	2.877
ATMK		55.62 ^a ±0.74	(0.024)
KADMAK	30	63.72 ^b ±1.89	1.916
ATMK		68.89 ^a ±3.23	(0.042)
KADMAK	60	71.98 ^b ±2.33	1.890
ATMK		76.63 ^a ±2.49	(0.049)

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Sütunlardaki * ortalamalarda $P < 0,05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Çizelge 4.21. KADMAK yöntemi ile kurutulan karadutların depolama sırasındaki TMA analizine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kurutma Yöntemi	Zaman (gün)		
	0	30	60
KADMAK	45.07 ^b ±5.35	63.72 ^a ±1.89	71.98 ^a ±2.33
ATMK	55.62 ^b ±0.74	68.89 ^a ±1.23	76.63 ^a ±2.49

Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

Satırlardaki farklı harfler ortalamaların $P < 0,05$ seviyesinde farklı olduğunu göstermektedir

Yapılan bir çalışma sonucunda, karadut suyu 80°C'de 7 saat boyunca ısıtıldığında ve spektrofotometrik yöntemle analiz edildiğinde antosiyanin miktarının %55 oranında azaldığı, HPLC yöntemi ile analiz edildiğinde ise siyanidin-3-glikozit miktarının %66, siyanidin-3-rutinosid miktarının %56, pelargonidin-3-glikozit miktarının ise %87 oranında azaldığı görülmüştür. Karadut suyu konsantreleri 20°C'de 65 gün boyunca depolandığında ve spektrofotometrik yöntem ile analiz edildiğinde antosiyanin miktarının %49 oranında, HPLC yöntemi ile analiz edildiğinde ise siyanidin-3-glikozit miktarında %61, siyanidin-3-rutinosid miktarında %48,

pelargonidin-3-glikozit miktarı %75 oranında azaldığı belirlenmiştir. Antosiyaninlerin parçalanmasında en önemli etkenin oksijenin varlığı olduğu belirtilmiştir (Erbay 2011).

Karadut suyunun 20°C’de 8 ay boyunca depolanması sonucunda, toplam monomerik antosiyanin miktarında %27.78 oranında kaybın, 30°C’de 8 ay boyunca depolanması sonucunda ise %49.09 oranında kaybın olduğu tespit edilmiştir. Karadut konsantresinin 20°C’de 8 ay boyunca depolanması ile bu kayıp %64.48 olurken, 30°C’de 8 ay boyunca depolanması ile %89.23 olmuştur. Depolama sıcaklığının artmasıyla ürünlerin antosiyanin miktarındaki kayıpların arttığı rapor edilmiştir (Boranbayeva 2011).

Bu çalışmada ve literatür verilerinde görüldüğü gibi, ısıtılma ve depolama süresine bağlı olarak toplam antosiyanin miktarında kayıplar meydana gelmektedir. Sağlık açısından oldukça önemli olan ve meyveye rengini veren bu bileşenin kurutma işlemi sonrasında, taze meyveye en yakın seviyede bulunması istenmektedir. Depolama süresi arttıkça her iki kurutma yönteminde de kayıpların arttığı, ancak KADMAK yönteminde kurutulan meyvelerde bu kayıpların daha az olduğu görülmüştür.

5.SONUÇLAR

Bu çalışmada, hasattan sonra muhafaza süresi kısa olan karadut (*Morus nigra*) meyvesini sıcak hava ve kapalı döngü modifiye atmosferde kurutma yöntemiyle, besin değerini ve fonksiyonel bileşenlerini mümkün olduğunca koruyarak, mevsimi dışında tüketilebilecek ve ihraç edilerek ülke ekonomisine katma değer yaratılabilecek nitelikli bir ürün elde edilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, ATMK ve KADMAK yöntemleriyle kurutulan karadut meyveleri depolanmış ve elde edilen ürünlerin bazı özellikleri karşılaştırılmıştır.

Kurutma koşulları sıcaklık, hava hızı ve oksijen seviyesi açısından optimize edilmiş; 80°C sıcaklık, 3 m/s hava hızı, %9 O₂ seviyesi optimum koşullar olarak belirlenmiştir.

Başlangıçta %82.55 su içeriğine sahip olan karadut meyvesi %10 nem içeriğine kadar ATMK ve KADMAK yöntemleriyle kurutulmuş olup, kurutma işlemi sonucunda su aktivitesi değerleri 0.36 ve 0.41 olarak bulunmuştur. Bu değerler depolamanın 30. gününde 0.41 ve 0.46 olarak, 60. gününde ise, 0.37 ve 0.42 olarak değişmiştir.

Taze meyvelerin pH değeri 3.66 civarında iken, karadut meyvesi kurutulduktan sonra pH değeri 3.76 ve 3.97 olarak ölçülmüştür. Her iki kurutma yöntemi sonrasında, pH değerleri arasında önemli farklılıklar bulunmuştur.

Analiz işlemleri sonucunda, renk değerleri ve esmerleşme indeksi literatür verilerine göre farklılık gösterse de, bu farklılığın çevre şartları ve olgunluk derecesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Her iki kurutma yöntemi ile kurutulan ve depolanan örneklerin esmerleşme indeksi değerleri arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık tespit edilmemiştir. Ancak, depolama süresince oluşan farklılıkların istatistiki açıdan önemli olduğu belirlenmiştir.

Kurutma işlemleri sonrasında %42.50 ve %65.56 olarak belirlenen rehidrasyon kapasitesi, 30 gün depolama işleminden sonra %46.15 ve %64.97 olarak, 60 gün depolama işleminden sonra %47.77 ve %66.63 olarak bulunmuştur. Kurutulmuş ürünlerde önemli bir kalite göstergesi olarak bilinen ve yüksek olması istenen rehidrasyon kapasitesi, KADMAK kurutma yönteminde daha yüksek bulunmuştur ve sonuçlar arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar görülmüştür.

M. nigra meyvesinde yüksek oranda bulunan antosiyaninler; delfinidin-3-glikozit (1623.06 mg/kg), siyanidin-3-glikozit (316.52 mg/kg) ve pelargonidin-3-glikozit (322.23 mg/kg) olarak tespit edilmiştir. Kurutulmuş karadut meyvelerinde ise, delfinidin-3-glikozit 403.64-1451.60 mg/kg, siyanidin-3-glikozit 140.38-242.64 mg/kg ve pelargonidin-3-glikozit 285.02-289.76 mg/kg arasında belirlenmiştir. KADMAK sisteminde delfinidin-3-glikozit kaybı %10.56, siyanidin-3-glikozit kaybı %23.34 ve pelargonidin-3-glikozit kaybı ise %10.08 olarak; ATMK işleminde ise sırasıyla %75.13, %55.65 ve %11.55 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

KADMAK ve ATMK işlemleri ile kurutulan örneklerin TMA kaybı sırasıyla %55.62 ve %45.07 olarak tespit edilmiştir. 30 gün boyunca depolanan kurutulmuş

karadut örneklerinin TMA kaybı %63'ün üzerinde; 60 gün boyunca depolanan örneklerin TMA kaybı %71'in üzerinde bulunmuştur. Bu iki kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin TMA kaybı sonuçları arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık görülmüştür.

Bu çalışma sonucunda, nem ve su aktivitesi değerlerinin her iki kurutma yönteminde de mikrobiyal gelişimin yavaşladığı değerlere düşürüldüğü, rehidrasyon kapasitesinin KADMAK kurutma yöntemiyle kurutulan karadutlarda daha yüksek bulunduğu ve kalite özellikleri bakımından KADMAK yönteminin ATMK yöntemine göre daha üstün olduğu, KADMAK yöntemiyle kurutulan karadut meyvelerinde antosiyanin kayıplarının daha az olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



6.KAYNAKLAR

- Anonim1:http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Dut%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.pdf [Son erişim tarihi: 06.01.2019].
- Anonim 2: <http://tuik.gov.tr/Start.do> [Son erişim tarihi: 24.11.2018].
- Anonim 3: <http://akdeniztto.com.tr/kapali-dongu-modifiye-atmosfer-kurutucu-kadmak/> [Erişim Tarihi: 06.04.2019].
- Anonim 4: <http://www.kadmak.info/#> [Son erişim tarihi:08.01.2019].
- Bakkalbaşı, E., Yemiş O. ve Artık, N. 2004. Dut kurusunun fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ekstraksiyon koşullarının belirlenmesi. *Gıda*, 29(3): 203-209.
- Boranbayeva, T. 2011. Karadut suyunda biyoaktif bileşikler ve antioksidan aktivitenin depolamada değişimi. Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 76 s.
- Cemeroğlu, B. 2004. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi 2. Cilt. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları: 36, Ankara, 628 s.
- Cemeroğlu, B. 2007. Gıda Analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, 682 s.
- Chaves, C.V., Boff, L., Vizzotto, M., Calvete, E., Reginatto, F.H. and Simoes, M.C. 2018. Berries grown in Brazil: anthocyanin profiles and biological properties. *J Sci Food Agric*, 98: 4331–4338.
- Chen, H., Yu, W., Chen, G., Meng, S., Xiang, Z. and He, N. 2018. Antinociceptive and antibacterial properties of anthocyanins and flavonols from fruits of black and non-black mulberries. *Molecules*, 23: 4.
- Çam, İ. B. 2016. Ön işlemlerle kombine uygulanan kapalı döngü modifiye atmosfer kurutmanın bazı meyvelerin karakteristik özellikleri üzerine etkisi. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 88 s.
- Çam, İ.B., Gülmez, H., Eroğlu, E. ve Topuz, A. 2018. Strawberry drying: Development of a closed-cycle modified atmosphere drying system for food products and the performance evaluation of a case study. *Drying Technology*, 36 (12): 1460-1473.
- Deniz, G.Y., Laloğlu, E., Koç, K., Nadaroğlu, H. ve Geyikoğlu, F. 2018. The effect of black mulberry (*Morus nigra*) extract on carbon tetrachloride-induced liver damage. *Arch Biol Sci*, 70 (2): 371-378.
- Dinçer, C. 2014. Ultrases pastörizasyon ve membran konsantrasyon yöntemlerinin karadut (*Morus nigra* L) suyu konsantresi üretiminde uygulanabilirliğinin araştırılması. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 162 s.
- Dobooğlu, H. 2012. Liyofilizasyonun karadut (*Morus nigra*) kurutmadaki potansiyelinin konveksiyonel ve vakumlu kurutma teknikleriyle kıyaslanarak belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, 63 s.
- Dobooğlu, H. ve Çınar, İ. 2012. Liyofilizasyonun karadut (*Morus nigra*) kurutmadaki potansiyelinin belirlenmesi. *Akademik Gıda*, 10 (2): 40-47.
- Doymaz, İ. 2004. Pretreatment effect on sun drying of mulberry fruits (*Morus alba* L.). *Journal of Food Engineering*, 65: 205–209.

- Elmacı, Y. ve Altuğ, T. 2002. Flavour evaluation of three black mulberry (*Morus nigra*) cultivars using GC/MS, chemical and sensory data. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82: 632-635.
- Erbay, B. 2011. Karadut antosiyaninlerinin ısı ve depolama stabilitesi. Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 143 s.
- Ercisli, S. 2004. A short review of the fruit germplasm resources of Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 51: 419-435.
- Ercisli, S. ve Orhan, E. 2004. Natural mulberry (*Morus spp.*) production in Erzurum region in Turkey.
- Ercisli, S. ve Orhan, E. 2007. Chemical composition of white (*Morus alba*), red (*Morus rubra*) and black (*Morus nigra*) mulberry fruits. *Food Chemistry*, 103: 1380-1384.
- Ercisli, S. ve Orhan, E. 2008. Some physico-chemical characteristics of black mulberry (*Morus nigra* L.) genotypes from Northeast Anatolia region of Turkey. *Scientia Horticulturae*, 116 (1): 41-46.
- Ercisli, S., Tosun, M., Duralija, B., Voca, S., Şengül, M. ve Turan, M. 2010. Phytochemical content of some black (*Morus nigra* L.) and purple (*Morus rubra* L.) mulberry genotypes. *Food Technol. Biotechnol.*, 48 (1): 102-106.
- Erdoğan, Ü. ve Pırlak, L. 2005. Ükemizde dut (*Morus spp.*) üretimi ve değerlendirilmesi. *Alatarım*, 4 (2): 38-43.
- Eroğlu, E. 2012. Farklı ozmotik çözeltiler kullanarak ön kurutması yapılan siyah üzümün kurutulmasında sıcak hava, mikrodalga ve mikrodalga+kızılötesi dalgaların kullanılması. Yüksek lisans tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, 177 s.
- Erkaleli, Ö. Z. 2015. Uşak ili Ulubey ilçesinde yetişen karadutların (*Morus nigra* L.) morfolojik, fenolojik ve pomolojik özelliklerinin belirlenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, 53 s.
- Esmaili Adabi, M., Nikhbaht, A.M., Motevali, A. and Mousevi Seyedi, S.R. 2013. Investigation of black mulberry drying kinetics applying different pretreatments. *J. Agr. Sci. Tech.*, 15: 23-34.
- George, P.J. and Datta, A.K. 2002. Development and validation of heat and mass transfer models for freeze-drying of vegetable slices. *Journal of Food Engineering*, 52: 89-93.
- Giusti, M.M. and Wrolstad, R.E. 2003. Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. *Biochem. Eng. J.*, 14 (3): 217-225.
- Gündoğdu, M., Muradoğlu, F., Gazioğlu Şensoy, R. I. ve Yılmaz, H. 2011. Determination of fruit chemical properties of *Morus nigra* L., *Morus alba* L. and *Morus rubra* L. by HPLC. *Scientia Horticulturae*, 132: 37-41.
- Gündoğdu, M., Canan, İ., Geçer, M.K., Kan, T. ve Ercisli, S. 2017. Phenolic compounds, bioactive content and antioxidant capacity of the fruits of mulberry (*Morus spp.*) germplasm in Turkey. *Folia Hort*, 29 (2): 251-262.

- Günter, Ü. 2017. Karadut (*M. nigra* L.) meyve özütünün mutajenik ve antimikrobiyal aktivite yönünden araştırılması. Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 57 s.
- Gregorio, M.R.P., Regueiro, J., Gonzales, E.A., Castro, L.M.P. ve Gandara, J.S. 2011. Influence of alcoholic fermentation process on antioxidant activity and phenolic levels from mulberries (*Morus nigra* L.). *Food Science and Technology*, 44: 1793-1801.
- Han, Q., Gao, H., Chen, H., Fang, X. and Wu, W. 2017. Precooling and ozone treatments affects postharvest quality of black mulberry (*Morus nigra*) fruits. *Food Chemistry*, 221: 1947–1953.
- Hosseinpour, S., Rafiee, S., Mohtasebi, S.S. and Aghbashlo, M. 2013. Application of computer vision technique for on-line monitoring of shrimp color changes during drying. *Journal of Food Engineering*, 115: 99-114.
- Jaya, S. and Das, H. 2003. A vacuum drying model for mango pulp. *Drying Technology*, 21 (7): 1215-1234.
- Jiang, Y., Dai, M., Jing Nie, M., Rong Yang, X. and Chun Zeng, X. 2017. Effects of the ethanol extract of black mulberry (*Morus nigra* L.) fruit on experimental atherosclerosis in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 200: 228–235.
- Jin, Q., Yang, J., Ma, L., Wen, D. Chen, F. and Li, J. 2017. Identification of polyphenols in mulberry (genus *Morus*) cultivars by liquid chromatography with time-of-flight mass spectrometer. *Journal of Food Composition and Analysis*, 63: 55–64.
- Kamiloğlu, S. 2012. Effect of sun-drying on polyphenols and in vitro bioavailability of sarılop and Bursa siyahi figs (*Ficus carica* L.). Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 108 s.
- Karkacier, M., Poyrazoğlu, E.S., Artık, N. and Velioğlu, S. 2000. Extraction kinetics of mulberry (*Morus alba*). *Gıda*, 25(5): 343-348.
- Kılıç, S. 2013. Siyah üzüm suyunda biyoaktif bileşikler ve antioksidan aktivitenin proses ve depolamada değişimi. Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 68 s.
- Konak, İ.Ü., Certel, M. ve Helhel, S. 2009. Gıda Sanayisinde Mikrodalga Uygulamaları. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4 (3): 20-31.
- Koyuncu, F., Koyuncu, M.A., Yıldırım, F. and Vural, E. 2004. Evaluation of black mulberry (*Morus nigra* L.) genotypes from lakes region, Turkey. *Europ.J.Hort.Sci*, 69 (3): 125-131.
- Kutlu, N., İşçi, A. ve Şakıyan Demirkol, Ö. 2015. Gıdalarda ince tabaka kurutma modelleri. *Gıda*, 40 (1): 39-46.
- Lagunas, L. M., Ramirez, J.R., Gracida, M.C., Torres, S.S. and Bernal, G.B. 2017. Convective drying kinetics of strawberry (*Fragaria ananassa*): Effects on antioxidant activity, anthocyanins and total phenolic content. *Food Chemistry*, 230: 174–181.

- Liu, Y., Wu, J., Miao, S., Chong, C. and Sun, Y. 2014. Effect of a modified atmosphere on drying and quality characteristics of carrots. *Food Bioprocess Technol*, 7: 2549–2559.
- Mahmood, T., Anwar, F., Afzal, N., Kausar, R., Ilyas, S. and Shoaib, M. 2017. Influence of ripening stages and drying methods on polyphenolic content and antioxidant activities of mulberry fruits. *Food Measure*, 11: 2171-2179.
- Mena, P., Salcedo, E.M.S., Tassotti, M., Martinez, J.J., Hernandez, F. and Rio, D.D. 2016. Phytochemical evaluation of eight white (*Morus alba* L.) and black (*Morus nigra* L.) mulberry clones grown in Spain based on UHPLC-ESI-MSn metabolomic profiles. *Food Research International*, 89: 1116–1122.
- Mujumdar, A.S. 2007. Industrial drying of foods. In: Christopher, G.J.B. (Ed.), *Drying fundamentals*. Blackie Academic & Professional. UK, pp 7-29.
- Mujumdar, A.S. and Law, L.C. 2010. Drying technology: Trends and applications in postharvest processing. *Food and Bioprocess Technology*, 3: 843-852.
- Mutlu, A. ve Ergüneş, G. 2008. Tokat'ta güneş enerjili raflı kurutucu ile domates kurutma koşullarının belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1 (1): 61-68.
- 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.
- Okatan, V., Polat, M. and Aşkın, M.A. 2016. Some physico-chemical characteristics of black mulberry (*Morus nigra* L.) in Bitlis. *Horticulture*, 27-30.
- O'Neill, M.B., Rahman, M.S., Perera, C.O., Smith, B. and Melton, L.D. 1998. Color and density of apple cubes dried in air and modified atmosphere. *International Journal of Food Properties*, 1 (3): 197-205.
- Özdemir, F. ve Topuz, A. 1998. Antalya yöresinde yetiştirilen farklı dutların bazı kimyasal özellikleri. *Derim Dergisi*, 15(1): 30-35.
- Özen, T.İ. 2015. Siyah üzüm suyunda antosiyanin dağılımı ve işleme ve depolama sırasında değişimi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 116 s.
- Özgen, M., Serçe, S. and Kaya, C. 2009. Phytochemical and antioxidant properties of anthocyanin-rich *Morus nigra* and *Morus rubra* fruits. *Scientia Horticulturae*, 119: 275–279.
- Özgüven, M.G., Karadağ, A., Duman, Ş., Özkal, B. and Özçelik, B. 2016. Fortification of dark chocolate with spray dried black mulberry (*Morus nigra*) waste extract encapsulated in chitosan-coated liposomes and bioaccessibility studies. *Food Chemistry*, 201: 205-212.
- Pehlivan, M., Kaya, T., Doğru, B. and Lara, I. 2015. The effect of frozen storage on the phenolic compounds of *Morus nigra* L. (black mulberry) and *Morus alba* L. (white mulberry) fruit. *Fruits*, 70 (2): 117-122.
- Polat, A.A. 2004. Hatay'ın Antakya ilçesinde yetiştirilen bazı dut tiplerinin meyve özelliklerinin belirlenmesi. *Bahçe*, 33 (1-2): 67-73.
- Radojkovic, M., Moreira M.M., Soares, C., Barroso, M.F., Cvetanovic, A., Gajic, J.S., Morais, S. and Matos, D.C. 2018. Microwave-assisted extraction of phenolic

- compounds from *Morus nigra* leaves: optimization and characterization of the antioxidant activity and phenolic composition. *J Chem Technol Biotechnol*, 93: 1684–1693.
- Sadat Hosseini, A., Akramian, M., Khadivi. A. and Arjman. S.H. 2018. Phenotypic and chemical variation of black mulberry (*Morus nigra*) genotypes. *Industrial Crops&Products*, 117: 260-271.
- Salcedo, E.M.S., Sendra, E., Barrachina, A.A.C., Martinez, J.J. and Hernandez, F. 2016. Fatty acids composition of Spanish black (*Morus nigra* L.) and white (*Morus alba* L.) mulberries. *Food Chemistry*, 190: 566–571.
- Sernikli, C. 2015. Karadut (*Morus nigra*) suyunda toplam fenolik madde ve suda çözünen vitaminlerin ısı parçalanma kinetiği. Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 83 s.
- Sharma, A., Sharma, R. and Machii, H. 2000. Assessment of genetic diversity in a *Morus* germplasm collection using fluorescence-based AFLP markers. *Theor Appl Genet*, 101 (7): 1049-1055.
- Si, X., Chen, Q., Bi, J., Wu, X., Yi, J., Zhou. L. and Li, Z. 2016. Comparison of different drying methods on the physical properties, bioactive compounds and antioxidant activity of raspberry powders. *J Sci Food Agric*, 96: 2055-2062.
- Sümme, A.M. 2011. Ahududu (*Rubus idaeus* L.) pulunun farklı sıcaklıklarda ısıtılması sırasında biyoaktif bileşikler, antioksidan ve antimikrobiyel aktivitelerdeki değişimler. Yüksek lisans tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, 73 s.
- Şenol, M. 2017. Karadut (*Morus nigra* L.) meyvelerinde antosiyaninlerin karakterizasyonu ve antioksidan özellikleri. Yüksek lisans tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin, 45 s.
- Tag, H.M. 2015. Hepatoprotective effect of mulberry (*Morus nigra*) leaves extract against methotrexate induced hepatotoxicity in male albino rat. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 15: 252.
- Targhi, R.G., Homaoyun, M., Mansouri, S., Soukhtanloo, M., Soleymanifard, S. and Seghatoleslam, M. 2017. Radio protective effect of black mulberry extract on radiation-induced damage in bone marrow cells and liver in the rat. *Radiation PhysicsandChemistry*, 130: 297–302.
- Thummayot, S., Tocharus, C. and Suksamrarn, A. 2016. Neuroprotective effects of cyanidin against A β -induced oxidative and ER stress in SK-N-SH cells. *Neurochemistry International*, 101: 15-21.
- Tokbaş, H. 2009. Karadut meyvesinin (*Morus nigra* L.) reçel ile marmelata işlenmesi ve ürünlerin antioksidan özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, 127 s.
- Tontul, I. and Topuz A. 2017. Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties. *Trends in Food Science & Technology*, 63: 91-102.
- Turan, İ., Demir, S., Kılınç, K., Arslan Burnaz, N., Yaman, S.Ö., Akbulut, K., Menteşe, A., Aliyazıcıoğlu, Y. and Değer, O. 2017. Antiproliferative and apoptotic effect

- of *Morus nigra* extract on human prostate cancer cells. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 25: 241–248.
- Turfan, Ö. 2008. Nar suyu konsantresi üretim ve depolama sürecinde antosiyaninlerdeki değişimler. Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 140 s.
- Uygur, Y. E. 2015. Karadut (*Morus nigra*) meyvesinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon, 57 s.
- Vagula, J. M., Sinosaki, N.M., Ribeiro, M.A.S., Magon, T., Bertozzi, J., Meurer, E.C., Junior, O.O.S. and Visentainer, J.V. 2018. Simple and fast method for identification and quantification of anthocyanidins in berries by ultra performance liquid chromatography-mass spectrometry. *J. Braz. Chem. Soc*, 29 (1): 38-44.
- Verma, A. and Singh, V.S. 2015. Spray drying of fruit and vegetable juices-A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55 (5): 701-719.
- Wojdylo, A., Figiel, A. and Oszmianski, J. 2009. Effect of drying methods with the application of vacuum microwaves on the bioactive compounds, color, and antioxidant activity of strawberry fruits. *J. Agric. Food Chem*, 57: 1337–1343.
- Yiğit, D., Mavi, A. ve Aktaş, M. 2008. Antioxidant activities of black mulberry (*Morus nigra*), *EÜFBED-Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1 (2): 223-232.
- Zenginbal, H. 2017. The influence of various methods and buddings dates on production of black mulberry (*Morus nigra* L.) sapling. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 16 (5): 77–87.
- Zeni, A.L.B., Moreira, T.D., Dalmagro, A.P., Camargo, A., Bini, L.A., Simionatto, E.L. and Scharf, D.R. 2017. Evaluation of phenolic compounds and lipid-lowering effect of *Morus nigra* leaves extract. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 89 (4): 2805-2815.
- Zhou, M., Chen, Q., Bi, J., Wang, Y. and Wu, X. 2017. Degradation kinetics of cyanidin 3-O-glucoside and cyanidin 3-O-rutinoside during hot air and vacuum drying in mulberry (*Morus alba* L.) fruit: a comparative study based on solid food system. *Food Chemistry*, 229: 574–579.

ÖZGEÇMİŞ

Betül KARKACIER AKGÜN

betulkark_90@hotmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2014-2019	Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2008-2013	Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Gıda Mühendisi	Antalya Korkuteli İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü
2016-Devam Ediyor	