

T.C.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



FARKLI SICAKLIKLARDA KURUTULAN KIZILCIKTA
BİYOAKTİF BİLEŞİK, ANTİOKSİDAN AKTİVİTE VE
RENKTEKİ DEĞİŞİM KİNETİĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATİCE USLU DEMİR

BOLU, EYLÜL - 2017

T.C.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



FARKLI SICAKLIKLARDA KURUTULAN KIZILCIKTA
BİYOAKTİF BİLEŞİK, ANTİOKSİDAN AKTİVİTE VE
RENKTEKİ DEĞİŞİM KİNETİĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATİCE USLU DEMİR

BOLU, EYLÜL - 2017

KABUL VE ONAY SAYFASI

Hatice USLU DEMİR tarafından hazırlanan “**FARKLI SICAKLIKLARDA KURUTULAN KIZILCIKTA BİYOAKTİF BİLEŞİK, ANTİOKSİDAN AKTİVİTE VE RENKTEKİ DEĞİŞİM KİNETİĞİ**” adlı tez çalışması 19.09.2017 tarihinde Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

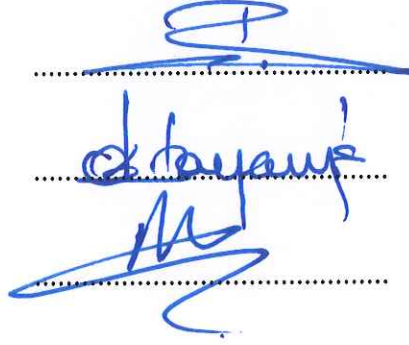
Jüri Üyeleri

Danışman
Doç. Dr. Hande Selen ERGE

Üye
Yrd. Doç. Dr. Oktay YEMİŞ

Üye
Doç. Dr. Mustafa KIRALAN

İmza



.....
Prof. Dr. Duran KARAKAŞ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdür



Babama,

ETİK BEYAN

Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Hatice USLU DEMİR

ÖZET

FARKLI SICAKLIKLARDA KURUTULAN KIZILCIKTA BİYOAKTİF BİLEŞİK, ANTİOKSİDAN AKTİVİTE VE RENKTEKİ DEĞİŞİM KİNETİĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATİCE USLU DEMİR

ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. HANDE SELEN ERGE)

BOLU, EYLÜL - 2017

Bu çalışmada farklı sıcaklıklarda konveksiyonel olarak kurutulan kızılcıkların biyoaktif bileşik, antioksidan aktivite ve görsel renk değerlerinin stabilitesi incelenmiştir. Kızılcıklar 50°, 60° ve 70 °C'de sırasıyla 36, 13.5 ve 6 saat süresince kurutulmuştur. Toplam monomerik antosiyanin, toplam fenolik, toplam flavonoid miktarları, L-askorbik asit içeriği ve antioksidan aktivite spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir. Siyanidin-3-galaktozit HPLC ile saptanmıştır.

Toplam monomerik antosiyanin, L-askorbik asit ve siyanidin-3-galaktozitin kızılcıkların kurutulması süresince birinci derece kinetik modele göre parçalandığı belirlenmiştir. Kızılcıktaki toplam fenolik ve toplam flavonoid içerikleri kurutma süresince azalmıştır ve bu değişim ikinci derece reaksiyona uymuştur. Kurutulan kızılcıkların, siyanidin-3-galaktozit kaybı hariç biyoaktif bileşenlerinin kaybı sıcaklığın artmasıyla azalmıştır. Kurutulmuş kızılcıkların antioksidan aktivite ve polimerik renkte artış meydana gelmiştir. Kızılcıkta, siyanidin-3-galaktozidin başlıca antosiyanin olduğu ve kurutma süresince azaldığı gözlenmiştir.

Toplam monomerik antosiyanin, toplam fenolik, toplam flavonoid madde, L-askorbik asit ve siyanidin-3-galaktozidin kaybına ilişkin aktivasyon enerjileri sırasıyla 13.3, 12.09, 18.81, 11.5 ve 17.5 kJ mol⁻¹ bulunmuştur.

Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıklarda görsel renk değerleri ise birinci derece reaksiyona göre azalmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: kızılcık, toplam fenolik, toplam flavonoid, antioksidan aktivite, siyanidin-3-galaktozit, L-askorbik asit, aktivasyon enerjisi, renk

ABSTRACT

KINETICS OF THE CHANGE IN BIOACTIVE COMPOUNDS, ANTIOXIDANT ACTIVITY AND COLOR OF DRIED CORNELIAN CHERRY AT DIFFERENT TEMPERATURES

MSC THESIS

HATİCE USLU DEMİR

**ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF
NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. HANDE SELEN ERGE)

BOLU, SEPTEMBER 2017

In this study stability of bioactive compounds, antioxidant activity and visual color of cornelian cherry during convective drying at different temperatures. Cornelian cherries have been dried at 50°, 60° and 70 °C for 36, 13.5 and 6 hours, respectively. The contents of total monomeric anthocyanins, total phenolics, total flavonoids, L-ascorbic acid and antioxidant activity were determined by spectrophotometric methods. Cyanidin-3-galactoside was determined by HPLC.

It was determined that total monomeric anthocyanins, L-ascorbic acid and cyanidin-3-galactoside degraded according to a first-order kinetic model during drying of cornelian cherry. The contents of total phenolics and total flavonoids of cornelian cherry were also decreased during drying and this change fitted to a second-order reaction. The losses of bioactive compounds of dried cornelian cherries decreased by increasing temperature except for the loss of cyanidin-3-galactoside. Antioxidant activity and polymeric colour density of dried cornelian cherries increased. It was observed that cyanidin-3-galactoside was the major anthocyanin in cornelian cherry and decreased during drying.

The activation energies for the degradation of total monomeric anthocyanins, total phenolics, flavonoids, L-ascorbic acid, cyanidin-3-galactoside were found 13.3, 12.09, 18.81, 11.5 and 17.5 kcal mol⁻¹, respectively.

After drying cornelian cherry at different temperatures, visuall color parametres were decreased according to first-order reaction.

KEYWORDS: cornelian cherry, total phenolic, total flavonoid, antioxidant activity, cyanidin-3-galactoside, total monomeric anthocyanin, L-ascorbic acid, activation energy, color

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ.....	xii
TEŞEKKÜR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1 Kızılcık (<i>Cornus mas</i> L.).....	3
2.2 Fenolik Bileşikler.....	5
2.2.1 Fenolik Asitler.....	6
2.2.2 Flavonoidler.....	7
2.2.3 Flavonoller.....	8
2.2.4 Flavonlar.....	8
2.2.5 Flavanonlar.....	9
2.2.6 İzoflavonlar.....	10
2.2.7 Flavanoller.....	11
2.2.8 Antosiyanidinler.....	12
2.2.9 C vitamini.....	14
2.2.10 Antioksidan Aktivite.....	14
2.2.11 Kurutma.....	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	20
3.1 Materyal.....	20
3.2 Kapsam.....	20
3.3 Yöntem.....	21
3.3.1 Toplam Kuru Madde Tayini.....	21
3.3.2 Görsel Renk Değerleri Tayini.....	21
3.3.3 Ekstraksiyon (Toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve antioksidan aktivite).....	21
3.3.4 Toplam Fenolik Madde Tayini.....	21
3.3.5 Toplam Flavonoid Madde Tayini.....	22
3.3.6 Antioksidan Aktivite Tayini.....	23
3.3.7 L-Askorbik Asit Ekstraksiyonu.....	24
3.3.8 L-Askorbik Asit Analizi.....	24
3.3.9 Antosiyanin Ekstraksiyonu.....	25
3.3.10 Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı Tayini.....	25
3.3.11 Renk Yoğunluğu ile Polimer Rengin Hesaplanması.....	26
3.3.12 HPLC ile Antosiyanin Bileşiklerin Tayini.....	27

3.3.13 Kinetik Parametrelerin Hesaplanması.....	28
3.3.13.1 Aktivasyon Enerjisinin Hesaplanması.....	29
3.3.13.2 Q ₁₀ Değerinin Hesaplanması.....	29
3.3.13.3 Yarılanma süresinin (t _{1/2}) hesaplanması.....	30
3.3.13.4 Desimal Azalma Süresinin (D değeri) Hesaplanması.....	30
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	31
4.1 Toplam Monomerik Antosiyanin.....	32
4.2 Antosiyanin (Siyanidin-3-glaktosit).....	33
4.3 L-Askorbik Asit.....	36
4.4 Toplam Fenolik Madde Miktarı.....	38
4.5 Toplam Flavonoid Madde Miktarı.....	40
4.6 Antioksidan Aktivite.....	42
4.7 Görsel Renk Değerleri.....	44
4.8 Polimerik Renk Yoğunluğu.....	49
5. SONUÇLAR.....	52
6. KAYNAKLAR.....	55
7. EKLER.....	66
EK A. Kurutulan kızılıcıklarda toplam monomerik antosiyanin, siyanidin-3-galaktosid ve L-askorbik asite ilişkin kinetik parametreler.....	66
EK B. Kurutulan kızılıcıklarda toplam fenolik ve flavanoid madde miktarlarına, polimerik renk ve antioksidan aktiviteye ilişkin kinetik parametreler	67
EK C. Kurutulan kızılıcıklarda L*, +a*, +b* ilişkin kinetik parametreler....	68
EK D. Kurutulan kızılıcıklarda Chroma ve Hue'ya ilişkin kinetik parametreler.....	79
8. ÖZGEÇMİŞ.....	70

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Fenolik asitlerin kimyasal yapısı.....	6
Şekil 2.2. Flavonoidlerin kimyasal yapısı.....	7
Şekil 2.3. Flavonellerin kimyasal yapısı.....	8
Şekil 2.4. Flavonların kimyasal yapısı.....	9
Şekil 2.5. Flavononların kimyasal yapısı.....	10
Şekil 2.6. İzoflavonların kimyasal yapısı.....	11
Şekil 2.7. Flavanollerin kimyasal yapısı.....	12
Şekil 2.8. Antosiyaninlerin kimyasal yapısı.....	13
Şekil 3.1. Gallik asit kurve.....	22
Şekil 3.2. Kateşin standart kurve.....	23
Şekil 3.3. Troloks standart kurve.....	24
Şekil 3.4. L-askorbik asit kurve.....	25
Şekil 3.5. Siyanidin-3-galaktozit standardına ilişkin kromatogram.....	27
Şekil 3.6. Siyanidin-3-galaktozit standart kurve.....	28
Şekil 4.1. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıklarda toplam monomerik antosiyanin miktarındaki değişim.....	32
Şekil 4.2. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıklarda toplam monomerik antosiyanin kaybına ilişkin Arrhenius grafiği.....	33
Şekil 4.3. Kurutulmuş kızılcıkta siyanidin-3-galaktozite ilişkin kromatogram.....	34
Şekil 4.4. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıklarda siyanidin-3-galaktozit miktarındaki değişim.....	34
Şekil 4.5. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıklarda siyanidin-3-galaktozit kaybına ilişkin Arrhenius grafiği.....	36
Şekil 4.6. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıklarda L-askorbik asit miktarındaki değişim.....	37
Şekil 4.7. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıklarda L-askorbik asit kaybına ilişkin Arrhenius grafiği.....	38
Şekil 4.8. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıklarda toplam fenolik madde miktarındaki değişim.....	39
Şekil 4.9. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıklarda toplam fenolik madde miktarının kaybına ilişkin Arrhenius grafiği.....	40
Şekil 4.10. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıklarda toplam flavonoid madde miktarındaki değişim.....	41
Şekil 4.11. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıklarda toplam flavonoid miktarının kaybına ilişkin Arrhenius grafiği.....	42
Şekil 4.12. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıklarda antioksidan aktivite miktarındaki değişim.....	43
Şekil 4.13. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıklarda antioksidan aktivitedeki değişime ilişkin Arrhenius grafiği.....	44
Şekil 4.14. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıklarda L^* parametresindeki değişim.....	44
Şekil 4.15. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıklarda $+a^*$ parametresindeki değişim.....	45

Şekil 4.16. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılıclıklarda $+b^*$ parametresindeki değişim.....	46
Şekil 4.17. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılıclıklarda Chroma parametresindeki değişim.....	47
Şekil 4.18. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılıclıklarda Hue parametresindeki değişim.....	47
Şekil 4.19. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılıclıklarda L^* , $+a^*$, $+b^*$ parametrelerindeki değişime ilişkin Arrhenius grafiği.....	48
Şekil 4.20. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılıclıklarda Chroma ve Hue parametrelerindeki değişime ilişkin Arrhenius grafiği.....	49
Şekil 4.21. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılıclıklarda polimerik renk oranındaki değişim.....	50
Şekil 4.22. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılıclıklarda polimerik renk oranına ilişkin Arrhenius grafiği.....	51



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1. Taze kızcılcığa ilişkin bazı kimyasal ve fiziksel özellikler.....31



KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

ABTS	: 2,2'- azinobis-3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit
D değeri	: Desimal azalma süresi
CIE	: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (International Commission on Illumination)
GAE	: Gallik asit eşdeğeri
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
k	: Hız sabiti
kcal	: kilokalori
µL	: mikrolitre
nm	: nanometre
P	: Olasılık
rpm	: Dakikada devir sayısı
R²	: Determinasyon katsayısı
t_{1/2}	: Yarılanma süresi

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında bilgisini ve deneyimlerini esirgemeyen çok değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Hande Selen ERGE'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam süresince katkı ve desteklerini gördüğüm Sayın Arş. Gör. Derya ATALAY'a

Hayatımın her aşamasında her zaman yanımda olup maddi-manevi desteklerini eksik etmeyen çok değerli annem, babam ve kardeşime

Tez çalışmam süresince özverilerinden dolayı, hayat ortağım değerli eşime sonsuz teşekkür ederim.



1. GİRİŞ

Kızılcık (*Cornus mas* L.), Cornaceae familyasına ait, ağaçları 7-8 m uzunluğunda, meyveleri ise 10-20 mm boyutlarında oval, armut ya da zeytin şekline benzer, kırmızı renkli bir meyve olarak tanımlanmaktadır (Koyuncu vd., 2007; Klimenko, 2004; Hassanpour vd., 2011). Kızılcık meyvesinin rengi koyu kırmızı, kırmızı, pembe veya sarı olabilmektedir (Klimenko, 2004). Kızılcık ağaçları genellikle Güneydoğu Avrupa ve Asya'da görülmekte olup, bu bölgelerde bulunan Ukrayna, Ermenistan, Gürcistan, Slovakya, Polonya, Çek Cumhuriyeti ve Türkiye gibi ülkelerde yetişmektedir. Ülkemizde ise en çok Karadeniz bölgesinde rastlanmakta olup Ağustos ve Ekim ayları arasında olgunlaşmaktadır (Güleryüz vd., 1998; Kucharska vd., 2015). Kızılcık eski zamanlardan beri medikal bir bitki olarak yara ve iltihaplanma tedavilerinde halk tarafından kullanılmaktadır (Moldovan vd., 2016). Günümüzde ise kızılcık taze olarak tüketildiği gibi dondurularak, kurutularak ya da çeşitli proseslerden geçerek reçel, pestil, marmelat, şerbet benzeri işlenmiş gıdalar olarak da tüketilmektedir (Demir ve Kalyoncu, 2003; Çelik vd., 2006).

Meyve ve sebzeler, içerdikleri önemli biyoaktif bileşikler nedeniyle insan sağlığı açısından önem taşımaktadır. Özellikle bazı meyve ve sebzelerin antioksidan özelliğe sahip olmaları, hücre oksidasyonlarına karşı koruma sağladığı için beslenmedeki yerleri önem taşımaktadır. Son yıllarda antioksidan içerikli meyvelere ilgi artmış olup bu meyvelerden biri de Kızılcık (*Cornus mas* L.)'tır (Moldovan vd., 2016).

Kızılcık meyvesinin askorbik asit, fenolik asit, flavanol, antosiyanin, şeker ve tanince zengin olduğu belirtilmektedir (Pantelidis vd., 2007; Pawlowska vd., 2010; Demir ve Kalyoncu., 2003; Klimenko, 2004). Kızılcık içerdiği biyoaktif bileşikler nedeniyle insan sağlığına olumlu etkileri sebebiyle tüketilmesi gereken önemli bir meyve olduğu bilinmektedir. Kızılcık meyvesinin biyoaktif bileşiklerce zengin olması kanser önleyici, kalp hastalıklarına karşı olumlu etkilerinin bulunduğu ve bunların yanı sıra polifenol miktarının fazla olması sebebiyle antibakteriyel,

antiinflamatuvar ve antihistamin etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (Mizgier vd., 2016; Xie vd., 2015, Moldovan vd., 2016).

Kızılcık gibi birçok taze meyve, işlem koşullarına bağlı olarak kendilerine özgü renklerini ve yapısında bulunan biyoaktif bileşikleri kaybedebilmektedir. Bu işlem koşulları arasında kurutma da yer almaktadır. Kurutma için pek çok yöntem uygulanmaktadır. Bunlar arasında konveksiyonel kurutma, eskiden beri uygulanan geleneksel bir yöntemdir. Konveksiyonel kurutma ile birçok meyve ve sebzenin kurutulduğu bilinmektedir. Kurutma, her ne kadar muhafaza yöntemi olarak da bilinse bu sırada ėıdanın rengi ve besin değerinde bazı değişimler olabilmektedir.

Bu çalışmada da, kıızılcık meyvesinin 50°, 60° ve 70 °C sıcaklıklarda konveksiyonel olarak kurutulması sırasında renk, toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde, L-askorbik asit ve antosiyanin içeriği ile antioksidan aktivitedeki değişimin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, bu bileşiklerin kaybına ilişkin kinetik parametreler de hesaplanmıştır.

Literatürde taze kıızılcığın antioksidan kapasitesi, antosiyanin, flavonoid ve L-askorbik asit miktarları ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır (Kucharska vd., 2015; Hassanpour vd., 2011; Pawlowska vd., 2010; Pantelidis vd., 2007). Ancak; kıızılcığın kurutulması sırasında biyoaktif bileşiklerindeki, antioksidan aktivitesindeki ve rengineki değişimin belirlendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Kızılcık (*Cornus mas* L.)

Kızılcık (*Cornus mas* L.), Cornaceae familyasına ait 40 tür arasında en önemli olanıdır. Kızılcığın bu önemi içerdiği antosiyanin çeşitliliği ve miktarından kaynaklanmaktadır (Seeram vd., 2002).

Yapılan çalışmalarda kızılcığın, askorbik asit miktarı yönünden de zengin olduğu belirtilmiştir. Demir ve Kalyoncu (2003), askorbik asit miktarının yaklaşık 62.384 mg/100 g bildirmiştir.

Hassanpour vd. (2011), kızılcığın farklı genotipleri üzerinde yaptığı çalışmada toplam fenolik madde içeriğini 1097.19-2695.75 mg gallik asit eşdeğeri/100 g taze ağırlık; DPPH yöntemiyle yapılan antioksidan kapasitesini en yüksek % 82.37; toplam antosiyanin miktarını 106.89-442.11 mg siyanidin-3-glukozit eşdeğeri/100 g taze ağırlık; toplam flavonoid miktarını 321.27-669.0 mg kateşin eşdeğeri/100 g taze ağırlık; askorbik asit içeriğini ise 183.25-299.5 mg/100g belirtmektedir.

Pantelidis vd. (2007), antioksidan aktiviteyi mmol askorbik asit/g kuru ağırlık cinsinden sırasıyla, böğürtlende 113.6-169.0; kızılcıkta 83.9; ahudududa 77.7-145.4; Bektaşî üzümünde 62.3-65.1; Frenk üzümünde ise 40.7-63.3 bulmuşlardır. Askorbik asit miktarını mg/100 g taze ağırlık cinsinden kızılcıkta 103.3; Frenk üzümünde 35.6-40.0; Bektaşî üzümünde 20.3-25.4; ahudududa 16.8-37.7; böğürtlende ise 14.3-17.5 olarak belirtmiştir. Toplam antosiyanin miktarını mg siyanidin-3-glikozit/100 g taze ağırlık cinsinden kızılcıkta 223.0; böğürtlende 125.6-152.2; Bektaşî üzümünde 2.4-43.3; Frenk üzümünde 1.4-7.8; ahudududa 1.3-49.1 olarak bildirmişlerdir. Toplam fenolik madde miktarını mg gallik asit eşdeğeri/100 g kuru ağırlık cinsinden böğürtlende 1703-2346; kızılcıkta 1592; Bektaşî üzümünde 1257-1321; ahudududa 1052-2494; Frenk üzümünde 657-1115 olarak belirtmiştir. Bu çalışmaya göre kızılcık meyvesinin diğer dört meyveden askorbik asit miktarı ve toplam antosiyanin miktarı bakımından en yüksek değere sahip olduğu bunun yanı sıra antioksidan

aktivite ve toplam fenolik madde miktarı açısından incelendiğinde böğürtlenden sonra gelen ikinci meyve olarak görüldüğü saptanmıştır.

Demir ve Kalyoncu'nun (2003) yaptıkları bir çalışmada kıvılcık askorbik asit içeriğı 48.39-73.11 mg/100g; toplam asitlik değeri 1.852-2.348 malik asit g/mL, toplam şeker miktarı 6.7-9.3; tanin içeriğı 131.51-601.2 mg/L ve pH değeri 2.5-2.88 bulunmuştur.

Klimenko (2004) ise kıvılcık üzerinde yaptığı bir çalışmada toplam şeker miktarını % 8-11; organik asit miktarını % 1.3-1.9; askorbik asit miktarını 101-193 mg/100g ve antosiyanin miktarını 670-850 mg/100 g rapor etmiştir.

Kıvılcık meyvesinin içerdiği antosiyaninler nedeniyle yüksek antioksidan aktiviteye ve antiinflatuar etkiye sahip olduğı ayrıca kanser ve kalp hastalıklarını önlemeye yardımcı oldukları yapılan çalışmalarca öne sürölmüştür. (Tural ve Koca, 2008; Mikaili vd., 2013; Kuscharska vd., 2015).

Kıvılcık üzerine yapılan araştırmalarda kıvılcık meyvesinin içerdiği antosiyaninler çeşitlilik göstermektedir. Kıvılcık meyvesindeki antosiyaninler Seeram vd. (2002) tarafından delfinidin-3-O-galaktozit, siyanidin-3-O-galaktozit ve pelargonidin-3-O-galaktozit; Tural ve Koca (2008) tarafından siyanidin-3-O-glukozit, siyanidin-3-O-rutinozit ve pelargonidin-3-O-glukosit; Pawlowska vd. (2010) ve Moldovan vd. (2016) tarafından ise siyanidin-3-O-galaktozit, pelargonidin-3-O-glukozit ve pelargonidin-3-O-rutinozit olarak belirtilmektedir.

Moldovan vd. (2016), kıvılcık üzerine yaptığı bir çalışmada antioksidan aktivite ABTS yöntemi ile 677.88 Troloks Eşdeğeri/100g taze ağırlık iken FRAP yöntemi ile 628.75 TE/100 g taze ağırlık belirtilmiştir. Toplam fenolik madde miktarını 489.94 mg/100 g taze ağırlık; toplam antosiyanin miktarını 92.29 siyanidin-3-O-glukozit eşdeğeri mg/100 g taze ağırlık rapor edilmiştir. Bunun yanı sıra yapılan bu çalışmada kıvılcık meyvesinde bulunan üç antosiyanin bileşiğı HPLC ile belirlenmiştir. Belirlenen bu antosiyaninlerden en yüksek miktar 58.62 mg/100 g taze ağırlık ile pelargonidin-3-O-glikozit olarak belirtilmiştir. Pelargonidin-3-O-rutinozit 33.8 mg/100 g taze ağırlık, siyanidin-3-O- galaktozit 3.82 mg/100 g taze ağırlık olarak bildirilmiştir.

Kızılcık suyunun erik, armut ve elma suyuna kıyasla daha fazla Ca içerdiği ve kızılcık suyunda K, Na, Fe, Mn, Zn gibi önemli esansiyel elementlerin de bulunduğu belirtilmektedir (Cindric vd., 2012; Krosniak vd., 2010).

2.2 Fenolik Bileşikler

Fenolik bileşikler, bitkilerin ikinci metabolik ürünü olarak yaprak, kök, gövde, çiçek ve meyvelerinde bulunduğu bilinmektedir (Laporni vd., 2005; Ignat vd., 2011). Fenolik bileşikler bir ya da birden fazla hidroksil grubu içeren aromatik halkaya sahip, basit fenolik moleküller olabildiği gibi polimer yapılı fenolik bileşiklerden de oluşabilmektedir. Bu nedenle de bu bileşikler polifenoller olarak da adlandırılmaktadır. (Balasundram vd., 2006; Bravo, 1998).

Fenolik bileşikler sebze ve meyvelere besinsel ve duyuşal açıdan bir çok özellik kazandırmaktadır. Fenolik bileşiklerin sebze ve meyvelerde buruk ve acı bir tat oluşturduğu, renk, aroma ve lezzet özelliklerini kazandırdığı bilinmektedir (Garcia-Salas vd., 2010; Serrano vd., 2010). Ayrıca gıda sanayinde doğal koruyucu madde ve renklendirici olarak da kullanılmaktadır (Ignat vd., 2011).

Fenolik bileşikler sahip oldukları yüksek antioksidan kapasite nedeniyle sağlık açısından önem taşımaktadır ve bu bileşiklerin, dejeneratif, kanser, kardiyovasküler hastalıklar ve beyin fonksiyonları üzerine olumlu etkilerinden bahsedilmiştir (Milner, 1994; Tsao, 2010; Ignat vd., 2011; Ju vd., 2012; Bi vd., 2014).

Fenolik bileşikler orijinlerine, biyolojik fonksiyonlarına ve kimyasal yapılarına göre sınıflandırılmaktadır. Fenolik bileşikler, polifenol iskeletlerine farklı şeker ünitelerinin ya da açillenmiş şekerlerin bağlanmasıyla oluşan glikozit yapılarıdır (Tsao, 2010).

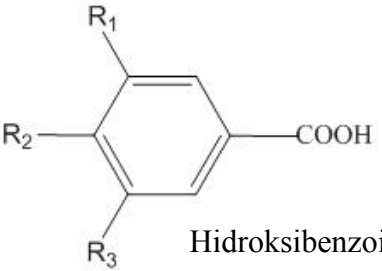
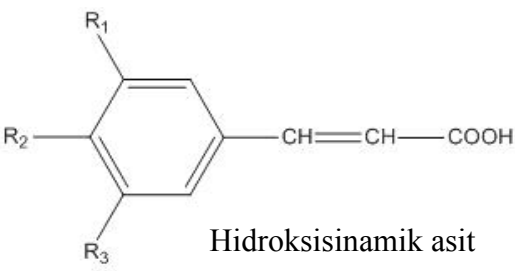
Yapılan çalışmalarda birçok meyve ve sebzede toplam fenolik madde miktarı belirlenmiştir ve bu veriler şu şekilde aktarılmıştır. Turna yemişi 527.2 ; böğürtlen 417.0-555.0 ; elma 296.3 ; erik 174.0-375.0 ; çilek 160.0 ; yaban mersini 171.0-961.0 ; ahududu 114.0-178.0 ; kiraz 105.4 ; muz 90.4 GAE/100g belirtilmiştir (Sun vd., 2002; Sellappan vd., 2002; Moyer vd., 2002; Karakaya vd., 2001; Kim vd., 2003; de Ancos vd., 2000; Luximon-Ramma vd., 2003).

Fenolik bileşikler meyve ve sebzelerde çözünebilen ya da çözünmeyen bağlı formda bulunabilirler. Elmada % 6.5, muzda % 33.10, greyfurtta % 23.6, portakalda % 24.3 ve havuçta % 37.6 oranında bağlı fenolik madde olduğu belirtilmiştir. Bağlı bulunan fenolikler bazı metodlarla serbest forma geçmektedirler (Sun vd., 2002; Chu vd., 2002; Acosta-Estrada vd., 2014).

2.2.1 Fenolik Asitler

Fenolik asitler, hidroksibenzoik ve hidroksisinamik asit olmak üzere iki sınıfta incelenmektedirler (Şekil 2.1). Fenolik bileşikler, meyve ve sebzelerde serbest halde bulunurken tahıl ve çekirdeklerde genellikle bağlı formda bulunmaktadır. Bağlı formda bulunan fenolik asitler, hidroliz ya da enzim yardımıyla serbest forma dönüşebilmektedir (Kim vd., 2006; Tsao, 2010).

Hidroksibenzoik asitler C₆-C₁ yapısında olan genellikle gallik, vanilik, siringik asitlerdir. Hidroksisinamik asitler, C₆-C₃ yapısında olup en bilinen örnekleri kafeik, ferulik, kumarik ve sinapik asittir (Bravo, 1998).

 Hidroksibenzoik asit	 Hidroksisinamik asit
R₁ R₂ R₃	R₁ R₂ R₃
Vanilik CH₃O OH H	Kafeik H OH OH
Siringik CH₃O OH CH₃O	Ferulik CH₃O OH OH
Gallik OH OH OH	Kumarik H OH H
	Sinapik CH₃O OH CH₃O

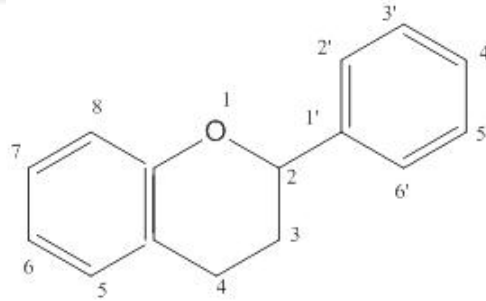
Şekil 2.1. Fenolik asitlerin kimyasal yapısı (Nizamoğlu ve Sebahattin, 2010)

2.2.2 Flavonoidler

Flavonoidler, iki fenil halkasının 3 karbonlu zincire bağlanmasıyla oluşan difenilpropan $C_6-C_3-C_6$ yapısındaki bileşiklerdir (Şekil 2.2). Ayrıca bu bileşikler iki aromatik halka ve bir heterosiklik yapıda olan üç halkadan oluşmaktadır. Belirtilen bu üç halkadan heterosiklik yapıda olan C halkasının farklı olması flavonoidlerin alt gruplara ayrılmasını sağlamaktadır (Tsao, 2010).

Flavonoidler doğada en fazla meyve ve sebzelerde bulunmaktadırlar. Doğada 8000 polifenol ve 4000 flavonoid bulunduğu belirtilmiş olup bu sayılar günden güne artmaktadır (Ignat vd., 2011). Flavonoidler bitkilerin yaprak, çiçek ve meyvelerinde mavi, turuncu ve kırmızı renk tonlarının oluşumunu sağlamaktadır (Pietta, 2000).

Yüksek antioksidan özellikleri sebebiyle flavonoidlerin insan sağlığına özellikle kanser ve kardiyovasküler hastalıklar üzerine olumlu etkileri üzerinde durulmaktadır. Flavonoidlerin indirgeyici madde, hidrojen verici ve singlet oksijeni bağlayıcı olarak görev alan yüksek redoks potansiyeline sahip bileşikler oldukları bilinmektedir (Ignat vd., 2011; Tsao ve Yang, 2003).

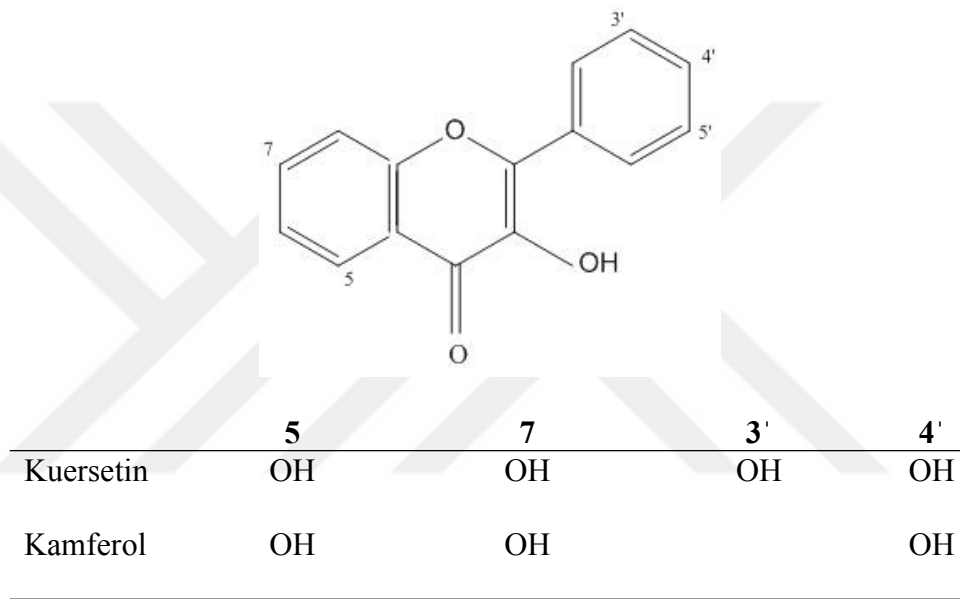


Şekil 2.2. Flavonoidlerin kimyasal yapısı (Pietta, 2000)

Flavonoidler; flavonoller, flavonlar, flavanonlar, flavanoller (kateşin ve proantosiyeninler), izoflavonlar ve antosiyanidinler olarak aşağıda belirtildiği üzere 6 gruba ayrılmaktadır.

2.2.3 Flavonoller

Flavonoller, meyve ve sebzelerde en yaygın bulunan flavonoidler olarak bilinmektedir (Şekil 2.3). Bu bileşiklerin glikozit formda oldukları ve yapılarında genellikle glukoz ya da ramnoz şekerlerinin bulunduğu, bu şekerlerin dışında galaktoz, arabinoz ve ksiloz gibi şekerlerin de yer alabildiği görülmektedir (Manach vd., 2004). Flavonollerin kimyasal yapılarında C₂ ve C₃ molekülleri arasında bir çift bağ ve C₃ molekülüne bağlı hidroksil grubu bulunmaktadır (D'Archivio vd., 2007).



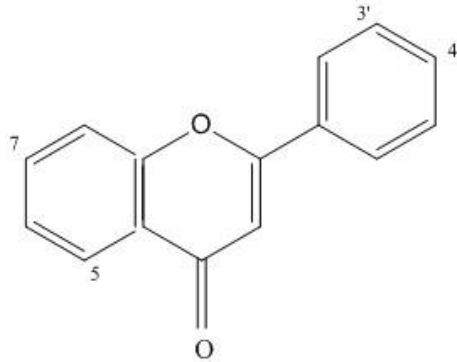
Şekil 2.3. Flavonollerin kimyasal yapısı (Pietta, 2000)

Flavonollerin miktarı, meyve ve sebzelerin yetiştirildikleri ortam, iklim koşulları, depolama ve ısıtma işlemi gibi çevresel faktörlere bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir (Caridi vd., 2007). Başlıca flavonoller kuerstin ve kamferol olarak bilinmektedir. En fazla flavonol miktarının soğanda olduğu bunun yanı sıra pırasa, brokoli ve yaban mersininde de yüksek düzeyde bulunduğu belirtilmiştir (Manach vd., 2004).

2.2.4 Flavonlar

Flavonlar, C₂ ve C₃ arasında bir adet çift bağa sahip çok yaygın olmayan bir flavonoid olarak bilinmektedir (Şekil 2.4). Flavonların yaygın olarak bilinen iki

örneği epigenin ve luteolindir. Kereviz ve maydanozun flavon miktarı açısından zengin sebzeler olduğu belirtilmiştir (Manach vd., 2004).

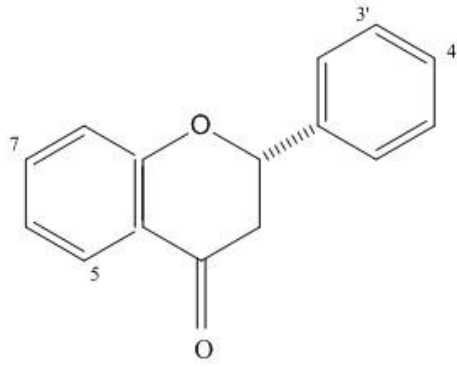


	5	7	3'	4'
Luteolin	OH	OH	OH	OH
Epigenin	OH	OH		OH

şekil 2.4. Flavonların kimyasal yapısı (Pietta, 2000)

2.2.5 Flavanonlar

Flavanonlar, C₄ pozisyonunda oksijen atomu içeren ve genellikle glikozit formda bulunan flavonoidler olarak bilinmektedirler (şekil 2.5). Bu bileşikler en fazla turunçgillerde bulunmakla birlikte nane ve domates gibi aromatik bitkilerde de rastlanılmaktadır. En bilinen flavanonlar greyfurtta naringenin, portakalda hesperidin, limonda eriodisitol olarak kaydedilmiştir (D'Archivio vd., 2007).

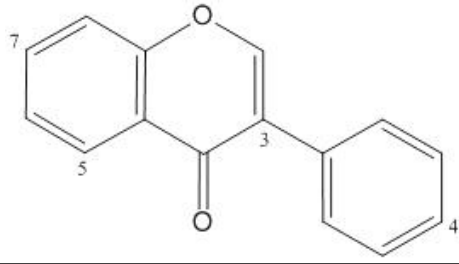


	5	7	3'	4'
Hesperidin	OH	OH	OH	OCH ₃
Naringenin	OH	OH		OH

Şekil 2.5. Flavononların kimyasal yapısı (Pietta, 2000)

2.2.6 İzoflavonlar

İzoflavonlar, C₇ ve C₄ pozisyonunda hidroksil grubu bulundurmakta ve östrojene benzer yapı göstermektedirler (Şekil 2.6). Bu nedenle fitoöstrojen sınıfında da yer almaktadırlar. Soya ve soya ürünleri insan diyeti açısından önemli izoflavon kaynaklarındandır. İzoflavonlar aglikon ya da glikozit formda bulunabilmektedirler ve aglikon formda bulunan genistein, daidzein ve glisitein izoflavonların başlıcaları olarak bilinmektedir (D'Archivio vd., 2007).



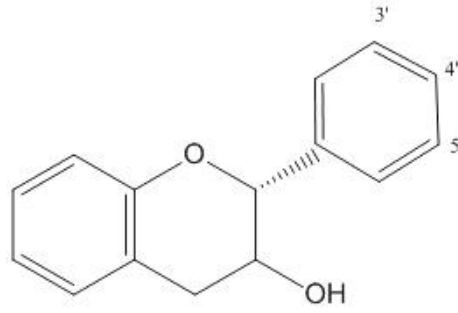
	5	7	4'
Genistein	OH	OH	OH
Genistin	OH	Oglc	OH
Daidzein		OH	OH
Daidzin		Oglc	OH

Şekil 2.6. İzoflavonların kimyasal yapısı (Pietta, 2000)

2.2.7 Flavanoller

Flavanoller, hem monomer (kateşin) hem de polimer (proantosiyanidin) yapıda bulunabilen 3. karbon atomunda bir hidroksil grubu ve doymuş üç karbonlu zincir içeren bir flavonoid olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.7). Önemli kateşin kaynaklarının yeşil çay ve çikolata olduğu belirtilmiştir. Bu gıdaların yanı sıra kırmızı şarabın da flavanollerce zengin olduğu bilinmektedir. Meyvelerde özellikle birbirinin izomeri olan kateşin ve epikateşin; çayda ise gallokateşin ve epigallokateşin gibi flavanoller bulunmaktadır (Manach vd., 2004; Arts vd., 2000).

Proantosiyanidinler yoğunlaşmış tanenler olarak bilinip, kateşinin dimer, oligomer ya da polimer yapılarıdır. Üzüm, elma ve diğer üzüksü meyvelerde; çay, şarap, bira gibi içkilerde ve çikolatada bitter tadı veren burukluk özelliğinden sorumludurlar (Rasmussen vd., 2005; D'Archivio vd., 2007) .



	3	5	7	3'	4'	5'
(+)-kateşin	β OH	OH	OH	OH	OH	
(-)-epikateşin	α OH	OH	OH	OH	OH	
(-)-epigallokateşin	α OH	OH	OH	OH	OH	OH

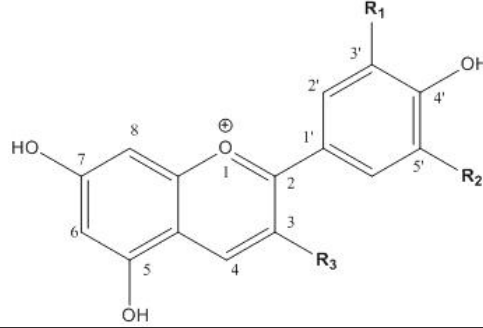
Şekil 2.7. Flavanollerin kimyasal yapısı (Pietta, 2000)

2.2.8 Antosiyanidinler

Antosiyaninler suda çözünebilen, bitkilerde pembe, kırmızı, mavi ve mor renklerinden sorumlu pigmentler olarak bilinen flavonoidlerdir. Aglikon formları antosiyanidin, antosiyanidinlerin şekerlerle oluşturdukları glikozit formları ise antosiyanin olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2.8). Aglikon formunun kararsız bir yapıda bulunduğu antosiyaninlerin ısı, ışık ve oksidasyona karşı daha dirençli olduğu belirtilmektedir. Aynı zamanda antosiyaninlerin diğer flavonoidlere göre daha stabil yapıda oldukları bilinmektedir (Manach vd., 2004). Antosiyaninlerin kimyasal yapısı ise 2-fenilbenzofirilium tuzunun hidroksi ve metoksi türevlerinin glikozit formları olarak belirtilmektedir (Canuto vd., 2016). Yapılarında bulunan şeker genellikle glukoz olmakla birlikte ramnoz, galaktoz ve arabinoz da yer almaktadır (Koca ve Karadeniz, 2005).

Antosiyaninleri birbirinden ayıran temel faktörler; yapılarında bulunan hidroksil gruplarının sayısı, yapılarına bağlı şekerlerin çeşidi, sayısı ve yapılarına bağlanma konumu, şekerlere bağlanan alifatik ya da aromatik asidin sayısı ve çeşidi olarak sıralanmaktadır. Meyve ve sebzelerde antosiyaninlere fazlaca rastlanmakla birlikte en yaygın olarak bilinen antosiyanidinler; pelargonidin, malvinidin, peonidin,

siyanidin, petunidin ve delfinidin olarak belirlenmiştir. Antosiyanidinlerin yaygın olan glikozit formları ise 3-monosit, 3-biyosit, 3,5-diglikozit, 3,7-diglikozit olarak bildirilmiştir (Kong vd., 2003).



	R₁	R₂	R₃
Delfinidin	OH	OH	OH
Siyanidin	OH	H	OH
Petunidin	OH	OCH ₃	OH
Pelargonidin	H	H	OH
Peonidin	OCH ₃	H	OH
Malvinidin	OCH ₃	OCH ₃	OH

Şekil 2.8. Antosiyaninlerin kimyasal yapısı (Li vd., 2012)

Antosiyaninler bitkilere renk veren pigmentler olarak bilinmektedir. Pelargonidin turuncu, siyanidin turuncu-kırmızı, delfinidin mavi, peonidin kırmızı, petunidin mavimsi kırmızı ve malvinidin ise kırmızımsı mavi renkleri oluşturduğu belirtilmiştir. Bunun yanı sıra antosiyaninlerin renk özelliği pH değerine göre farklılık göstermektedir. Asidik pH değerlerinde mor-kırmızı renkler, bazik pH değerlerinde ise yeşil-mavi renkler baskın olmaktadır (Nizamoğlu ve Sebahattin, 2010).

Antosiyaninler gıda endüstrisinde yapay renklendiricilere alternatif olarak kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde önemli yere sahip antosiyanin kaynakları üzüm, siyah havuç ve kırmızı lahanadır (Nizamoğlu ve Sebahattin, 2010).

Antosiyaninlerin stabilitesi bazı faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Bu faktörler; pH, depolama sıcaklığı, kimyasal yapısı, konsantrasyonu, ışık, oksijen,

Çözücü, enzim varlığı, ortamda bulunan diğ er flavonoidler, protein ve metal iyonları olarak belirtilmektedir (Castaneda-Ovando vd., 2009).

2.2.9 C vitamini

C vitamini, suda çözünebilen en önemli antioksidanlardan biri olarak bilinmektedir. C vitamininin % 80'den fazlası tüketilen meyve ve sebzelerden alınmaktadır. L-askorbik asidin biyolojik işlevlerini gösteren bileşiklerin tümü C vitamini olarak adlandırılmaktadır. L-askorbik asit, biyolojik olarak aktif formdadır. Ayrıca oksidasyon ürünü olan L-dehidroaskorbik asidin (DHA) da biyolojik aktivite gösterdiği belirtilmiştir. Birçok araştırmada DHA miktarı ölçülmemektedir fakat DHA insan vücudunda askorbik asite dönüşebildiği için DHA' nın da ölçülmesi C vitamini aktivitesi açısından önemlidir. DHA, bitkilerin içerdiği C vitaminin % 10'luk kısmını kapsamaktadır ve depolama sırasında DHA miktarında artış olabileceği belirtilmektedir (Wills vd., 1984; Lee ve Kader, 2000).

L-askorbik asit kolay okside olabilmektedir. Yüksek sıcaklık, sulu çözeltiler, oksijen varlığı, Cu⁺², Ag, Fe gibi ağır metal iyonların varlığı, alkali pH gibi faktörlerin oksidasyona etki ettiği belirtilmiştir. Bu faktörlerin yanı sıra işleme yöntemleri, işleme sıcaklığı, çürüme, dilimleme işlemleri, iklim koşulları, depolama sıcaklığı ve nem gibi unsurların da C vitamini kaybını artıracakğı vurgulanmıştır (Lee ve Kader, 2000).

2.2.10 Antioksidan Aktivite

Günümüzde üzerinde durulan en önemli konulardan biri antioksidan aktivitesi yüksek gıda tüketimidir. Antioksidanlar doğal ve yapay olarak iki grupta incelenmektedir. Doğal antioksidanlar, C vitamini, E vitamini,  - tokoferoller,  - karoten ve flavonoidlerdir. Yapay antioksidanlar ise BHT (bütillenmiş hidroksianisol), BHA (bütillenmiş hidroksitoluen), PG (propil gallat), TBHQ (tersiyer bütillhidrokinon) olarak bilinmektedir (Tabart vd., 2009; Moure vd., 2001).

Serbest radikaller, dış atomik orbitallerinde en az bir çiftlenmemiş elektron bulunduran kararsız bileşikler olarak tanımlanmaktadır. Bu radikallerin başlıcaları;

tekli oksijen ($^1\text{O}_2$), süperoksit anyonu ($\cdot\text{O}_2^-$), hidroksi ($\cdot\text{OH}$), peroksi ($\text{ROO}\cdot$) ve alkoksi ($\text{RO}\cdot$) radikalleridir (Kaur ve Kapoor, 2001). Serbest radikallerin yüksek enerjili olmaları nedeniyle protein, DNA, lipid ya da diğer küçük molekülleri tahribata uğratma potansiyelleri vardır. Serbest radikallerin insan vücudunda yol açtığı bu tahribatlar yaşlanmayı tetiklemekte, kalp-damar hastalıkları, kanser, katarakt gibi hastalıkların oluşum riskini artırmaktadır. Antioksidanların, serbest radikalleri ve metal iyonlarını bağlayarak ve peroksitleri parçalayarak sağlık üzerine olumlu etkide bulunduğu bilinmektedir (Moure vd., 2001; Koca ve Karadeniz, 2005).

Meyve ve sebzelerde fazla miktarda bulunan antioksidanların kalp-damar, kanser gibi hastalıkları engellediği, zihinsel performansı artırdığı ve Parkinson, Alzheimer gibi yaşlılığa bağlı hastalıkları önlediği bildirilmiştir (Koca ve Karadeniz, 2005).

Antioksidan aktiviteyi belirlemek için birçok analiz yöntemleri bulunmaktadır. Bu yöntemler temel olarak, hidrojen atomu transfer (HAT) reaksiyonuna ve elektron transferine (ET) dayanan yöntemler olarak iki gruba ayrılmaktadır (Prior vd., 2005). Hidrojen atomu transfer temeline dayanan yöntemler, oksijen radikal absorbans kapasite (ORAC) ve toplam radikal yakalayıcı antioksidan parametre (TRAP) olarak bilinmektedir. Elektron transfer temeline dayanan yöntemler ise Folin-Ciocalteu ayırıcı ile toplam fenolik yöntem (FCR), Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC), demir iyonu indirgeyici antioksidan güç (FRAP), oksidan olarak bakır (2) kullanılan toplam antioksidan potansiyel yöntemi (CUPRAC) ve DPPH (2,2-difenil-1-pikirilhidrozi) yöntemi uygulanan antioksidan kapasite ölçüm yöntemlerinden olduğu belirtilmektedir (Rivero-Perez vd., 2007; Popovic vd., 2012).

Oksijen Radikal Absorbans Kapasitesi Yöntemi (ORAC)

Peroksil radikalının neden olduğu oksidasyonun antioksidan tarafından inhibisyonunu temel almaktadır. Peroksil radikalleri ile oksitlenen bir hedef molekülün bir antioksidan tarafından ne kadar korunduğu, hedef molekülün bozunması floresans takibi ile izlenerek bulunmaktadır. ORAC değerleri genellikle Troloks eşdeğeri olarak rapor edilmektedir (Somogyi vd., 2007).

Toplam Radikal Yakalayıcı Antioksidan Parametre (TRAP)

Bu yöntem, bir azo bileşiğin sıcaklıkla bozulması ile oluşturulan kontrollü lipid peroksidasyonu sırasında harcanan oksijenin ölçülmesi prensibine dayanmaktadır. TRAP yönteminde APPH eklenerek serbest radikal üretimi başlamakta ve oksidasyon süresi gözlenmektedir. Antioksidan varlığı oksidasyon süresinde tüketilen oksijen miktarını etkilemektedir ve reaksiyon süresince izlenen oksijen tüketimi örneğin antioksidan kapasitesi ile ilişkilendirilmektedir (Somogyi vd., 2007).

Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasite Yöntemi (TEAC)

TEAC yönteminde, ABTS (2,2'- azinobis-3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit)'nin potasyum persülfatla oksidasyonu sonucu ABTS•+ radikali oluşmaktadır. Antioksidan bileşikler ABTS'nin rengini kaybetmesine sebep olmaktadır ve ölçülen absorbans değerinin Troloks ile karşılaştırılması yapılarak sonuç bulunmaktadır (Prior ve Cao, 1999; Huang vd., 2005).

Demir (III) İyonu İndirgeyici Antioksidan Güç Yöntemi (FRAP)

Bu yöntemde, düşük pH değerinde Fe⁺³'ün Fe⁺²'ye indirgenmesi ile ferrous-tripyridyl triazine [Fe (III) (TPTZ)2Cl₃ (TPTZ= 2,4,6-tripyridyl-s-triazine) = Herein] kompleksi oluşmakta ve oluşan Fe tuzunun oksidasyon olarak kullanılması prensibine dayanmaktadır. FRAP düşük pH değerlerinde gerçekleşmekte iken TEAC nötr pH değerlerinde de gerçekleşmektedir (Benzie ve Strain, 1996).

2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) Radikal Süpürme Kapasitesi Yöntemi

DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) ticari olarak elde edilebilen koyu menekşe renginde, kararlı organik azot radikali olarak bilinmekte ve 515 nm'de maksimum absorbans göstermektedir. DPPH radikali antioksidan özellikte bir maddeyle karşılaştığı an reaksiyon başlar ve reaksiyonun temeli DPPH radikalinin koyu menekşe rengindeki değişimin gözlenmesi prensibine dayanmaktadır (Molyneux, 2004; Scalzo, 2008).

2.2.11 Kurutma

Meyve ve sebzelerin kurutulması eski çağlardan beri kullanılan en yaygın gıda muhafaza yöntemi olarak bilinmektedir. Kurutma işlemi sayesinde gıdanın su aktivitesi azaltılarak mikroorganizma gelişimi engellenmekte, kimyasal reaksiyonların oluşma riski azaltılmakta ve bunlara bağlı olarak gıdanın oda sıcaklığında yarılanma süresi uzamaktadır (Doymaz, 2005). Kurutma ile suyun uzaklaştırılması ağırlık ve hacimde azalmaya sebep olmaktadır ve bu azalmanın paketleme, depolama ve taşıma işlemlerinin maliyetini azaltma konusunda olumlu yönleri bulunmaktadır (Andritsos vd., 2003; Doymaz, 2005). Kurutma işlemi sezonluk meyve ve sebzelere uygulanarak her sezon tüketilmesini sağlamaktadır.

Gıdalar; güneş, konveksiyonel, kondüksiyon ve elektromanyetik gibi yöntemlerle kurutulmaktadır (Maskan vd, 2002). Bu yöntemlerin uygulandığı bir çok kurutma sistemleri bulunmaktadır. Kurutma sistemleri arasında tepsili kurutma, döner kurutucu, tünel kurutucu, akışkan yatak kurutucu, sandık kurutucu, kabin kurutucu, vakum kurutma, mikrodalga kurutma, püskürterek kurutma, köpük kurutma, valsli kurutma, ozmotik kurutma, infrared kurutma, dondurarak kurutma sayılabilmektedir. Eski yıllardan beri en yaygın kullanılan güneşte kurutma yönteminin birçok dezavantajı bulunmaktadır. Güneşte kurutma sırasında hem homojen bir kurutma sağlanamamakta hem de gıda dış etkenlere açık olduğundan hijyen konusunda olumsuzluklara sebep olmaktadır. Türkiye’de güneşte kurutma özellikle incir, kayısı ve pestilde uygulanmaktadır. Güneşte kurutmanın renk ve tekstür üzerinde bazı avantajlar sağlasa da uzun kurutma süresi ve hava durumuna bağlılık gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Bu sebeplerden dolayı, konveksiyonel kurutucular günümüzde daha çok tercih edilmektedir. Böylece kurutma süresi azaltılıp kontrollü ve güvenli kurutma sağlanmaktadır (Maskan vd., 2002; Mahmutoglu vd., 1996; Kostaropoulos ve Saravacos, 1995). Konveksiyonel kurutucularda uygun hava akış hızı, kurutma süresi ve kurutma sıcaklığı ayarlanarak homojen bir kurutma sağlanabilmektedir. Gıda endüstrisinde yaygın kullanılan sıcak hava kurutma, son üründe kimyasal, fiziksel ve duyuşsal bazı kayıplara yol açmaktadır. Bu kayıpları en az dereceye indirmek için kurutulacak ürüne en uygun sıcaklıklar belirlenmelidir (Vega-Galvez vd., 2009; Miranda vd., 2010).

Literatürde konveksiyonel kurutma ile ilgili bazı çalışmalar bulunmaktadır ve bu çalışmalar üzüm (Maskan vd., 2002), vişne (Doymaz, 2007b), elma (Demarchi vd., 2013), kivi (Orikasa vd., 2014), domates (Doymaz, 2007a), böğürtlen (Romero ve Yopez, 2015), mantar (Guo vd., 2014), şeftali (Zhu ve Shen, 2014) ile ilgili olmakla birlikte bu ürünlerin kurutulmasında çeşitli matematiksel ve kinetik modellemeler elde edilmiştir.

Wang ve Xu (2007), böğürtlen suyuna farklı sıcaklık (60°, 70°, 80°, 90 °C) uyguladıktan sonra antosiyanin parçalanmasını birinci derece reaksiyon kinetiğine uygun olduğunu belirtmiştir.

Demiray vd. (2013), sıcak hava kurutma yöntemi ile farklı sıcaklıklarda (60°, 70°, 80°, 90°, 100 °C) domates meyvesini kurutup, kurutma sırasında likopen, β -karoten ve askorbik asit parçalanmasının birinci derece reaksiyon kinetiğine uyduğunu belirtmiş ve askorbik asit kaybına ilişkin aktivasyon enerjisi 47 kJ mol⁻¹ rapor edilmiştir.

Kurozawa vd. (2014), papaya meyvesini farklı sıcaklıklarda (40°, 50°, 60°, 70°, 80 °C) konveksiyonel kurutucuda kurutmuş ve askorbik asit kaybının birinci derece reaksiyon kinetiğine uygun olduğu belirlenmiştir.

Turturica vd. (2016), yaptıkları çalışmada ısıl işlemin erik ekstraktı üzerine etkisini araştırmıştır. Çalışmada erik ekstraktına 70 °C ve 110 °C aralığında ısıl işlem uygulanmış ve çalışma sonunda toplam monomerik antosiyanin, toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde miktarlarını ve antioksidan aktivitede meydana gelen kaybın birinci derece reaksiyon kinetiğine uygun gerçekleştiği belirtilmiştir.

Mendez-Lagunas vd. (2017), çilek meyvesini 50° ve 60 °C de konveksiyonel kurutucuda kurutmuş ve kurutma sonucunda antosiyanin, fenolik bileşik ve askorbik asit parçalanmasının birinci derece reaksiyon kinetiğine uyduğunu belirtmiştir. Bunun yanı sıra taze çilekteki antioksidan aktivite 32.14 mg/askorbik asit eşdeğeri bulunduğ ve bu değerin 50 °C’de kurutma sonrasında % 74.7; 60 °C’de kurutma sonrasında ise % 66.2 düzeylerinde kayba uğradığını gözlemiştir. Kuruma sırasında antosiyanin kaybı ise 50 °C’de % 26; 60 °C de % 45 olarak bildirilmiştir.

Zhou vd. (2017), dut meyvesini sıcak hava kurutma ve vakum kurutma olarak iki ayrı yöntemle 60 °C ve 75 °C sıcaklıklarda kurutmuş, antosiyanin miktarındaki değişimi ikinci derece reaksiyon kinetiğine göre belirlenmiştir.



3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Çalışmadan materyal olarak kullanılan *Cornus mas* L. türü kıızılcık Bolu'da bulunan yerel marketlerden temin edilmiştir. Kıızılcıklar yaprak, sap ve çöplerinden ayıklandıktan sonra yıkanarak çekirdekleri çıkarılmadan -20 °C'de depolanmıştır.

3.2 Kapsam

Bu çalışmada, kıızılcık meyvesinin farklı sıcaklıklarda konveksiyonel fırında kurutularak yapısında bulunan biyoaktif bileşiklerin değişiminin incelenmesi planlanmıştır. Kıızılcıklar laboratuvar tipi konveksiyonel kurutucu (Eksis Endüstriyel Kurutma Sistemleri, Isparta) kullanılarak 50 °C, 60 °C ve 70 °C sıcaklıklarda kurutulmuştur. 50 °C'de kurutulan örneklerden her 4 saatte; 60 °C'de kurutulan örneklerden her 1.5 saatte ve 70 °C'de kurutulan örneklerden her 40 dakikada bir numune almak şartı ile sırasıyla 36, 13.5 ve 6 saat kurutma işlemi uygulanmıştır. Belirlenen zamanlarda alınan kıızılcık örneklerinde, toplam kuru madde miktarı, toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde, toplam monomerik antosiyanin miktarı ve antioksidan aktivite analizleri spektrofotometrik yöntem ile; siyanidin ve L-askorbik asit tayinleri ise yüksek performans sıvı kromatografisi ile yürütülmüştür. Kurutma sırasında meydana gelen görsel renk değişimleri ise Minolta renk cihazı ile ölçülmüştür. Spektrofotometre ve HPLC'de yapılan analizler için ekstraksiyon uygulanmıştır. Tüm analizler, 2 tekerrürlü yürütülmüştür.

3.3 Yöntem

3.3.1 Toplam Kuru Madde Tayini

Örneklerin toplam kuru madde tayini, etüvde gerçekleştirilmiştir. Kurutulmuş kızılılık örnekleri, ağırlıkları 3-5 g olacak şekilde tartılmıştır. Örnek ağırlığı 105 °C’de sabit ağırlığa gelene kadar etüvde kurutulmuştur (AOAC, 1990).

3.3.2 Görsel Renk Değerleri Tayini

Kurutulmuş kızılılık meyvelerinin görsel renk değerleri Minolta CR-400 renk tayin cihazı (Osaka, Japan) ile ölçülmüş ve L^* , a^* , b^* , C^* ve h° değerleri okunmuştur. L^* ; parlaklık, a^* ; kırmızılık-yeşillik, b^* ; sarılık-mavilik, C^* ; renk yoğunluğunu, h° ; renk tonunu ifade etmektedir (Bakker vd., 1986).

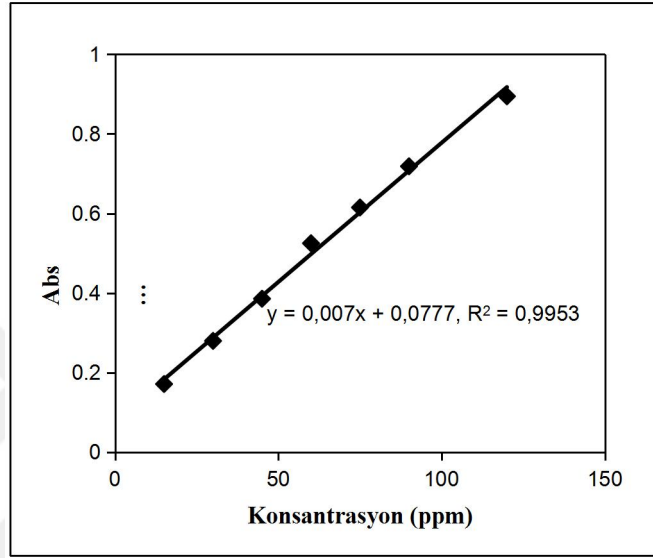
3.3.3 Ekstraksiyon (Toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve antioksidan aktivite)

Kurutulan örneklerde toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve antioksidan aktivite analizleri için ekstraksiyon işlemi Thaipong vd. (2006)’nin uyguladığı yöntemin modifiye edilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Kurutulup çekirdekleri çıkartılan örneklerden 3 g alınarak 25 mL saf metanolle 2 dakika Micra D-9 (Art, Germany) ile 21.000 m^{-1} ’de homojenize edilmiş ve bir gece +4 °C’de bekletilmiştir. Bekletilen örnek bir sonraki gün 10000 rpm’de 20 dakika santrifüj edilip üstte oluşan faz alınarak 25 mL’lik balon jodede metanol ile tamamlanmıştır. Elde edilen ekstrakt analiz için kullanılmak üzere -20 °C’de depolanmıştır.

3.3.4 Toplam Fenolik Madde Tayini

Kurutulan örneklerde toplam fenolik madde miktarı, Singleton ve Rossi (1965) tarafından önerilen Folin-Ciocalteu yöntemine göre yapılmıştır. Folin-Ciocalteu yönteminin ilkesi; fenolik bileşiklerin bazik ortamda Folin-Ciocalteu çözeltisini indirgemesine dayanmaktadır. Bu amaçla, 500 µL seyreltilen kurutulmuş kızılılık ekstraktı, 7 mL saf su ve 500 µL Folin-Ciocalteu çözeltisi ile karıştırılıp 3

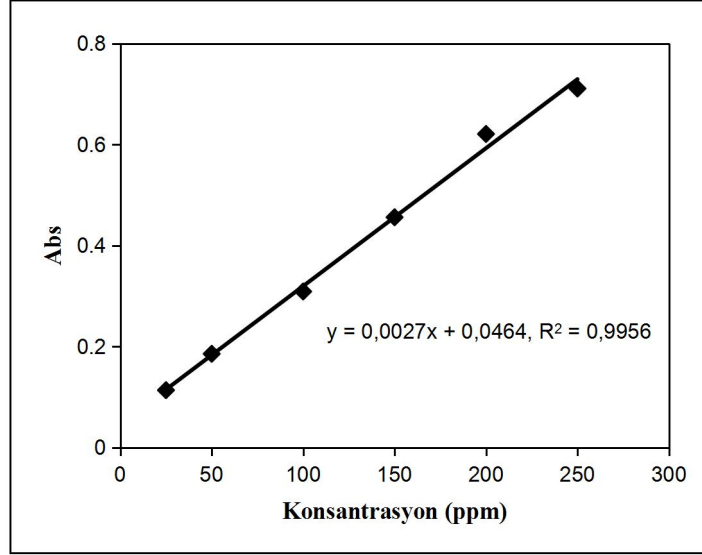
dakika bekletilmiştir. Süre sonunda üzerine 2 mL doymuş sodyum karbonat (% 20) ilave edildikten sonra 25 °C’ de 1 saat inkübatörde bırakılmıştır. Reaksiyon sonunda indirgenen Folin-Ciocalteu çözeltisinin oluşturduğu mavi renk, spektrofotometre cihazında (UV 1800, Shimadzu, Japan) 720 nm dalga boyunda havaya karşı okunmuştur. Örneklerin toplam fenolik madde miktarı, gallik asit standart kurvesine göre belirlenmiştir.



Şekil 3.1. Gallik asit kurvesi

3.3.5 Toplam Flavonoid Madde Tayini

Kurutulan örneklerde toplam flavonoid madde miktarı, Karadeniz vd. (2005) tarafından önerilen yöntemle göre yapılmıştır. Balon jojeye alınan 1 mL kurutulmuş kızılılık ekstraktı üzerine 5 mL distile su ve 0.3 mL NaNO₂ (% 5) eklenerek karıştırılmıştır. 5 dk sonra 0.6 mL AlCl₃.6H₂O (% 10) ilave edilmiş ve 5 dk bekletilmiştir. Ardından 2 mL NaOH (1 M) eklenerek balon joje (10 mL) su ile çizgisine tamamlanmıştır. Karıştırıldıktan sonra absorbans değeri, spektrofotometre cihazında (UV 1800, Shimadzu, Japan) 510 nm dalga boyunda havaya karşı okunmuştur. Örneklerin toplam flavonoid madde miktarı, (+)-kateşin standart kurvesine göre belirlenmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Kateşin standart kurve

3.3.6 Antioksidan Aktivite Tayini

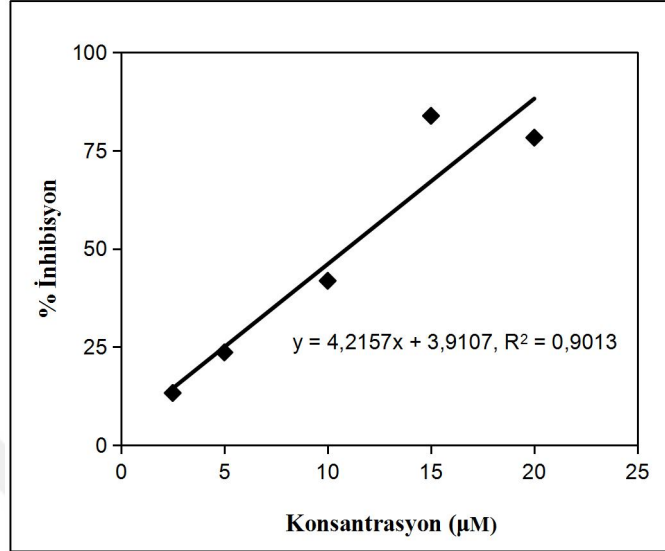
Kurutulmuş örneklerin antioksidan aktivitesi TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Activity) yöntemi ile belirlenmiştir (Re vd., 1999). Yöntemin prensibi, potasyumpersülfat ($K_2S_2O_8$) ve ABTS (2,2'- azinobis-3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) çözeltilerinin karışımından oluşan ABTS*+ radikalinin belirli zaman aralığında indirgenmesine dayanmaktadır.

Yönteme göre analize başlamadan önce ABTS*+ radikal çözeltisi ve etanol karışımı spektro kuvetine alınıp bu karışımın absorbansı 0.720-0.680 arasında sabitlenmiştir. 1 mL ABTS*+ radikal çözeltisi spektro küvetine alınıp üzerine 5 µL örnek ekstraktı eklenip absorbans değeri 734 nm dalga boyunda 6 dakika boyunca ölçülmüştür. Her dakikada okunan absorbans değeri kaydedilmiştir. Altıncı dakika sonunda ölçülen absorbans değeri esas alınıp başlangıçta ölçülen değere göre % inhibisyon oranı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{İnhibisyon oranı (\%)} = \frac{\text{Başlangıç absorbans değeri} - \text{Son absorbans değeri}}{\text{Başlangıç absorbans değeri}} \times 100$$

Örneklerin antioksidan aktivitesi, Troloks standart kurvesine göre belirlenmiştir. Kurutulmuş kızılıcık örneklerindeki antioksidan aktivite, µM Troloks

eşdeğeri olarak ifade edilmiştir. Farklı konstrasyonlardaki Troloks çözeltileri hazırlanarak ABTS^{•+} radikalinin % inhibisyon değerleri hesaplanmıştır. Troloks çözeltileri standart kurvesi şekil 3.3’de görülmektedir.



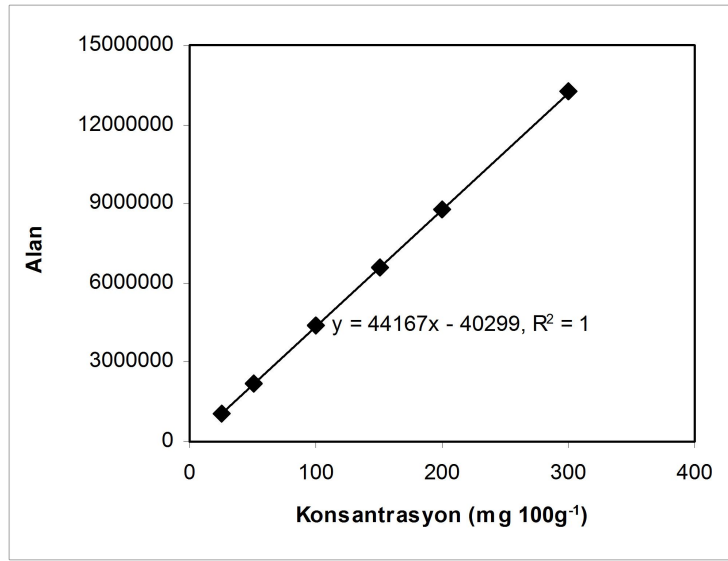
Şekil 3.3. Troloks standart kurve

3.3.7 L-Askorbik Asit Ekstraksiyonu

L-askorbik asit ekstraksiyonu için 10 g kurutulmuş kıvılcık üzerine 50 mL % 2’lik m-fosforik asit (MFA) ilave edilmiştir. Homojenizatör ile 3 dakika homojenize edilip, karışım erlene alındıktan sonra çalkalayıcıda 15 dakika süreyle karıştırılmıştır. Filtre kağıdı ile Buchner hunisinden süzildikten sonra 50 mL’ye % 2’lik MFA ile tamamlanmış ve analize kadar -20 °C’de muhafaza edilmiştir (Abushita vd, 1997).

3.3.8 L-Askorbik Asit Analizi

Kıvılcıklardaki L-askorbik asit miktarı, HPLC’de isokratik sistemde 245 nm dalga boyunda Perkin Elmer C 18 kolon (5 µm, 250 x 4.6 mm i.d.) ile belirlenmiştir. Mobil faz olarak 1mL/dak akış hızındaki 0.05 M potasyumdihidrojenfosfat (KH₂PO₄) kullanılmıştır. Sonuçlar, L-askorbik asit standart kurvesine göre belirlenmiştir (Sanchez-Mata vd., 2000).



Şekil 3.4. L-askorbik asit kurvesi

3.3.9 Antosiyanin Ekstraksiyonu

Antosiyanin bileşiklerin ekstraksiyonu için 5 g kurutulmuş kıvılcık örneği, 10 mL ekstraksiyon çözeltisi (% 0.2'lik HCl ile asitlendirilmiş metanol) ile homojenize edilmiş ve 20 °C'de ultrasonik su banyosunda 10 dakika bekletilmiştir. Karışım 3500 rpm'de 15 dk santrifüj edilmiş ve üstteki faz alınmıştır. Ekstraksiyon işlemi, kalan örnekte tekrarlanmış ve elde edilen fazlar analiz süresine kadar kahverengi şişede -20 °C'de depolanmıştır (Canuto vd., 2016).

3.3.10 Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı Tayini

Kurutulmuş kıvılcık ekstraktlarında toplam monomerik antosiyanin miktarı, pH diferansiyel metoduna göre belirlenmiştir. Bu yöntemde amaç, antosiyaninlerin maksimum absorbens gösterdikleri dalga boyundaki absorbens değerlerinin, ortamın pH değeri değişiminde ölçümüne dayanmaktadır (Guisti ve Wrolstad, 2001). Örnekler, pH 1.0 ve pH 4.5 tampon çözeltileri ile seyreltilmiştir. Seyreltilen örneklerin absorbens değerleri 516 (λ vis-max) ve 700 nm dalga boylarında spektrofotometrede okunmuştur.

Toplam monomerik antosiyanin miktarı aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam monomerik antosiyanin miktarı} = \frac{(A) \times (MW) \times (Sf)}{(\epsilon) \times \ell} \times 1000$$

$$A = (A_{\lambda_{\text{vis-max}}} - A_{700})_{\text{pH 1.0}} - (A_{\lambda_{\text{vis-max}}} - A_{700})_{\text{pH 4.5}}$$

A: Absorbans farkı

MW: Siyanidin-3-galaktozitin molekül ağırlığı (449.92)

Sf: Seyreltme faktörü

ϵ : Absorbsiyon katsayısı

ℓ : Spektrofometrede küvet kalınlığı (1 cm)

3.3.11 Renk Yoğunluğu ile Polimer Rengin Hesaplanması

Örneklerdeki renk yoğunluğu ve polimerik rengin belirlenmesinde sodyum bisülfite kullanılmıştır. Seyreltilen örnekler ayrı ayrı su ve potasyum bisülfite eklenmiştir. 15 dakika bekletildikten sonra spektrofotometre cihazında (UV 1800, Shimadzu, Japan) 420, 700 ve 516 nm ($\lambda_{\text{vis-max}}$) dalga boylarında okuma yapılmıştır.

Yöntemin prensibi potasyum bisülfite çözeltisi eklendiğinde monomerik antosiyaninlerin bisülfite reaksiyona girerek renksiz bileşik oluşturması; polimerik antosiyaninlerin ise renklerini korumalarına dayanmaktadır. Oluşan esmer renkli bileşiklerin miktarı spektrofotometrede okunan değerler yoluyla bulunmuştur.

Renk yoğunluğu bisülfite uygulanmamış yani yalnızca saf su eklenmiş örneğin okunan absorbans değeri yardımıyla aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$\text{Renk Yoğunluğu} = [(A_{\lambda_{\text{vis-max}}} - A_{700}) + (A_{420} - A_{700})] \times (D.F)$$

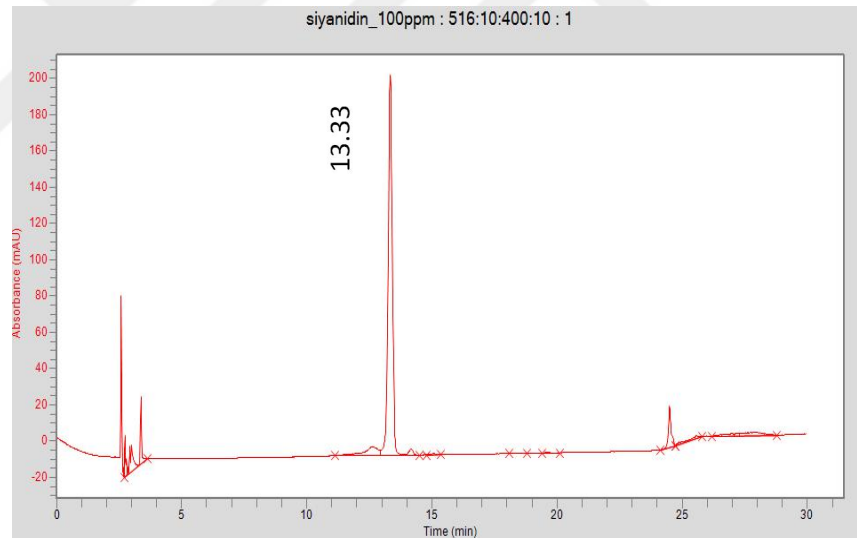
Polimerik renk; bisülfite uygulanmış küvette bulunan örneğin absorbans değeri yardımıyla aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır (Guisti ve Wrolstad, 2001).

$$\text{Polimerik Renk} = [(A_{\lambda_{\text{vis-max}}} - A_{700}) + (A_{420} - A_{700})] \times (D.F)$$

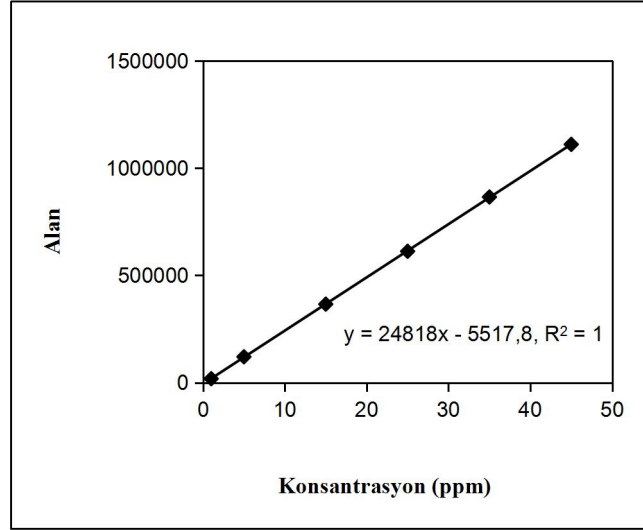
$$\text{Polimerik Renk Oranı} = (\text{Polimerik Renk} / \text{Renk Yoğunluğu})$$

3.3.12 HPLC ile Antosiyanin Bileşiklerin Tayini

Kurutulan kızılcıklarda siyanidin-3-galaktozit bileşiği, Kucharska vd. (2015) tarafından önerilen yöntemle göre HPLC (Flexar, Perkin Elmer, USA) ile belirlenmiştir. Bu yöntemde gradient sistemde mobil faz olarak % 4.5 formik asit: su karışımı (v/v) ve % 100 asetronitril kullanılmıştır. Siyanidin-3-galaktozit, kolon fırın sıcaklığı 30 °C olan Perkin Elmer C 18 kolon'da (5 µm, 250 x 4.6 mm i.d.), 1 mL/dakika akış hızında ve 20 µL enjeksiyon hacminde PDA (photodiode array) dedektörü kullanılarak spektrum taraması yapıldıktan sonra maksimum dalga boyunda (516 nm) belirlenmiştir. Örneklerdeki siyanidin-3-galaktozit, örnek kromatogramdan elde edilen pikin geliş süresi ile siyanidin-3-galaktozit standardına ait pikin geliş süresinin karşılaştırılması ile tanımlanmıştır (Şekil 3.5). Örneklerdeki siyanidin-3-galaktozit miktarı standart maddenin kurvesinden hesaplanmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.5. Siyanidin-3-galaktozit standardına ilişkin kromatogram



Şekil 3.6. Siyanidin-3-galaktozit standart kurve

3.3.13 Kinetik Parametrelerin Hesaplanması

Bu araştırmada, farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılıçık meyvesinin L-askorbik asit ve toplam monomerik antosiyanin kaybının birinci derece reaksiyon kinetiğine, toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde miktarlarındaki azalışın ikinci derece ve ve polimerik renkteki artışın sıfıncı derece reaksiyon kinetiğine göre gerçekleştiği saptanmıştır.

Sıfırınca, birinci ve ikinci derece reaksiyon kinetiğini tanımlayan eşitlikler aşağıda verilmiştir.

Sıfırinci derece reaksiyon kinetiğini tanımlayan eşitlik:

$$C = C_0 \pm k_0 \times t$$

Birinci derece reaksiyon kinetiğini tanımlayan eşitlik:

$$\log C = \log C_0 - k_1 / 2.303 \times t$$

İkinci derece reaksiyon kinetiğini tanımlayan eşitlik:

$$1 / C = 1 / C_0 + k_2 t$$

Burada;

C_0 : İncelenen bileşiğin başlangıç konsantrasyonu

C : İncelenen bileşiğin t süre sonra konsantrasyonu

k_0 : Sıfırıncı derece reaksiyon hız sabiti (konsantrasyon süre^{-1})

k_1 : Birinci derece reaksiyon hız sabiti (süre^{-1})

k_2 : İkinci derece reaksiyon hız sabiti ($1 / \text{konsantrasyon süre}$)

t : Süre

3.3.13.1 Aktivasyon Enerjisinin Hesaplanması

Aktivasyon enerjisinin hesaplanmasında aşağıda belirtilen Arrhenius eşitliği kullanılmıştır.

$$\ln k = \ln k_0 - (E_a / R) (1 / T)$$

Burada:

k : Hız sabiti

k_0 : Frekans faktörü

E_a : Aktivasyon enerjisi (kkaL mol^{-1})

R : Gaz sabiti ($1.987 \text{ kkaL mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$)

T : Sıcaklık (K)

3.3.13.2 Q_{10} Değerinin Hesaplanması

Reaksiyonun sıcaklığa bağımlılığını ifade eden diğer bir parametre olan Q_{10} değeri aşağıda verilen eşitliğe göre hesaplanmaktadır.

$$Q_{10} = k_2 / k_1^{(10/T_2 - T_1)}$$

Burada;

k_1 : T_1 sıcaklığındaki reaksiyon hızı

k_2 : T_2 sıcaklığındaki reaksiyon hızı

3.3.13.3 Yarılanma süresinin ($t_{1/2}$) hesaplanması

Yarılanma süresi, incelenen bileşiğin % 50'sinin kaybolması için gerekli süredir. Birinci derece reaksiyon kinetiğine ilişkin yarı ömür süresi eşitliği aşağıda verilmiştir.

Birinci derece reaksiyon kinetiği için:

$$t_{1/2} = 0.693 / k$$

3.3.13.4 Desimal Azalma Süresinin (D değeri) Hesaplanması

Desimal azalma süresi, incelenen bileşiğin % 90'nın parçalanması için gerekli süre olarak tanımlanmakta ve aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$D = 2.303 / k$$

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

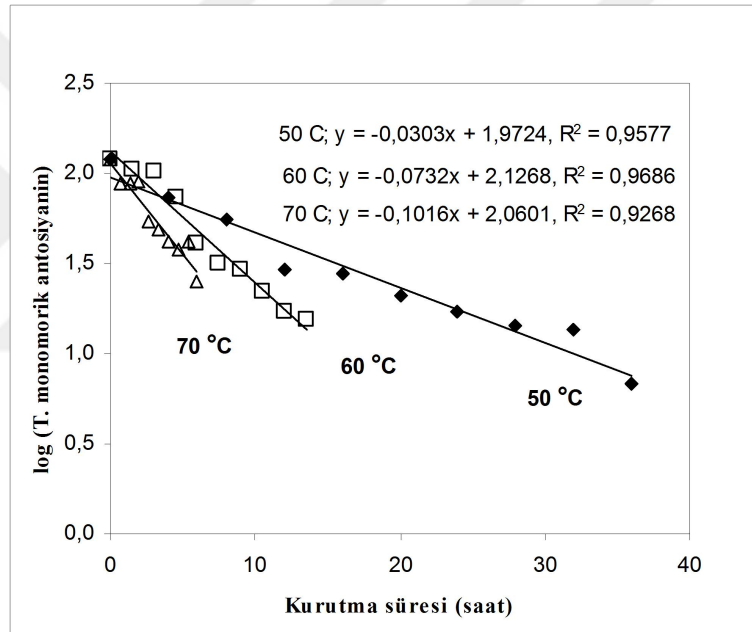
Farklı sıcaklıklarda (50°, 60°, 70 °C) kurutulan kıvılcıklarda kurutma süresince meydana gelen; L-askorbik asit, toplam monomerik antosiyanin, toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde miktarları, antioksidan aktivite, görsel renk değerleri ve polimerik renk oranı değerlerinin reaksiyon kinetiğine uygunluğu incelenmiştir. Kurutma işlemi uygulanmayan taze kıvılcık meyvesine ilişkin bazı kimyasal ve fiziksel özellikler Çizelge 4.1’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.1. Taze Kıvılcığa İlişkin Bazı Kimyasal ve Fiziksel Özellikler

Özellik	Sonuç
L-askorbik asit (mg 100g ⁻¹)	155.5
Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı (mg 100g ⁻¹)	118.6
Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg kg ⁻¹)	1538.6
Toplam Flavonoid Madde Miktarı (mg kg ⁻¹)	366.94
Antioksidan Aktivite (µmol TE mL ⁻¹)	18.89
Antosiyanin (siyanidin-3-galaktozit) (mg 100g ⁻¹)	58.78
Görsel Renk Değerleri	
<i>L</i> *	26.9
<i>a</i> *	25.46
<i>b</i> *	12.75
<i>Chroma</i>	28.62
<i>Hue</i>	25.33

4.1 Toplam Monomerik Antosiyanin

Kızılcıkların 50°, 60° ve 70 °C sıcaklıklarda kurutulması sonrasında toplam monomerik antosiyanin miktarının birinci derece reaksiyon kinetiğine göre kayba uğradığı belirlenmiştir (Şekil 4.1). Kırca vd. (2006), siyah havuç suyu konsantrasyonuna ilişkin toplam monomerik antosiyanin miktarının farklı sıcaklıklarda (70°, 80°, 90 °C) birinci derece reaksiyon kinetiğine göre azaldığını bildirmiştir. Bunun yanı sıra Garzon ve Wrolstad (2002), toplam monomerik antosiyanin kaybını birinci derece reaksiyon olarak belirtmiştir. Kechinski vd. (2010), yaban mersini suyuna 40-70 °C arasında sıcaklık uygulamış ve monomerik antosiyanin kaybının birinci derece reaksiyon kinetiğine göre azaldığını bildirmiştir.

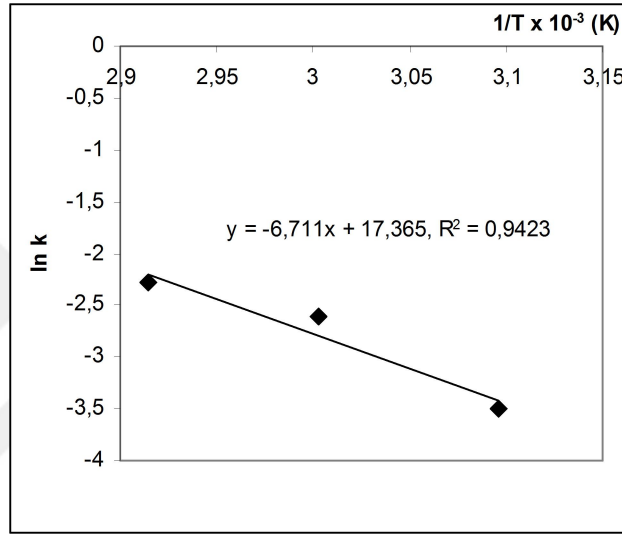


Şekil 4.1. Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş kızılcıklarda toplam monomerik antosiyanin miktarındaki değişim

Kızılcıkların kurutma öncesindeki toplam monomerik antosiyanin miktarı kuru ağırlıkta 118.6 mg kg⁻¹ belirlenmiştir. Bu değer, 50 °C’de 36 saat kurutma sonrasında % 94.2 kayba uğramış ve 6.9 mg kg⁻¹’a düşmüştür. Toplam monomerik antosiyanin miktarı, 60 °C’de 13.5 saat ve 70 °C’de 6 saat kurutma sonrasında sırasıyla % 86.9 ve % 78.8 azalarak 15.5 ve 25.1 mg kg⁻¹ bulunmuştur. Kurutma sıcaklığı 50 °C’den 60 °C’ye yükseldiğinde toplam monomerik antosiyanin miktarındaki kaybın 2.4 kat (Q₁₀); 60 °C’den 70 °C’ye yükseldiğinde ise 1.4 kat (Q₁₀) hızlandığı saptanmıştır. Toplam monomerik antosiyanin miktarının % 90’nının

parçalanması için geçen süre (D değeri) 33 saat bulunurken, 60° ve 70 °C sıcaklıklarda bu süre sırasıyla 13.6 ve 9.8 saat belirlenmiştir. Kurutulan kıvılcıklarda toplam monomerik antosiyanin değişimine ilişkin kinetik parametreler Ek A'da belirtilmiştir.

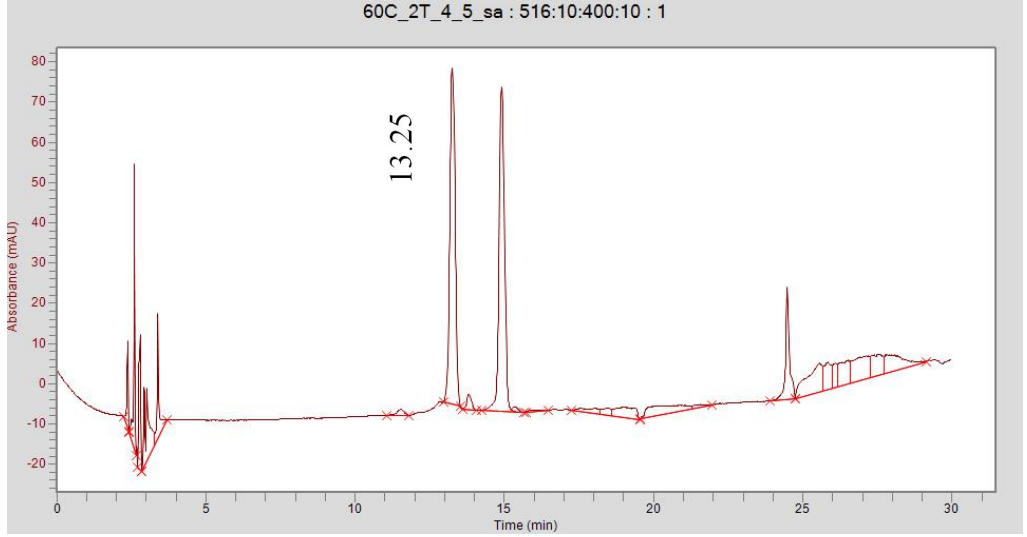
Farklı sıcaklıklarda kurutulan kıvılcıklarda toplam monomerik antosiyanin kaybına ilişkin aktivasyon enerjisi Arrhenius grafiğinden (Şekil 4.2) hesaplanmış ve 13.3 kkal mol⁻¹ bulunmuştur.



Şekil 4.2. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kıvılcıklarda toplam monomerik antosiyanin kaybına ilişkin Arrhenius grafiği

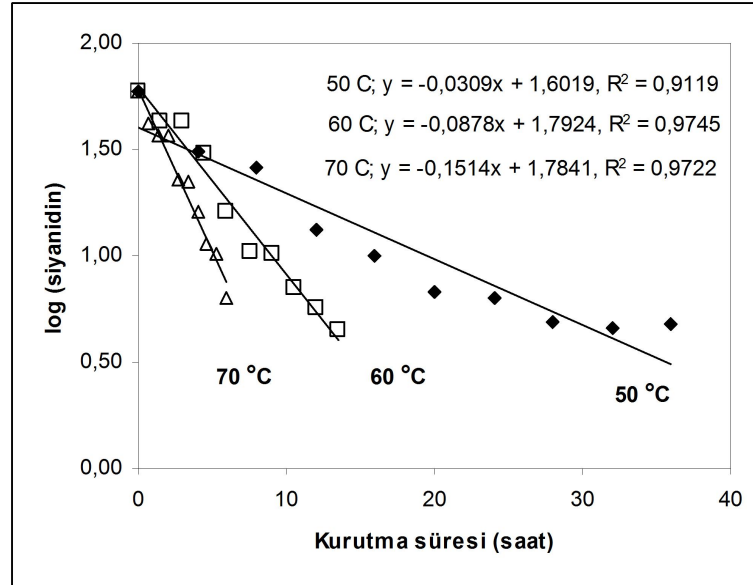
4.2 Antosiyanin (siyanidin-3-galaktozit)

Kıvılcık meyvesinde belirlenen antosiyanin çeşidinin siyanidin-3-galaktozit olduğu ve kıvılcığın 50°, 60° ve 70 °C sıcaklıklarda kurutulması sonrasında birinci derece reaksiyon kinetiğine göre kayba uğradığı belirlenmiştir (Şekil 4.3). Harbourne vd. (2008), Patras vd. (2010), Wang ve Xu (2007), Canuto vd. (2016) da antosiyanin parçalanmasının birinci derece reaksiyon kinetiğiyle gerçekleştiğini belirtmiştir.



Şekil 4.3. Kurutulmuş kıvılcıkta siyanidin-3-galaktozite ilişkin kromatogram

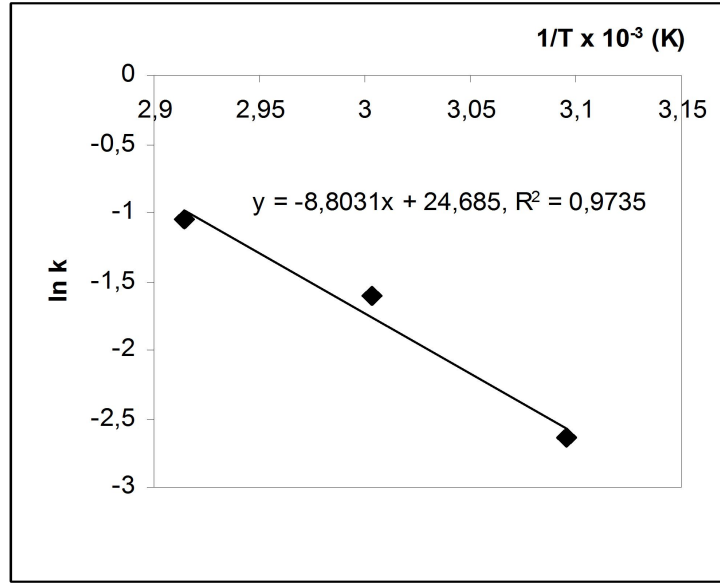
Başlangıç miktarı $58.78 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ olan siyanidin-3-galaktozitin, kıvılcıkların 50° , 60° ve 70°C sıcaklıklarda kurutulması sonrasında sırasıyla % 92, % 92.4 ve % 89.2 düzeylerinde kaybolduğu gözlenmiştir. Farklı sıcaklıklarda kurutma sonrasında kıvılcıklarda kalan siyanidin miktarı, en fazla 70°C 'de kurutulan örnekte belirlenmiştir. 70°C kurutma işleminde istenilen son kuru madde miktarına 6 saatte ulaşılırken 50°C de 36 saatte ulaşılmıştır. Dolayısıyla; kurutma süresinin uzunluğu antosiyanin kaybını artırmıştır.



Şekil 4.4. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kıvılcıklarda siyanidin-3-galaktozit miktarındaki değişim

Bu araştırmada, kızılıctaki siyanidin-3-galaktozit miktarının başlangıca göre kurutma sıcaklığına ve süresine bağlı olarak azaldığı gözlenmiştir. Kızılıclarda siyanidin miktarındaki azalmaya ilişkin hız sabiti 50°, 60°, 70 °C’de sırasıyla 0.071, 0.202 ve 0.349 saat⁻¹ olarak bulunmuştur. Bununla birlikte kurutma sıcaklığı 50 °C’den 60 °C’ye çıkarıldığında siyanidin miktarının 2.8 kat hızla azaldığı; 60 °C’den 70 °C’ye çıkarıldığında ise bu değerin 1.7 kat olduğu saptanmıştır. Yani, düşük sıcaklıklardaki değerimin siyanidin-3-galaktozit miktarındaki kayıp üzerinde daha fazla etkili olduğu gözlenmiştir. Siyanidinin yarı ömür süreleri ise 50 °C’de 9.7 saat, 60 °C’de 3.4 saat ve 70 °C’de 2 saat bulunmuştur. Siyanidin-3-galaktozitin sıcaklığa duyarlılığı D değerı ile de belirlenmiş ve 50°, 60°, 70 °C sıcaklıklarda sırasıyla 32.4, 11.4 ve 6.6 saat hesaplanmıştır. Kurutulan kızılıclarda siyanidin-3-galaktozit değerimine ilişkin kinetik parametreler Ek A’da belirtilmiştir.

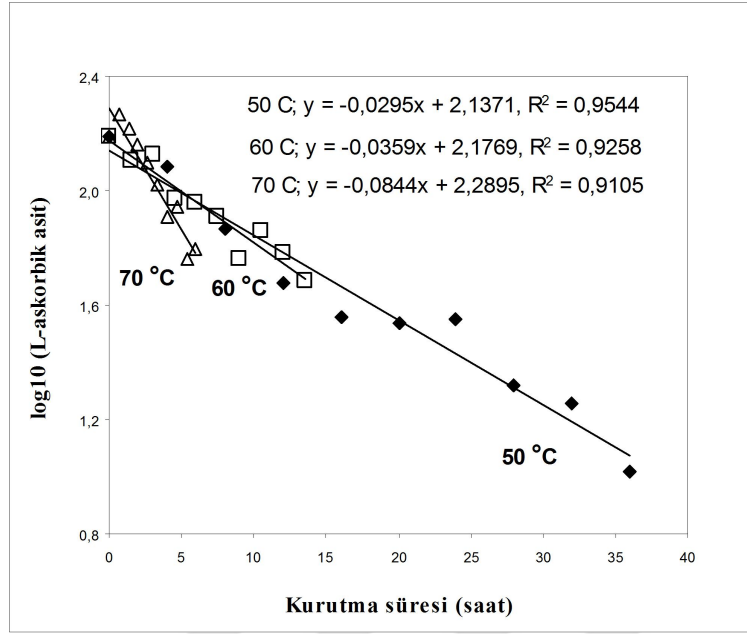
Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılıclarda siyanidin miktarının kaybına ilişkin aktivasyon enerjisi Arrhenius grafiğinden (şekil 4.5) hesaplanmış ve 17.5 kkaL moL⁻¹ (73.04 kJ moL⁻¹) bulunmuştur. Verbeyst vd. (2011), ahududuya farklı sıcaklık uygulaması sonrasında antosiyanin kaybının birinci derece reaksiyon kinetiğine uygun olduğunu ve siyanidin-3-glukozit kaybına ilişkin Ea değerini 70.5 kJ moL⁻¹ olduğunu belirtmiştir. Aynı şekilde Liang vd. (2011), sıcaklığa bağlı olarak kan portakalındaki siyanidin-3-glukozit miktarının azalışını birinci derece reaksiyon kinetiğine uygun bulmuş ve Ea değerini 75.4 kJ moL⁻¹ olarak belirtmiştir. Bu araştırmalarda siyanidin-3-glukozit kaybına ilişkin aktivasyon enerjilerinin bu çalışmada elde edilen aktivasyon enerjisi ile uygunluk gösterdiği saptanmıştır.



Şekil 4.5. Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş kızılcıklarda siyanidin-3-galaktozid kaybına ilişkin Arrhenius grafiği

4.3 L-Askorbik Asit

Kızılcık meyvesinin 50°, 60° ve 70 °C sıcaklıklarda kurutulması sonrasında L-askorbik asit miktarının birinci derece reaksiyon kinetiğine göre kayba uğradığı belirlenmiştir (Şekil 4.6). Mendez-Lagunas vd. (2017), çileğin 50° ve 60 °C’de konveksiyonel kurutucuda kurutma sonrasında askorbik asidin birinci derece reaksiyon kinetiğine göre kayba uğradığını bildirmektedir. Bununla birlikte, Kurozawa vd. (2014), papaya meyvesi ve Demiray vd. (2013), domates için askorbik asit parçalanmasının birinci derece reaksiyona uyduğunu belirlemişlerdir.



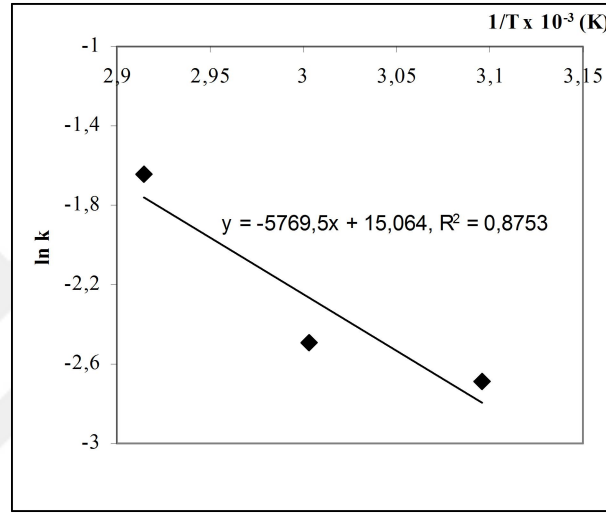
Şekil 4.6. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılçıklarda L-askorbik asit miktarındaki değişim

Başlangıç L-askorbik asit miktarı $155.5 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ olan kızılçıkların 50°C 'de 36 saat, 60°C 'de 13.5 saat ve 70°C 'de 6 saat kurutma sonunda sırasıyla $10.5 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$; $48.2 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ ve $63 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ 'a düşmüştür. Kurutma sonrasında en fazla kalan L-askorbik miktarı, 70°C 'de kurutulan örnekte belirlenmiştir. Bu durum, kızılçıkların düşük sıcaklıkta uzun sürede; yüksek sıcaklıkta ise kısa sürede kurutulması ile ilişkilendirilmektedir.

Bu araştırmada, kızılçıklarda L-askorbik asit miktarının kurutma sıcaklığına ve süresine bağlı olarak azaldığı gözlenmiştir. Kızılçıklarda L-askorbik asit miktarındaki azalmaya ilişkin hız sabiti 50°C 'de kurutma sırasında 0.068 saat^{-1} iken, 60° ve 70°C sıcaklıklarda kurutma sırasında sırasıyla 0.083 ve 0.194 saat^{-1} bulunmuştur. Ayrıca, L-askorbik asit kaybına ilişkin Q_{10} değerleri 50 - 60°C sıcaklık aralığı için 1.2 ; 60 - 70°C sıcaklık aralığı için ise 2.4 bulunmuştur. L-askorbik asidin yarı ömür süreleri ise 50° , 60° ve 70°C kurutma sıcaklıklarında sırasıyla 10.2 , 8.4 ve 3.6 saat hesaplanmıştır. Kurutulan kızılçıklarda L-askorbik asit kaybına ilişkin kinetik parametreler Ek A'da belirtilmiştir.

Kızılçıkların kurutulma sırasındaki L-askorbik asit miktarındaki değişime ilişkin aktivasyon enerjisi $11.5 \text{ kkal mol}^{-1}$ (48.2 kJ mol^{-1}) hesaplanmış ve literatürle uyumlu olduğu görülmüştür. L-askorbik asit kaybına ilişkin Arrhenius grafiği Şekil

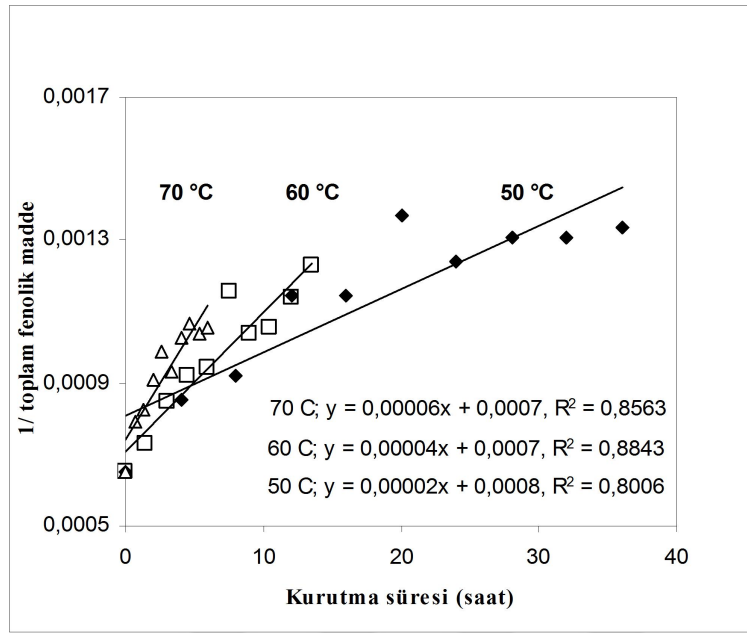
4.7'de görülmektedir. Demiray vd. (2013), domateslerin kurutma sonrası askorbik asit kaybına ilişkin aktivasyon enerjisini 47 kJ mol^{-1} olarak bildirmiştir. Askorbik asit degradasyonuna ilişkin yapılan kurutma çalışmalarında aktivasyon enerjisi böğürtlende 37.2 , (Cisse vd, 2009); kırmızı biberde 26.9 kJ mol^{-1} , portakal suyunda 37.2 kJ mol^{-1} (Vikraam vd., 2005) bildirilmiştir. Depolama sırasında meydana gelen askorbik asit kaybına ilişkin aktivasyon enerjisi portakal, limon ve greyfurt suyu konsantreleri için sırasıyla 25.16 , 12.77 ve $18.37 \text{ kJ mol}^{-1}$ olarak bulunmuştur (Burdurlu vd., 2006).



Şekil 4.7. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kıızılcıklarda L-askorbik asit kaybına ilişkin Arrhenius grafiği

4.4 Toplam Fenolik Madde Miktarı

Kızılcık meyvesinin 50° , 60° ve 70° C sıcaklıklarda kurutulması sonrasında toplam fenolik madde miktarının ikinci derece reaksiyon kinetiğine göre kayba uğradığı belirlenmiştir (Şekil 4.8). Diğer taraftan, Radovanovic vd. (2017), vişne ve ahudududa, Zhou vd. (2016), kırmızı biberde ve Zoric vd. (2017), vişnede depolama/ısı işlem sonrasında toplam fenolik madde miktarındaki kaybı birinci derece bulmuştur.

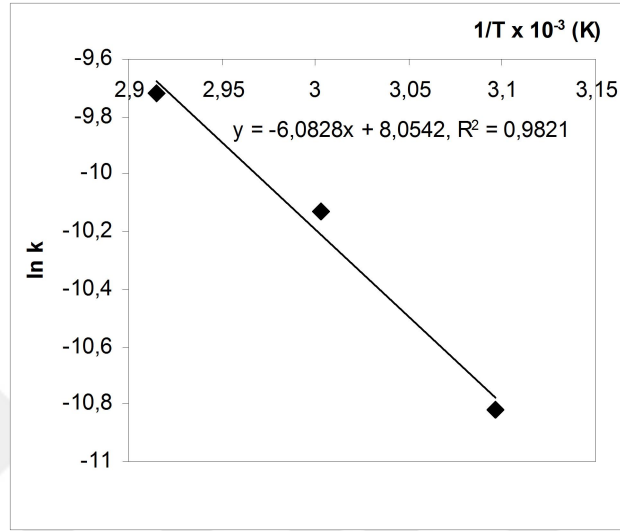


Şekil 4.8. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılçıklarda toplam fenolik madde miktarındaki değişim

Başlangıç toplam fenolik madde miktarı kuru ağırlıkta $1538.60 \text{ mg kg}^{-1}$ kızılçıkların, 50 °C 'de 36 saat kurutulması sonrasında 750 mg kg^{-1} , 60 °C 13.5 saat kurutulması sonrasında 813.5 mg kg^{-1} ve 70 °C 6 saat kurutulması sonrasında 945.3 mg kg^{-1} 'e düştüğü görülmektedir. 50 °C 'de kurutulan kızılçıklar, 70 °C 'de kurutulanlara kıyasla toplam fenolik madde miktarı kaybı daha fazla olduğu gözlenmektedir. Bunun sebebi ise kurutma sıcaklığı arttıkça kurutma süresi azalması olarak düşünülmektedir. Mrad vd. (2012), armut meyvesini 30 °C 'de 10 saat, 70 °C 'de ise 2 saat kurutma sonrasında 30 °C 'de kurutulan armutta toplam fenolik madde kaybının daha fazla olduğunu bildirmiştir. Garau vd. (2007), kurutma süresi uzadıkça toplam fenolik madde kaybının artabileceğinden söz etmiştir.

Bu çalışmada, kızılçıkların 50 °C 'de toplam fenolik madde miktarındaki kayba ilişkin hız sabiti (k) 0.00002 ; 60 °C 'de 0.00004 iken 70 °C 'de $0.00006 \text{ kg mg}^{-1} \text{ saat}^{-1}$ hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra sıcaklık 50 °C 'den 60 °C 'ye artırıldığında toplam fenolik madde miktarındaki azalışın 2.5 kat daha hızlı gerçekleştiği, 60 °C 'den 70 °C 'ye çıkarıldığında ise 1.5 kat hızlandığı görülmektedir. Kurutulan kızılçıklarda toplam fenolik madde kaybına ilişkin kinetik parametreler Ek B'de belirtilmiştir.

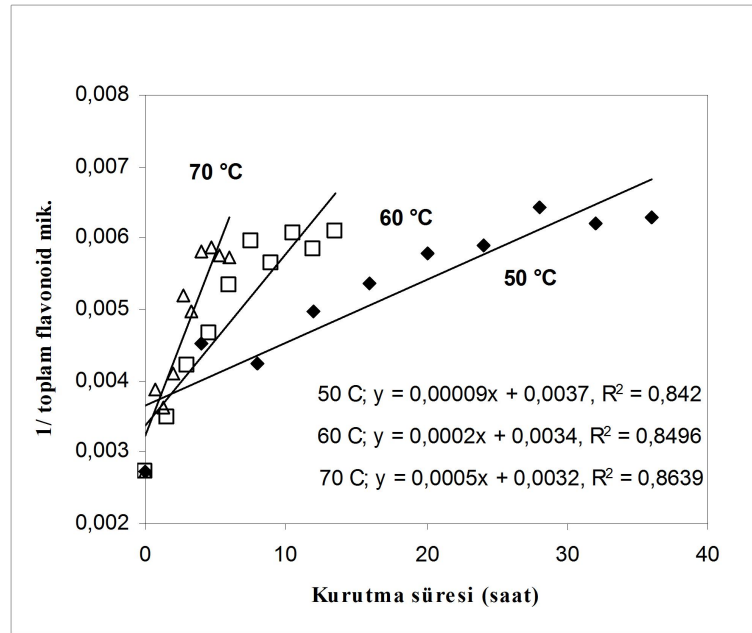
Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıklarda toplam fenolik madde miktarı kaybına ilişkin aktivasyon enerjisi Arrhenius grafiğinden (Şekil 4.9) hesaplanmış ve $12.1 \text{ kkal mol}^{-1}$ ($50.63 \text{ kJ mol}^{-1}$) bulunmuştur. Karaaslan vd., (2013), narın sıcaklık etkisiyle toplam fenolik madde parçalanmasına ilişkin aktivasyon enerjisini $54.50 \text{ kJ mol}^{-1}$ belirtmiştir.



Şekil 4.9. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıklarda toplam fenolik madde miktarının kaybına ilişkin Arrhenius grafiği

4.5 Toplam Flavonoid Madde Miktarı

Kızılcık meyvesinin 50° , 60° ve 70°C sıcaklıklarda kurutulması sonrasında toplam flavonoid madde miktarının ikinci derece reaksiyon kinetiğine göre kayba uğradığı belirlenmiştir (Şekil 4.10). Krishnan ve Rajan (2016), flavonoidlerin ısı etkisiyle parçalanmasının ikinci derece reaksiyon kinetiğine uyduğunu bildirmiştir.

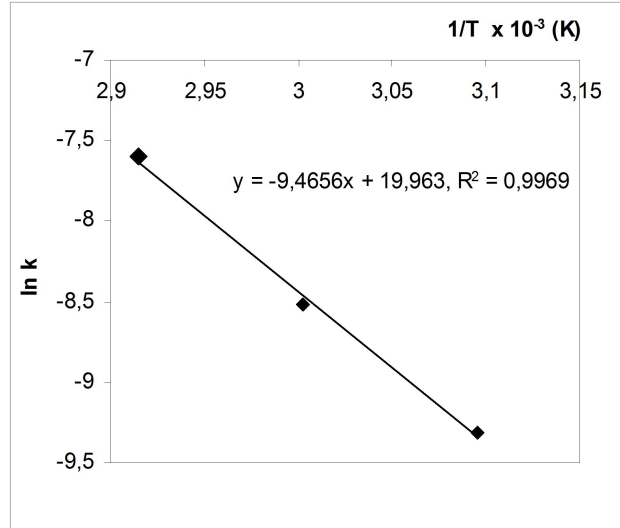


Şekil 4.10. Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş kızılçıklarda toplam flavonoid madde miktarındaki değişim

Kızılçıkların başlangıç toplam flavonoid madde miktarı, kuru maddede 366.94 mg kg⁻¹ belirlenmiş ve 50°, 60° ve 70 °C sıcaklıklarda kurutulması sonrasında sırasıyla 158.85 mg kg⁻¹, 164.26 mg kg⁻¹ ve 174.5 mg kg⁻¹'a düştüğü görülmüştür.

Bu çalışmada kurutulmuş kızılçıklarda toplam flavonoid madde miktarı, kurutma sıcaklık ve süresine bağlı olarak azalmıştır. Toplam flavonoid madde miktarındaki kayba ilişkin hız sabiti 50 °C'de 0.00009, 60 °C'de 0.0002 ve 70 °C'de 0.005 mg⁻¹ kg saat⁻¹ bulunmuştur. Ayrıca 50-60 °C'ye ait Q₁₀ değeri 2.3 iken 60-70 °C'ye ait Q₁₀ değeri 2.5 hesaplanmıştır. Buna göre; 50-70 °C kurutma sıcaklığı aralığında 10 °C'lik sıcaklık artışının toplam fenolik madde miktarındaki kaybı yaklaşık 2.5 kat artırdığı söylenebilir. Kurutulmuş kızılçıklarda toplam flavonoid madde miktarı kaybına ilişkin kinetik parametreler Ek B'de belirtilmiştir.

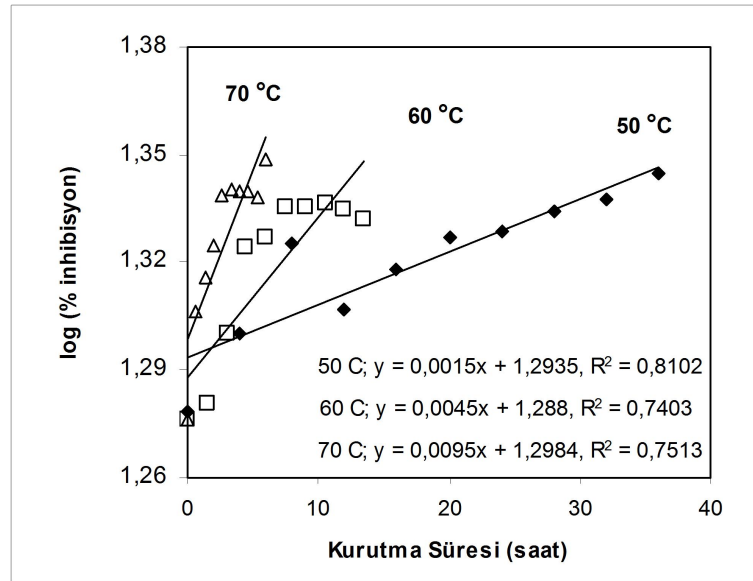
Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş kızılçıklarda toplam flavonoid madde miktarı kaybına ilişkin aktivasyon enerjisi Arrhenius grafiğinden (Şekil 4.11) hesaplanmış ve 18.81 kkal mol⁻¹ bulunmuştur.



Şekil 4.11. Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş kıvılcıklarda toplam flavonoid miktarının kaybına ilişkin Arrhenius grafiği

4.6 Antioksidan Aktivite

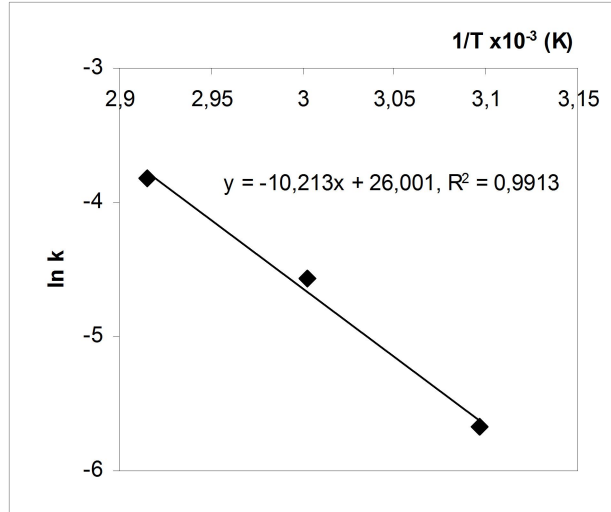
Kıvılcık meyvesinin 50°, 60° ve 70 °C sıcaklıklarda kurutulması sonrasında antioksidan aktivitenin birinci derece reaksiyon kinetiğine göre arttığı belirlenmiştir (Şekil 4.11). Kıvılcık meyvesinin kurutma işlemi uygulanmadan önceki antioksidan aktivite 18.89 µmol TE mL⁻¹ iken; 50°, 60° ve 70 °C’de kurutma sonrasında sırasıyla 22.11, 21,49 ve 22.32 µmol TE mL⁻¹ bulunmuştur. Dewanto vd. (2002), ısıtma işlemi uygulanan domatestede antioksidan aktivitenin arttığını belirtmiştir. Bu artışın sebebinin yüksek sıcaklıkta matriksten fazla miktarda salınan fitokimyasal bileşiklerden kaynaklanabileceği bildirilmektedir. Başka bir neden ise fenolikler ve flavonoidler gibi biyoaktif bileşiklerin aralarındaki sinerji etki olarak düşünülmektedir (Eberhardt vd., 2000). Bu çalışmada da antioksidan aktivitedeki artışın polimerik renk yoğunluğu ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Nitekim; polimerik renk ve antioksidan aktivite arasında önemli bir korelasyon saptanmıştır ($r = 0.64-0.83$, $p < 0.05$). Monomerik antosiyanin bileşiklerin polimerize olması sonucu oluşan bileşikler ile polimerik renk yoğunluğu artışında etkili olan, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sonucu meydana gelen bileşiklerin antioksidan özellik gösterdiği bildirilmektedir (Brownmiller vd., 2008).



Şekil 4.12. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıklarda antioksidan aktivite miktarındaki değişim

Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıklarda antioksidan aktivite değişimine ilişkin hız sabitleri 50 °C’de 0.0034, 60 °C’de 0.0103 ve 70 °C’de 0.218 saat⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Kızılcıklarda antioksidan aktivite değişimine ilişkin hız sabitinin kurutma sıcaklığına ve süresine bağlı olarak arttığı görülmektedir. Kurutma sıcaklığı 50 °C’den 60 °C’ye çıkarıldığında antioksidan aktivitenin artışı 3 kat iken 60 °C’den 70 °C’ye çıkarıldığında 2 kat hızlandığı tespit edilmiştir. Kurutulan kızılcıklarda antioksidan aktivite artışına ilişkin kinetik parametreler Ek B’de belirtilmiştir.

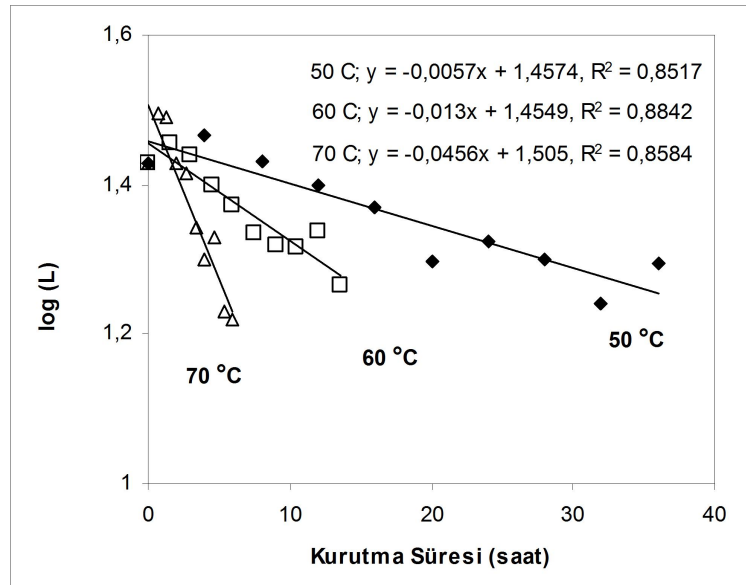
Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıklarda antioksidan aktivite değişimine ilişkin aktivasyon enerjisi Arrhenius grafiğinden (Şekil 4.13) hesaplanmış ve 20.3 kkal mol⁻¹ bulunmuştur.



Şekil 4.13. Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş kızılcıklarda antioksidan aktivitedeki değişime ilişkin Arrhenius Grafiği

4.7 Görsel Renk Değerleri

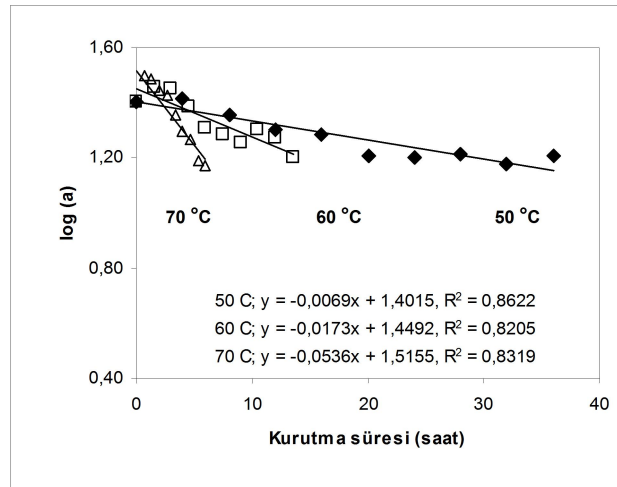
Kızılcık meyvesinin 50°, 60° ve 70 °C sıcaklıklarda kurutulması sonrasında rengindeki değişim CIE $L^* a^* b^*$ sistemine göre belirlenmiştir. Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş kızılcıklarda L^* değerinin birinci derece reaksiyon kinetiğine göre azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş kızılcıklarda L^* parametresindeki değişim

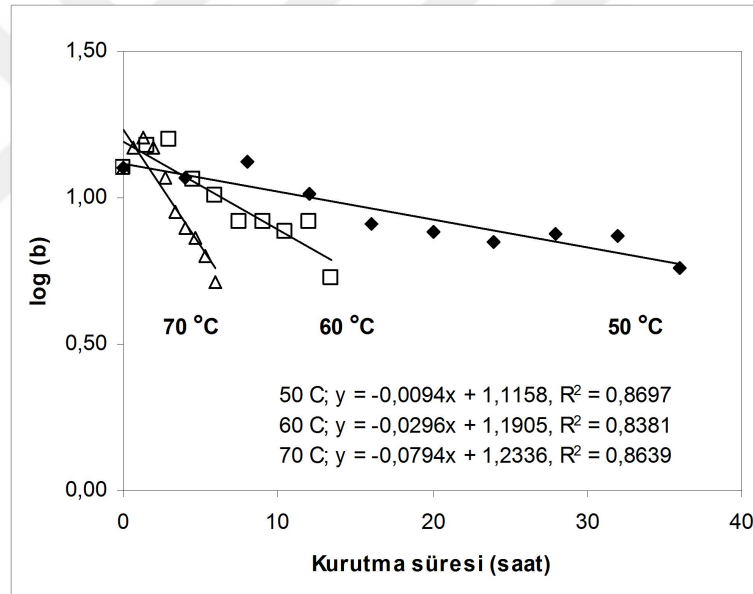
Başlangıçta L^* 26.9 iken 50 °C’de kurutma sonrasında % 26.8, 60° ve 70° C’de ise % 31.4 ve % 38.4 azalmış ve sırasıyla 19.7, 18.45 ve 16.57 değerine düşmüştür. Kızılıcılara ilişkin L^* değerinin sıcaklık arttıkça azaldığı görülmüştür. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılıcıkların L^* değerine ilişkin hız sabitleri 50°, 60° ve 70 °C’de sırasıyla 0.0131, 0.0299 ve 0.0507 olarak bulunmuştur. Kızılıcıkların L^* değerinin yarılanma süresi 50 °C’de 52.8 saat, 60 °C’de 23.14 saat iken 70 °C’de 6.6 saat hesaplanmıştır. Kızılıcıkların kurutma sıcaklığı arttıkça L^* değerinin yarılanma sürelerinin azaldığı tespit edilmiştir. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılıcıklarda L^* değerinin yüzde 90’nın azalması için geçen süre 50°, 60° ve 70 °C de sırasıyla 175.4 saat, 76.9 saat ve 21.9 saat bulunmuştur. Q_{10} değeri ise 50°-60 °C ve 60°-70 °C sıcaklık aralıkları için sırasıyla 2.3 ve 2.5 hesaplanmıştır.

Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılıcıklarda $+a^*$ ve $+b^*$ değerlerinin birinci derece reaksiyon kinetiğine göre azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.15, Şekil 4.16). Kızılıcıkların kurutma sıcaklığı ve süresine bağlı olarak renginin açıldığı gözlenmiştir. Kızılıcılara ilişkin $+a^*$ değeri başlangıçta 25.46; $+b^*$ değeri ise 12.75 ölçülmüştür. Kurutulan kızılıcıklarda sıcaklık ve süreye bağlı olarak $+a^*$ değerinin 50°, 60° ve 70 °C’de sırasıyla % 36.2, % 37.6 ve % 41.5; $+b^*$ değerinin ise aynı kurutma sıcaklıklarında sırasıyla % 54.6, % 58.2 ve % 59.4 kayba uğradığı gözlenmiştir. $+a^*$ ve $+b^*$ değerlerindeki kayıp oranlarının sıcaklık ve süreye bağlı olarak arttığı görülmektedir. Kurutulan kızılıcıkların sarı renk parametresinin kırmızı renk parametresine kıyasla sıcaklık ve süreden daha fazla etkilendiği belirlenmiştir.



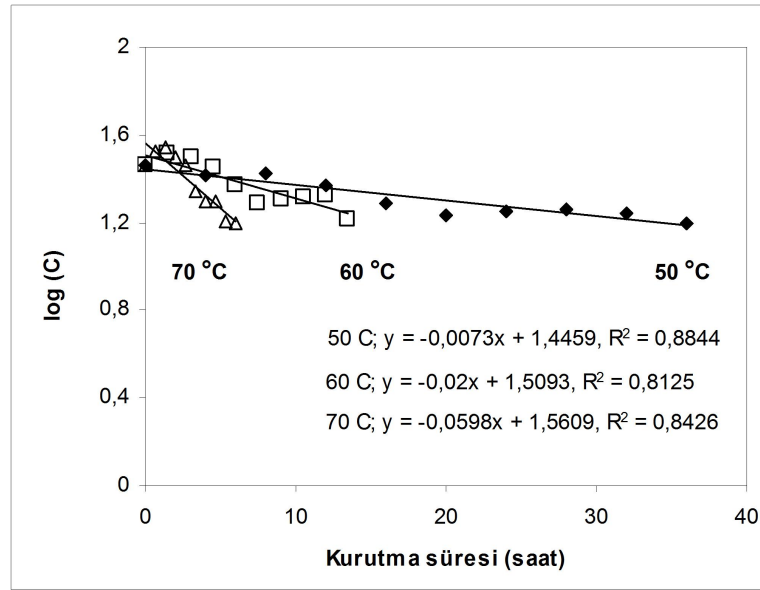
Şekil 4.15. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılıcıklarda $+a^*$ parametresindeki değişim

Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılıcıkların $+a^*$ değerine ilişkin hız sabiti (k) 50°, 60° ve 70 °C’de sırasıyla 0.016, 0.04 ve 0.123 saat⁻¹ iken $+b^*$ değerine ilişkin hız sabitleri sırasıyla 0.022, 0.068 ve 0.183 saat⁻¹ bulunmuştur. Kızılıcıkların 50 °C’de kurutulmasıyla $+a^*$ ve $+b^*$ parametresinin başlangıç değerinin yarısına düşmesi için geçen süre sırasıyla 43.6 ve 32 saat; 60 °C’de 17.4 ve 10.2 saat iken 70 °C’de 2 ve 3.8 saat olarak hesaplanmıştır. Kurutma sıcaklığı arttıkça $+a^*$ ve $+b^*$ değerlerinin yarıya düşmesi için geçen süre kısalmaktadır. Ayrıca kızılıcıkların $+a^*$ değerine ilişkin desimal azalma süresi 50°, 60° ve 70 °C’de sırasıyla 32.4 saat, 11.4 saat ve 6.6 saat iken $+b^*$ değeri için bu süre 106.3 saat, 33.8 saat ve 12.6 saat bulunmuştur. Kızılıcıklarda $+a^*$ değerine ilişkin Q_{10} değerleri 50-60 °C sıcaklık aralığı için 2.8; 60-70 °C sıcaklık aralığı için ise 1.7; $+b^*$ değerine ilişkin Q_{10} değerleri ise aynı sıcaklık aralıklarında sırasıyla 3.2 ve 2.7 bulunmuştur.

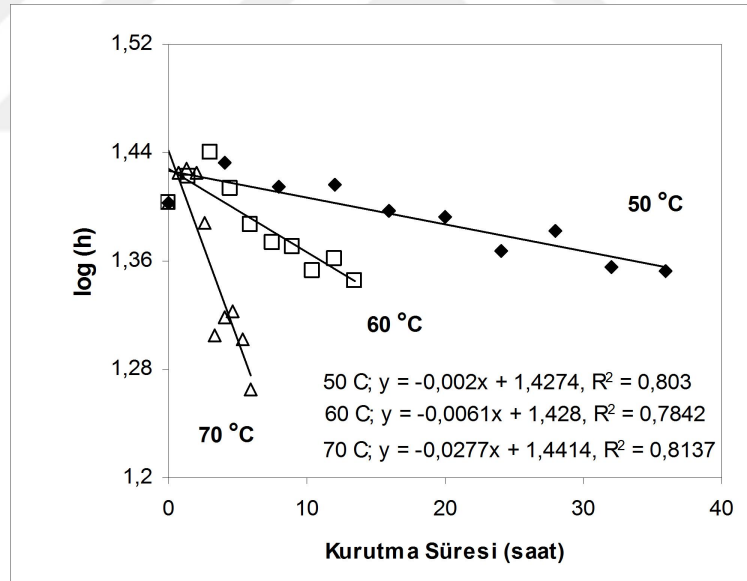


Şekil 4.16. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılıcıklarda $+b^*$ parametresindeki değişim

Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılıcıklarda Chroma (C) ve Hue (h) parametrelerinin birinci derece reaksiyon kinetiğine göre azaldığı belirlenmiştir. (Şekil 4.17; Şekil 4.18).



Şekil 4.17. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılıcıklarda Chroma parametresindeki değişim

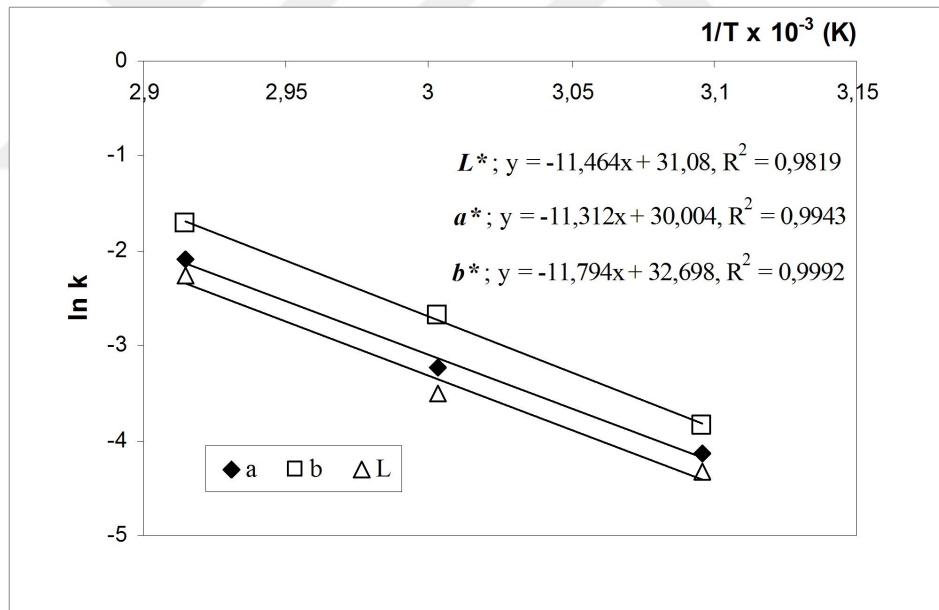


Şekil 4.18. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılıcıklarda Hue parametresindeki değişim

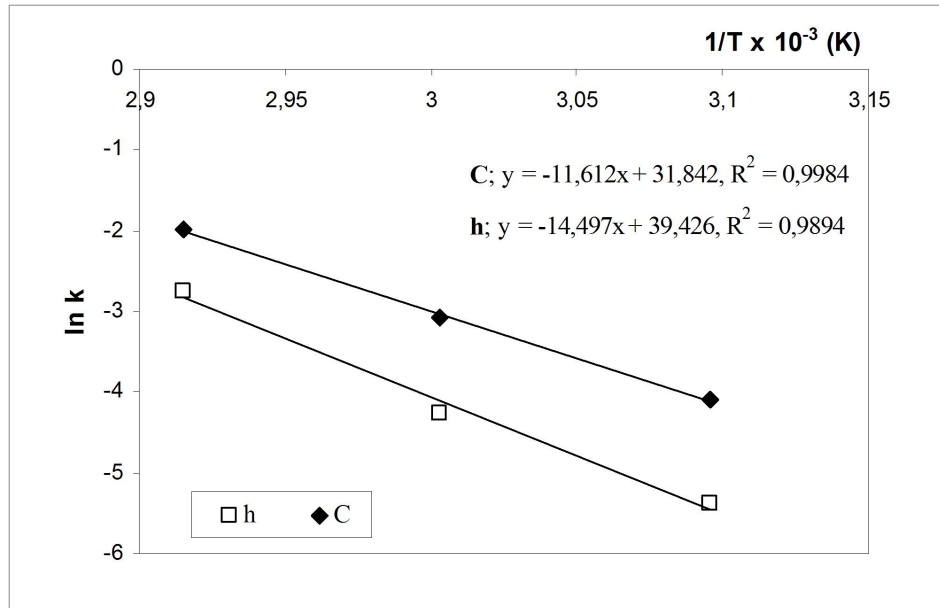
Kızılıcıkların başlangıç C değeri 28.65'den 50°, 60° ve 70 °C'de kurutma sonrasında sırasıyla 15.60, 16.46 ve 15.75'e düşmüştür. Kızılıcıkların 50°, 60° ve 70 °C'de kurutulması sonrasında h parametresi ise 25.33'den sırasıyla 22.53, 22.15 ve 18.39'a düşmüştür.

Bu çalışmada kızılıcıkların Chroma ve hue parametrelerinin yarılanma süreleri sırasıyla 50 °C’de 41.2, ve 150.5 saat; 60 °C’de 15 ve 49.3 saat, 70 °C’de ise 5 ve 10.9 saat hesaplanmıştır. Kızılıcıkların Chroma parametresinin % 90’nının kayba uğraması için geçen süre 50°, 60° ve 70 °C’de sırasıyla 137, 50 ve 16.7 saat iken hue parametresi için 500, 164 ve 36 saat bulunmuştur. Bu parametreler, kızılıcıkların renk doygunluğunun ve renk tonunun kurutma sıcaklığı arttıkça açıldığını açıkça göstermektedir. Q_{10} değerlerine bakıldığında; kızılıcıkların kurutma sıcaklığı 10 °C artırıldığında C parametresindeki kaybın yaklaşık 3 kat arttığı belirlenmiştir.

Bu çalışmada farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılıcıkların L^* , $+a^*$, $+b^*$, C ve h değerlerine ilişkin aktivasyon enerjisi Arrhenius grafiğine göre sırasıyla 47.82, 22.48, 23.43, 23.07 ve 28.81 kkaL mol^{-1} hesaplanmıştır (Şekil 4.19 ve 4.20). Yani; L^* değerinin diğer renk parametrelerine kıyasla kurutma sıcaklığı değişiminden daha fazla etkilendiği bulunmuştur.



Şekil 4.19. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılıcıklarda L^* , $+a^*$, $+b^*$ parametrelerindeki değişime ilişkin Arrhenius grafiği

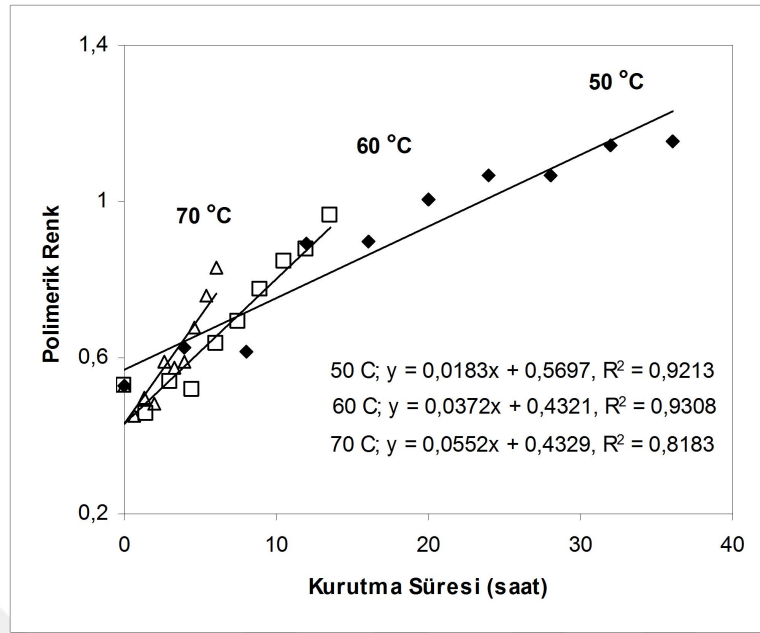


Şekil 4.20. Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş kızılcıklarda Chroma ve Hue parametrelerindeki değişime ilişkin Arrhenius grafiği

4.8 Polimerik Renk Yoğunluğu

Kızılcık meyvesinin 50°, 60° ve 70 °C sıcaklıklarda kurutulması sonrasında polimerik renk yoğunluğunun, sıcaklık ve süreye bağlı olarak sıfırıncı derece reaksiyon kinetiğine göre arttığı belirlenmiştir (Şekil 4.21). Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş kızılcıkların polimerik renk oranına ilişkin hız sabitleri (k) 50°, 60° ve 70 °C’de sırasıyla 0.0183, 0.0372 ve 0.0552 saat⁻¹ olarak bulunmuştur.

Kızılcıkların başlangıç polimerik renk oranı 0.53 iken 50 °C’de 36 saat kurutma sonrasında % 117; 60 °C’de 13.5 saat kurutma sonrası % 81 ve 70 °C’de 6 saat kurutma sonrası % 56 artmıştır. Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş kızılcıklarda en fazla polimerik renk yoğunluğu 50 °C’de görülmektedir. Bunun nedeninin; 50 °C’de örneklerin daha uzun süre kurutulmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



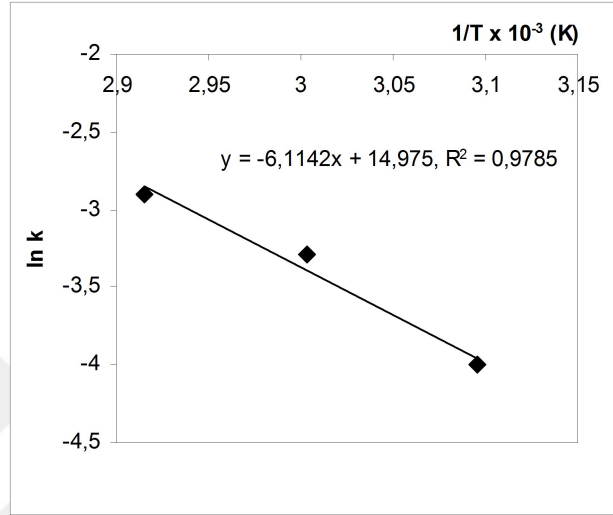
Şekil 4.21. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızcıklarda polimerik renkteki değişim

Bu çalışmada, toplam monomerik antosiyanin miktarındaki azalışı birinci derece reaksiyon kinetiğine; polimerik renk oranı artışının ise sıfırıncı derece reaksiyon kinetiğine uygun olduğu bulunmuştur. Aynı sonuç Türkyılmaz ve Özkan (2012), tarafından da belirtilmiştir.

Bu çalışmada polimerik renk yoğunluğundaki artışla monomerik antosiyanin miktarındaki azalış arasında negatif korelasyon belirlenmiştir ($r:0.79-0.92$; $p<0.05$). Monomerik antosiyanin miktarı azalırken polimerik renk oranı artışının farklı nedenleri olabilmektedir. Esmerleşme ve kondensasyon reaksiyonlarının ya da diğer fenolik bileşiklerin varlığının polimerik renk artışı üzerine etkili olabileceği düşünülmektedir. Toplam monomerik antosiyanin miktarındaki azalış, antosiyaninlerin kayba uğraması ya da polimerazasyona uğraması şeklinde açıklanabilmektedir. Diğer neden ise ortamda bulunan indirgen şeker ya da amino asitlerin sıcaklık etkisiyle enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonunu oluşturabilmesidir. Enzimatik olmayan esmerleşme sonrası melanoidin pigmentleri meydana gelerek polimerik renk oranını arttırdığı düşünülmektedir. Antosiyaninlerin parçalanması kalkon yapısının bozulmasıyla oluşmakta ve kararsız kalkon yapıları esmer renkli bileşiklere dönüşmektedir. Polimerik renk oranını, antosiyanin ve tanin

arasındaki reaksiyonların da artırabileceği belirtilmiştir (Ochoa vd., 1999; Brownmiller vd., 2008; Türkyılmaz ve Özkan., 2012; Danışman vd., 2015).

Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılıclıklarda polimerik renk değişimine ilişkin aktivasyon enerjisi Arrhenius grafiğinden (Şekil 4.22) hesaplanmış ve 12.15 kkal mol⁻¹ bulunmuştur.



Şekil 4.22. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılıclıklarda polimerik renge ilişkin Arrhenius grafiği

5. SONUÇLAR

1. Yapılan bu çalışmada, farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıklarda toplam monomerik antosiyanin, L-askorbik asit, siyanidin-3-galaktozit parçalanması ve antioksidan aktivite miktarındaki artışın birinci derece reaksiyon kinetiğine uyduğu tespit edilmiştir. Görsel renk parametrelerinden L^* , $+a^*$, $+b^*$, Chroma ve hue birinci derece reaksiyon kinetiğine göre azalış göstermiştir. Polimerik renk yoğunluğundaki artışın ise sıfırıncı derece reaksiyon kinetiğine uyduğu görülmüştür.
2. Kurutulan kızılcıkların toplam monomerik antosiyanin miktarı başlangıçta 118.52 mg 100g⁻¹ bulunmuştur. Kızılcıkların 50 °C’de 36 saat kurutulması sonrasında toplam monomerik antosiyanin miktarının % 94, 60 °C’de 13.5 saat kurutma sonrasında % 86 ve 70° C’de 6 saat kurutma sonrasında ise % 78 kayba uğradığı görülmüştür. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıkların istenilen kuru madde miktarına ulaşılması için sıcaklığa bağlı olarak kurutma süresi azaltılmıştır. Kurutma süresinin yüksek sıcaklıkla kısalması, antosiyanin kaybını azaltmıştır.
3. Kızılcıklarda polimerik renk, başlangıçta 0.53 iken 50°, 60° ve 70 °C’de kurutma sonrasında sırasıyla 1.15, 0.96 ve 0.82’ye artmıştır. Monomerik antosiyanin ve polimerik renk arasında negatif bir korelasyon belirlenmiştir. Bu korelasyonun sebebi, kurutma süresince meyvede enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sonucunda meydana gelen melanoidlerin polimerik rengi artırması şeklinde açıklanabilir.
4. Bu araştırmada, antioksidan aktivite ve polimerik renk arasında da pozitif bir korelasyon tespit edilmiştir.
5. Yapılan bu çalışmada 50°-60 °C ve 60°-70 °C’ye ait Q₁₀ değerleri toplam monomerik antosiyanin için 2.4 ve 1.4; siyanidin-3-galaktozit için 2.8 ve 1.7; L-askorbik asit için 1.2 ve 2.4; toplam fenolik madde için 2 ve 1.5; toplam flavonoid madde için 2.3 ve 2.5 olarak bulunmuştur.

6. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıkların toplam fenolik ve flavonoid madde miktarlarının ikinci derece reaksiyon kinetiğine göre azaldığı belirlenmiştir. Kızılcıkların toplam fenolik madde miktarının 50°, 60° ve 70 °C’de kurutma sonrası sırasıyla % 51, % 47 ve % 38’i kayba uğradığı belirlenmiştir. Başlangıçta 366.9 mg kg⁻¹ olan kızılcıkların toplam flavonoid madde miktarı ise 50°, 60° ve 70 °C’de kurutma sonrası sırasıyla % 56, % 55 ve % 52 azalış göstermiştir. Kurutma sıcaklığı arttıkça kurutma süresi azaldığından toplam fenolik ve flavonoid madde miktarındaki kayıp oranının sıcaklığa bağlı olarak azaldığı görülmüştür.
7. Kurutulan kızılcıklarda L-askorbik asit miktarı birinci derece reaksiyon kinetiğine göre azalmıştır. L-askorbik asite ilişkin hız değerleri 50°, 60° ve 70 °C’de sırasıyla 0.068, 0.0083 ve 0.194 saat⁻¹ bulunmuştur. Kızılcıklarda 50 °C kurutma sonrasında % 93, 60 °C sonrasında % 69 ve 70° C sonrasında ise % 59 azalma görülmektedir. Kızılcıklarda kurutma süresinin uzaması L-askorbik asit kaybını artırmıştır.
8. Kızılcıklarda kurutma sonrasında antioksidan aktivitede artış gözlenmiştir. Başlangıçta antioksidan aktivite 18.99 µmol TE mL⁻¹ olan kızılcıklar 50°, 60° ve 70 °C kurutma sonrasında sırasıyla 22.11, 21.49 ve 22.32 µmol TE mL⁻¹’e yükselmiştir.
9. Kurutulan kızılcıklarda başlıca antosiyanin olarak siyanidin-3-galaktozit belirlenmiştir. Kızılcıkların siyanidin-3-galaktozit miktarı başlangıçta 58.78 mg 100g⁻¹ iken 50°, 60° ve 70 °C’de kurutma sonrasında sırasıyla 4.74, 4.47 ve 6.34’e düşmüştür. Kızılcıklar, 50° C’de 36 saat kurutma sonrasında siyanidin-3-galaktozit % 92, 60 °C’de 13.5 saat kurutma sonrasında % 92.4 ve 70 °C’de 6 saat kurutma sonrasında % 89.2 kayba uğradığı görülmüştür. Kızılcıkların siyanidin-3-galaktozit miktarı 70 °C’de 6 saat kurutma sonrasında diğer sıcaklık değerlerine göre daha az kayba uğramıştır. Kurutma süresinin kısalması siyanidin-3-galaktozit miktarındaki kaybı azaltmıştır.
10. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıkların L-askorbik asit, toplam monomerik antosiyanin, toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde,

siyanidin-3-galaktozit kaybına ilişkin aktivasyon enerjisi (E_a) sırasıyla 11.5, 13.3, 12.09, 18.81, 17.5 kJ mol⁻¹ bulunmuştur. Bu sonuç, L-askorbik asidin sıcaklık değişiminden en az düzeyde, flavonoid bileşiklerin ise en fazla düzeyde etkilendiğini göstermektedir.

11. 50 °C’de kurutulan kızılcıklarda toplam monomerik antosiyanin miktarı, siyanidin-3-galaktozit ve L-askorbik aside ilişkin yarılanma süreleri sırasıyla 10 saat, 9.7 saat ve 10.2 saat bulunmuştur. Bu değerler, 60 °C’de sırasıyla 4.1; 3.4 ve 8.4 saat, 70 °C’de ise 3, 2 ve 3.6 saat hesaplanmıştır.

12. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıkların L^* , $+a^*$, $+b^*$, Chroma ve hue parametreleri birinci derece reaksiyon kinetiğine göre azalmıştır. Başlangıçta 28.9 olan L^* değerinin 50°, 60° ve 70° C’de kurutma sonrasında sırasıyla % 26.8, % 31.4 ve % 38.4 azaldığı görülmüştür. Başlangıçta $+a^*$ değeri 25.46 $+b^*$ değeri 12.75 iken 50 °C kurutma sonrasında sırasıyla % 36.2 ve % 54.6; 60 °C kurutma sonrasında % 37.2 ve % 58.2; 70 °C kurutma sonrasında ise % 41.5 ve % 59.4 kayba uğramıştır. L^* , $+a^*$ ve $+b^*$ parametrelerindeki kayıp kurutma sıcaklığına bağlı olarak artmıştır. Farklı sıcaklıklarda kurutulan kızılcıkların L^* , a^* , b^* , C ve h değerlerine ilişkin aktivasyon enerjisi sırasıyla 47.82, 22.48, 23.43, 23.07 ve 28.81 kJ mol⁻¹ hesaplanmış ve sıcaklık değişiminin en fazla L^* değerindeki azalmayı etkilediği belirlenmiştir.

13. Sonuç olarak biyoaktif bileşik içeriği açısından değerlendirildiğinde kızılcık meyvesinin yüksek sıcaklıkta kısa süreli kurutulması önerilebilir. Ancak, bu koşullarda kurutulan kızılcıkta polimerik renk ile enzimatik olmayan esmerleşmelerden dolayı kararmaların oluşabileceği göz ardı edilmemelidir.

6. KAYNAKLAR

- Abushita AA, Hebshi EA, Dadood HG ve Biacs PA (1997) "Determination of Antioxidant Vitamins in Tomatoes", *Food Chemistry*, 60: 207-212.
- Acosta-Estrada BA, Gutiérrez-Urbe JA ve Serna-Saldívar SO (2014) "Bound Phenolics in Foods, A Review", *Food Chemistry*, 152: 46-55.
- Andritsos N, Dalampakis P ve Kolios N (2003) "Use of Geothermal Energy for Tomato Drying", *GHC Bulletin*, 24(1): 9-13.
- AOAC (1990) "Official Methods of Analysis of the AOAC", Association of Official Analysis Chemists, Washington DC.
- Arts IC, van de Putte B ve Hollman PC (2000) "Catechin Contents of Foods Commonly Consumed in the Netherlands. 1. Fruits, Vegetables, Staple Foods, and Processed Foods", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(5): 1746-1751.
- Bakker JBP ve Timberlake CF (1986) "Tristimulus Measurements (CIELAB 76) of Port Wine Colour", *Vitis*, 25: 67-78.
- Balasundram N, Sundram K ve Samman S (2006) "Phenolic Compounds in Plants and Agri-Industrial By-Products: Antioxidant Activity, Occurrence, and Potential Uses", *Food Chemistry*, 99(1): 191-203.
- Benzie IF ve Strain JJ (1996) "The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": the FRAP Assay", *Analytical Biochemistry*, 239(1): 70-76.
- Bi X, Zhang J, Chen C, Zhang D, Li P ve Ma F (2014) "Anthocyanin Contributes More to Hydrogen Peroxide Scavenging Than Other Phenolics in Apple Peel", *Food Chemistry*, 152: 205-209.
- Bravo L. (1998) "Polyphenols: Chemistry, Dietary Sources, Metabolism, and Nutritional Significance", *Nutrition Reviews*, 56: 317-333.
- Brownmiller C, Howard LR ve Prior RL (2008) "Processing and Storage Effects on Monomeric Anthocyanins, Percent Polymeric Color, and Antioxidant Capacity of Processed Blueberry Products", *Journal of Food Science*, 73(5): 72-79.
- Burdurlu HS, Koca N ve Karadeniz F (2006) "Degradation of Vitamin C in Citrus Juice Concentrates During Storage", *Journal of Food Engineering*, 74(2): 211-216.

- Canuto GAB, Oliveira DR, Conceição LSM, Farah JPS ve Tavares MFM (2016) "Development and Validation of a Liquid Chromatography Method for Anthocyanins in Strawberry (*Fragaria* spp.) and Complementary Studies on Stability, Kinetics and Antioxidant Power", *Food Chemistry*, 192: 566-574.
- Caridi D, Trenerry VC, Rochfort S, Duong S, Laughner D ve Jones R (2007) "Profiling and Quantifying Quercetin Glucosides in Onion (*Allium cepa* L.) Varieties Using Capillary Zone Electrophoresis and High Performance Liquid Chromatography", *Food Chemistry*, 105(2): 691-699.
- Castaneda-Ovando A, de Lourdes Pacheco-Hernandez M, Paez-Hernandez ME, Rodriguez JA ve Galan-Vidal CA (2009) "Chemical Studies of Anthocyanins: A Review", *Food chemistry*, 113(4): 859-871.
- Çelik S, Bakırcı I ve Şat IG (2006) "Physicochemical and Organoleptic Properties of Yogurt with Cornelian Cherry Paste", *International Journal of Food Properties*, 9(3): 401-408.
- Chu YF, Sun JIE, Wu X ve Liu RH (2002) "Antioxidant and Antiproliferative Activities of Common Vegetables", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(23): 6910-6916.
- Cindric IJ, Zeiner M, Krpetic M ve Stingeder G (2012) "ICP-AES Determination of Minor and Major Elements in Cornelian Cherry (*Cornus mas* L.) After Microwave Assisted Digestion", *Microchemical Journal*, 105: 72-76.
- Cisse M, Vaillant F, Acosta O, Dhuique-Mayer C ve Dornier M (2009) "Thermal Degradation Kinetics of Anthocyanins from Blood Orange, Blackberry, and Roselle Using the Arrhenius, Eyring, and Ball Models", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(14): 6285-6291.
- D Archivio M, Filesi C, Di Benedetto R, Gargiulo R, Giovannini C ve Masella R (2007) "Polyphenols, Dietary Sources and Bioavailability", *Annali-Istituto Superiore di Sanita*, 43(4): 348.
- Danişman G, Arslan E ve Toklucu AK (2015) "Kinetic Analysis of Anthocyanin Degradation and Polymeric Colour Formation in Grape Juice During Heating", *Czech Journal of Food Science*, 33(2): 103-108.
- de Ancos B, Gonzalez EM ve Cano MP (2000) "Ellagic Acid, Vitamin C, and Total Phenolic Contents and Radical Scavenging Capacity Affected by Freezing and Frozen Storage in Raspberry Fruit", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(10): 4565-4570.
- Demarchi SM, Ruiz NAQ, Concellon A ve Giner SA (2013) "Effect of Temperature on Hot-Air Drying Rate and on Retention of Antioxidant Capacity in Apple Leathers. *Food and Bioproducts Processing*, 91(4): 310-318.

- Demir F ve Kalyoncu IH (2003) “Some Nutritional, Pomological and Physical Properties of Cornelian Cherry (*Cornus mas* L.)”, Journal of Food Engineering, 60(3): 335-341.
- Demiray E, Tulek Y ve Yilmaz Y (2013) “Degradation Kinetics of Lycopene, β -Carotene and Ascorbic Acid in Tomatoes During Hot Air Drying”, LWT-Food Science and Technology, 50(1): 172-176.
- Dewanto V, Wu X, Adom KK ve Liu RH (2002) “Thermal Processing Enhances the Nutritional Value of Tomatoes by Increasing Total Antioxidant Activity”, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(10): 3010-3014.
- Doymaz İ (2005) “Drying Characteristics and Kinetics of Okra”, Journal of Food Engineering, 69(3): 275-279.
- Doymaz İ (2007a) “Air-Drying Characteristics of Tomatoes”, Journal of Food Engineering, 78(4): 1291-1297.
- Doymaz İ (2007b) “Influence of Pretreatment Solution on the Drying of Sour Cherry”, Journal of Food Engineering, 78(2): 591-596.
- Eberhardt MV, Lee CY ve Liu RH (2000) “Antioxidant activity of fresh apples”, Nature, 405: 903-904.
- Garau MC, Simal S, Rossello C ve Femenia A (2007) “Effect of Air-Drying Temperature on Physico-Chemical Properties of Dietary Fibre and Antioxidant Capacity of Orange (*Citrus aurantium* v. Canoneta) by-Products”, Food Chemistry, 104(3): 1014-1024.
- Garcia-Salas P, Morales-Soto A, Segura-Carretero A ve Fernández-Gutiérrez A (2010) “Phenolic-Compound-Extraction Systems for Fruit and Vegetable Samples”, Molecules, 15(12): 8813-8826.
- Garzon GA ve Wrolstad RE (2002) “Comparison of the Stability of Pelargonidin-Based Anthocyanins in Strawberry Juice and Concentrate”, Journal of Food Science, 67(4): 1288-1299.
- Guisti MM ve Wrolstad RE (2001) “Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy”, Current Protocols in Food Analytical Chemistry, New York.
- Guo XH, Xia CY, Tan YR, Chen L ve Ming J (2014) “Mathematical Modeling and Effect of Various Hot-Air Drying on Mushroom (*Lentinus edodes*)”, Journal of Integrative Agriculture, 13(1): 207-216.
- Güleryüz M, Bolat I ve Pırlak L (1998) “Selection of Table Cornelian Cherry (*Cornus mas* L.) Types in Çoruh Valley”, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 22(4): 357-364.

- Harbourne N, Jacquier JC, Morgan DJ ve Lyng JG (2008) "Determination of the Degradation Kinetics of Anthocyanins in A Model Juice System Using Isothermal and Non-Isothermal Methods", *Food Chemistry*, 111(1): 204-208.
- Hassanpour H, Yousef H, Jafar H ve Mohammad A (2011) "Antioxidant Capacity and Phytochemical Properties of Cornelian Cherry (*Cornus mas* L.) Genotypes in Iran", *Scientia Horticulturae*, 129(3): 459-463.
- Huang D, Ou B ve Prior RL (2005) "The Chemistry Behind Antioxidant Capacity Assays", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(6): 1841-1856.
- Ignat I, Volf I ve Popa VI (2011) "A Critical Review of Methods for Characterisation of Polyphenolic Compounds in Fruits and Vegetables", *Food Chemistry*, 126(4): 1821-1835.
- Ju HY, Chen SC, Wu KJ, Kuo HC, Hseu YC, Ching H ve Wu CR (2012) "Antioxidant Phenolic Profile from Ethyl Acetate Fraction of Fructus Ligustri Lucidi with Protection Against Hydrogen Peroxide-Induced Oxidative Damage in SH-SY5Y Cells", *Food and Chemical Toxicology*, 50(3): 492-502.
- Karaaslan M, Yilmaz FM, Cesur Ö, Vardin H, İkinci A ve Dalgiç AC (2014) "Drying Kinetics and Thermal Degradation of Phenolic Compounds and Anthocyanins in Pomegranate Arils Dried Under Vacuum Conditions", *International Journal of Food Science ve Technology*, 49(2): 595-605.
- Karadeniz F, Burdurlu HS, Koca N ve Soyer Y (2005) "Antioxidant Activity of Selected Fruits and Vegetables Grown in Turkey", *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29: 297-303.
- Karakaya SN, El AA ve Taş S (2001) "Antioxidant Activity of Some Foods Containing Phenolic Compounds", *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 52(6): 501-508.
- Kaur C ve Kapoor HC (2001) "Antioxidants in Fruits and Vegetables—the Millennium's Health", *International Journal of Food Science & Technology*, 36(7): 703-725.
- Kechinski CP, Guimaraes PVR Norena CPZ, Tessaro IC ve Marczak LDF (2010) "Degradation Kinetics of Anthocyanin in Blueberry Juice During Thermal Treatment", *Journal of Food Science*, 75(2): 173-176.
- Kırca A, Özkan M ve Cemeroglu B (2006) "Stability of Black Carrot Anthocyanins in Various Fruit Juices and Nectars", *Food Chemistry*, 97(4): 598-605.
- Kim KH, Tsao R, Yang R ve Cui SW (2006) "Phenolic Acid Profiles and Antioxidant Activities of Wheat Bran Extracts and the Effect of Hydrolysis Conditions", *Food Chemistry*, 95(3): 466-473.

- Kim DO, Jeong SW ve Lee CY (2003) "Antioxidant Capacity of Phenolic Phytochemicals from Various Cultivars of Plums", *Food Chemistry*, 81: 321-326.
- Klimenko S (2004) "The Cornelian Cherry (*Cornus mas* L.): Collection, Preservation, and Utilization of Genetic Resources", *J. Fruit Ornam. Plant Res*, 12: 93-98.
- Koca N ve Karadeniz F (2005) "Gıdalardaki Doğal Antioksidan Bileşikler", *Gıda/The Journal of Food*, 30(4): 229-236.
- Kong JM, Chia LS, Goh NK, Chia TF ve Brouillard R (2003) "Analysis and Biological Activities of Anthocyanins", *Phytochemistry*, 64(5): 923-933.
- Kostaropoulos AE ve Saravacos GD (1995) "Microwave Pre-Treatment for Sun-Dried Raisins", *Journal of Food Science*, 60(2): 344-347.
- Koyuncu T, Tosun I ve Pınar Y (2007) "Drying Characteristics and Heat Energy Requirement of Cornelian Cherry Fruits (*Cornus mas* L.)", *Journal of Food Engineering*, 78(2): 735-739.
- Krishnan RY ve Rajan KS (2016) "Microwave Assisted Extraction of Flavonoids from *Terminalia Bellerica*: Study of Kinetics and Thermodynamics", *Separation and Purification Technology*, 157: 169-178.
- Krosniak M, Gałstol M, Szalkowski M, Zagrodzki P ve Derwisz M (2010) "Cornelian Cherry (*Cornus mas* L.) Juices as A Source of Minerals in Human Diet", *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 73(17-18): 1155-115.
- Kucharska AZ, Szumny A, Sokół-Lętowska A, Piórecki N ve Klymenko SV (2015) "Iridoids and Anthocyanins in Cornelian Cherry (*Cornus mas* L.) Cultivars", *Journal of Food Composition and Analysis*, 40: 95-102.
- Kurozawa LE, Terng I, Hubinger MD ve Park KJ (2014) "Ascorbic Acid Degradation of Papaya During Drying: Effect of Process Conditions and Glass Transition Phenomenon", *Journal of Food Engineering*, 123: 157-164.
- Laporni B, Prosek M ve Wondra AG (2005) "Comparison of Extracts Prepared From Plant By-Products Using Different Solvents and Extraction Time", *Journal of Food Engineering*, 71(2): 214-222.
- Lee SK ve Kader AA (2000) "Preharvest and Postharvest Factors Influencing Vitamin C Content of Horticultural Crops", *Postharvest Biology and Technology*, 20(3): 207-220.
- Li H, Deng Z, Zhu H, Hu C, Liu R, Young JC ve Tsao R (2012) "Highly Pigmented Vegetables: Anthocyanin Composition and Their Role in Antioxidant Activities", *Food Research International*, 46: 250-259.

- Liang LIU, Cao SQ ve Pan SY (2011) “Thermal Degradation Kinetics of Three Kinds of Representative Anthocyanins Obtained from Blood Orange”, *Agricultural Sciences in China*, 10(4): 642-649.
- Luximon-Ramma A, Bahorun T ve Crozier A (2003) “Antioxidant Actions and Phenolic and Vitamin C Contents of Common Mauritian Exotic Fruits”, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(5): 496-502.
- Mahmutoğlu T, Emir F ve Saygi YB (1996) “Sun/Solar Drying of Differently Treated Grapes and Storage Stability of Dried Grapes”, *Journal of Food Engineering*, 29(3-4): 289-300.
- Manach C, Scalbert A, Morand C, Remesy C ve Jimenez L (2004) “Polyphenols: Food Sources and Bioavailability”, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5): 727-747.
- Maskan A, Kaya S ve Maskan M (2002) “Hot Air and Sun Drying of Grape Leather (Pestil)”, *Journal of Food Engineering*, 54(1): 81-88.
- Mendez-Lagunas L, Rodriguez-Ramírez J, Cruz-Gracida M, Sandoval-Torres S ve Barriada-Bernal G (2017) “Convective Drying Kinetics of Strawberry (*Fragaria ananassa*): Effects on Antioxidant Activity, Anthocyanins and Total Phenolic Content”, *Food Chemistry*, 230: 174-181.
- Mikaili P, Koohirostamkolaei M, Babaeimarzangou SS, Aghajanshakeri S, Moloudizargari M, Gamchi NS, Toloomoghaddam S (2013) “Therapeutic Uses and Pharmacological Effects of *Cornus mas*: A Review”, *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Sciences* 35: 1732–1738.
- Milner JA (1994) “Reducing the Risk of Cancer”, In *Functional Foods* (syf 39-70). Springer US
- Miranda M, Vega-Galvez A, López J, Parada G, Sanders M, Aranda M, Uribe E ve Di Scala K (2010) “Impact of Air-Drying Temperature on Nutritional Properties, Total Phenolic Content and Antioxidant Capacity of Quinoa Seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.)”, *Industrial Crops and Products*, 32(3): 258-263.
- Mizgier P, Kucharska AZ, Sokol-Letowska A, Kolniak-Ostek J, Kidon M ve Fecka I (2016) “Characterization of Phenolic Compounds and Antioxidant and Anti-Inflammatory Properties of Red Cabbage and Purple Carrot Extracts”, *Journal of Functional Foods*, 21: 133-146.
- Moldovan B, Filip A, Clichici S, Suharoschi R, Bolfa P ve David L (2016) “Antioxidant Activity of Cornelian Cherry (*Cornus mas* L.) Fruits Extract and the in Vivo Evaluation of Its Anti-Inflammatory Effects”, *Journal of Functional Foods*, 26: 77-87.

- Molyneux P (2004) "The Use of the Stable Free Radical Diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for Estimating Antioxidant Activity", Songklanakarin J. Sci. Technol, 26(2): 211-219.
- Moure A, Cruz JM, Franco D, Domínguez JM, Sineiro J, Domínguez H, Núñez MJ ve Parajó JC (2001) "Natural Antioxidants from Residual Sources", Food Chemistry, 72(2): 145-171.
- Moyer RA, Hummer KE, Finn CE, Frei B ve Wrolstad RE (2002) "Anthocyanins, Phenolics, and Antioxidant Capacity in Diverse Small Fruits: Vaccinium, Rubus, and Ribes", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(3): 519-525.
- Mrad ND, Boudhrioua N, Kechaou N, Courtois F ve Bonazzi C (2012) "Influence of Air Drying Temperature on Kinetics, Physicochemical Properties, Total Phenolic Content and Ascorbic Acid of Pears", Food and Bioprocess Processing, 90(3): 433-441.
- Nizamoğlu NM ve Sebahattin NAS (2010) "Meyve ve Sebzelerde Bulunan Fenolik Bileşikler; Yapıları ve Önemleri", Electronic Journal of Food Technologies, 5(1): 20-35.
- Ochoa MR, Kessler AG, Vullioud MB ve Lozano JE (1999) "Physical and Chemical Characteristics of Raspberry Pulp: Storage Effect on Composition and Color", LWT-Food Science and Technology, 32(3): 149-153.
- Orikasa T, Koide S, Okamoto S, Imaizumi T, Muramatsu Y, Takeda J, Shiina T ve Tagawa A (2014) "Impacts of Hot Air and Vacuum Drying on the Quality Attributes of Kiwifruit Slices", Journal of Food Engineering, 125: 51-58.
- Pantelidis GE, Vasilakakis M, Manganaris GA ve Diamantidis GR (2007) "Antioxidant Capacity, Phenol, Anthocyanin and Ascorbic Acid Contents in Raspberries, Blackberries, Red Currants, Gooseberries and Cornelian Cherries", Food chemistry, 102(3): 777-783.
- Patras A, Brunton NP, O'Donnell C ve Tiwari BK (2010) "Effect of Thermal Processing on Anthocyanin Stability in Foods; Mechanisms and Kinetics of Degradation", Trends in Food Science & Technology, 21(1): 3-11.
- Pawlowska AM, Camangi F ve Braca A (2010) "Quali-Quantitative Analysis of Flavonoids of *Cornus mas* L.(Cornaceae) Fruits", Food Chemistry, 119(3): 257-261.
- Pietta PG (2000) "Flavonoids as Antioxidants", Journal of Natural Products, 63(7): 1035-1042.
- Popovic BM, Stajner D, Slavko K ve Sandra B (2012) "Antioxidant Capacity of Cornelian Cherry (*Cornus mas* L.) Comparison Between Permanganate Reducing Antioxidant Capacity and Other Antioxidant Methods", Food Chemistry, 134(2): 734-741.

- Prior RL ve Cao G (1999) "In Vivo Total Antioxidant Capacity: Comparison of Different Analytical Methods", *Free Radical Biology and Medicine*, 27(11): 1173-1181.
- Prior RL, Wu X ve Schaich K (2005) "Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10): 4290-4302.
- Radovanovic B, Dimitrijevic J, Radovanovic A, Mladenovic J ve Manojlovic N (2017) "Kinetic Study of Oxidation Degradation of Polyphenols in Sour Cherry And Blackberry Extracts During Storage", XVIII Savetovanje Biotehnologije, Zbornik Radova , 1: 281-288.
- Rasmussen SE, Frederiksen H, Struntze Krogholm K ve Poulsen L (2005) "Dietary Proanthocyanidins: Occurrence, Dietary Intake, Bioavailability, and Protection Against Cardiovascular Disease", *Molecular Nutrition & Food Research*, 49(2): 159-174.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M ve Rice-Evans C (1999) "Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical Cation Decolorization Assay", *Free Radical Biology and Medicine*, 26: 1231-1237.
- Rivero-Pérez MD, Muniz P ve Gonzalez-SanJose ML (2007) "Antioxidant Profile of Red Wines Evaluated by Total Antioxidant Capacity, Scavenger Activity, and Biomarkers of Oxidative Stress Methodologies", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(14): 5476-5483.
- Romero JC ve Yopez VB (2015) "Ultrasound As Pretreatment to Convective Drying of Andean Blackberry (*Rubus glaucus* Benth)", *Ultrasonics Sonochemistry*, 22: 205-210.
- Sanchez-Mata MC, Camara-Hurtoda M, Diez-Marques C ve Torija-Isasa ME (2000) "Comparison of High-Performance Liquid Chromatography and Spectrofluorimetry for Vitamin C Analysis of Green Beans (*Phaseolus vulgaris* L.)", *European Food Research and Technology*, 210: 220-225.
- Scalzo RL (2008) "Organic Acids Influence on DPPH Scavenging by Ascorbic Acid", *Food Chemistry*, 107(1), 40-43.
- Seeram NP, Schutzki R, Chandra A ve Nair MG (2002) "Characterization, Quantification, and Bioactivities of Anthocyanins in Cornus Species", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(9): 2519-2523.
- Sellappan S, Akoh CC ve Krewer G (2002) "Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Georgia-Grown Blueberries and Blackberries", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(8): 2432-2438.

- Serrano M, Zapata PJ, Castillo S, Guillen F, Martínez-Romero D ve Valero D (2010) “Antioxidant and Nutritive Constituents During Sweet Pepper Development and Ripening are Enhanced by Nitrophenolate Treatments”, *Food Chemistry*, 118(3): 497-503.
- Singleton VL ve Rossi JJ (1965) “Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents”, *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(1): 44-58.
- Somogyi A, Rosta K, Pusztai P, Tulassay Z ve Nagy G (2007) “Antioxidant Measurements”, *Physiological Measurement*, 28(4): R41.
- Sun J, Chu YF, Wu X ve Liu RH (2002) “Antioxidant and Antiproliferative Activities of Common Fruits”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(25): 7449-7454.
- Tabart J, Kevers C, Pincemail J, Defraigne JO ve Dommes J (2009) “Comparative Antioxidant Capacities of Phenolic Compounds Measured by Various Tests”, *Food Chemistry*, 113(4): 1226-1233.
- Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, Cisneros-Zevallos L ve Byrne DH (2006) “Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC Assays for Estimating Antioxidant Activity from Guava Fruit Extracts”, *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 669–675.
- Tsao R ve Yang R (2003) “Optimization of a New Mobile Phase to Know the Complex and Real Polyphenolic Composition: Towards a Total Phenolic Index Using High-Performance Liquid Chromatography”, *Journal of Chromatography A*, 1018(1): 29-40.
- Tsao R (2010) “Chemistry and Biochemistry of Dietary Polyphenols”, *Nutrients*, 2(12): 1231-1246.
- Tural S ve Koca I (2008) “Physico-Chemical and Antioxidant Properties of Cornelian Cherry Fruits (*Cornus mas* L.) Grown in Turkey”, *Scientia Horticulturae*, 116(4): 362-366.
- Turturica M, Stanciuc N, Bahrim G ve Râpeanu G (2016) “Effect of Thermal Treatment on Phenolic Compounds from Plum (*Prunus domestica*) Extracts—A Kinetic Study”, *Journal of Food Engineering*, 171: 200-207.
- Türkyılmaz M ve Özkan M (2012) “Kinetics of Anthocyanin Degradation and Polymeric Colour Formation in Black Carrot Juice Concentrates During Storage”, *International Journal of Food Science & Technology*, 47(11): 2273-2281.
- Vega-Galvez A, Di Scala K, Rodriguez K, Lemus-Mondaca R, Miranda M, López J ve Perez-Won M (2009) “Effect of Air-Drying Temperature on Physico-Chemical Properties, Antioxidant Capacity, Colour and Total Phenolic

Content of Red Pepper (*Capsicum annuum* L. var. *hungarian*)", Food Chemistry, 117(4): 647-653.

- Verbeyst L, Van Crombruggen K, Van der Plancken I, Hendrickx M ve Van Loey A (2011) "Anthocyanin Degradation Kinetics During Thermal and High Pressure Treatments of Raspberries", Journal of Food Engineering, 105(3): 513-521.
- Vikram VB, Ramesh MN ve Prapulla SG (2005) "Thermal Degradation Kinetics of Nutrients in Orange Juice Heated by Electromagnetic and Conventional Methods", Journal of Food Engineering, 69(1): 31-40.
- Wang WD ve Xu SY (2007) "Degradation Kinetics of Anthocyanins in Blackberry Juice and Concentrate", Journal of Food Engineering, 82(3): 271-275.
- Wills RB, Wimalasiri P ve Greenfield H (1984) "Dehydroascorbic Acid Levels in Fresh Fruit and Vegetables in Relation to Total Vitamin C Activity", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 32(4): 836-838.
- Xie PJ, Huang LX, Zhang CH ve Zhang YL (2015) "Phenolic Compositions, and Antioxidant Performance of Olive Leaf and Fruit (*Olea europaea* L.) Extracts and Their Structure–Activity Relationships", Journal of Functional Foods, 16: 460-471.
- Zhou L, Cao Z, Bi J, Yi J, Chen Q, Wu X ve Zhou M (2016) "Degradation Kinetics of Total Phenolic Compounds, Capsaicinoids and Antioxidant Activity in Red Pepper During Hot Air and Infrared Drying Process", International Journal of Food Science & Technology, 51(4): 842-853.
- Zhou M, Chen Q, Bi J, Wang Y ve 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.
- Zhu A ve Shen X (2014) "The Model and Mass Transfer Characteristics of Convection Drying of Peach Slices", International Journal of Heat and Mass Transfer, 72: 345-351.
- Zoric Z, Pelaic Z, Pedisic S, Garofulic IE, Kovacevic DB ve Dragovic-Uzelac V (2017) "Effect of Storage Conditions on Phenolic Content and Antioxidant Capacity of Spray Dried Sour Cherry Powder", LWT-Food Science and Technology, 79: 251-259.



EKLER

7. EKLER

EK A. Kurutulan kızılcıklarda L-askorbik asit, toplam monomerik antosiyanin, siyanidin-3-galaktozit miktarlarına ilişkin kinetik parametreler

Reaksiyon	Sıcaklık, °C	Derece	Hız sabiti, k	Determinasyon Katsayısı, R ²	Yarı ömür süresi t _{1/2}	D değeri	Q ₁₀		Ea kkal mol ⁻¹
							50-60 °C	60-70 °C	
Toplam monomerik ant.	50	1	0.070	0.9577	10	33	2.4	1.4	13.3
	60	1	0.169	0.9686	4.1	13.6			
	70	1	0.234	0.9268	3	9.8			
Siyanidin-3-galaktozit	50	1	0.071	0.9119	9.7	32.4	2.8	1.7	17.5
	60	1	0.202	0.9745	3.4	11.4			
	70	1	0.349	0.9722	2	6.6			
L-askorbik asit	50	1	0.068	0.9544	10.2	33.9	1.2	2.4	11.5
	60	1	0.083	0.9258	8.4	27.7			
	70	1	0.194	0.9105	3.6	11.9			

EK B. Kurutulan kızılçıklarda toplam fenolik, toplam flavonoid madde miktarlarına, polimerik renk ve antioksidan aktiviteye ilişkin kinetik parametreler

Reaksiyon	Sıcaklık, °C	Derece	Hız sabiti, k	Determinasyon Katsayısı, R ²	Yarı ömür süresi t _{1/2}	D değeri	Q ₁₀		Ea kkal mol ⁻¹
							50-60 °C	60-70 °C	
Toplam fenolik madde	50	2	0.00002	0.8563			2	1.5	12.09
	60	2	0.00004	0.8843					
	70	2	0.00006	0.8006					
Toplam flavonoid madde	50	2	0.00009	0.8420			2.3	2.5	18.81
	60	2	0.0002	0.8496					
	70	2	0.0005	0.8639					
Polimerik renk	50	0	0.0183	0.9213					12.15
	60	0	0.0372	0.9308					
	70	0	0.0552	0.8183					
Antioksidan Aktivite	50	1	0.0034	0.8102	200.6	666.7	3	2.1	20.3
	60	1	0.0103	0.7403	60.9	222.2			
	70	1	0.0218	0.7513	31.7	105.3			

EK C. Kurutulan kızılçıklarda L^* , $+a^*$, $+b^*$ ilişkin kinetik parametreler

Reaksiyon	Sıcaklık, °C	Derece	Hız sabiti, k	Determinasyon Katsayısı, R ²	Yarı ömür süresi t _{1/2}	D değeri	Q ₁₀		Ea kkal mol ⁻¹
							50-60 °C	60-70 °C	
L^*	50	1	0.0131	0.8517	52.8	175.4	2.3	2.5	47.82
	60	1	0.0299	0.8842	23.1	76.9			
	70	1	0.105	0.8584	6.6	21.9			
$+a^*$	50	1	0.0159	0.8622	43.6	144.9	2.5	3.1	22.48
	60	1	0.040	0.8205	17.4	57.8			
	70	1	0.124	0.8319	5.6	18.7			
$+b^*$	50	1	0.022	0.8697	32.0	106.3	3.2	2.7	23.43
	60	1	0.068	0.8381	10.2	33.8			
	70	1	0.183	0.8639	3.8	12.6			

EK D. Kurutulan kızılıclıklarda Chroma ve Hue'ya ilişkin kinetik parametreler

Reaksiyon	Sıcaklık, °C	Derece	Hız sabiti, k	Determinasyon Katsayısı, R ²	Yarı ömür süresi t _{1/2}	D değeri	Q ₁₀		Ea kkal mol ⁻¹
							50-60 °C	60-70 °C	
Chroma	50	1	0.017	0.8844	41.2	137.0	2.7	3.0	23.03
	60	1	0.046	0.8125	15.0	50.0			
	70	1	0,138	0.8426	5.0	16.7			
Hue	50	1	0.0046	0.8030	150.5	500.0	3.0	4.5	28.81
	60	1	0.0140	0.7842	49.3	164.0			
	70	1	0.0638	0.8137	10.9	36.1			

8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hatice USLU DEMİR

Doğum Yeri ve Tarihi : 03.02.1991

Lisans Üniversite : Abant İzzet Baysal Üniversitesi- Gıda Müh.

Elektronik posta : usluhaticee91@gmail.com

İletişim Adresi : Çavuşlar Mah. Kuşçuoğlu Sitesi 5D/12
Düzce/Merkez