

**T.C.**  
**BAYBURT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BAYBURT İLİNDE DOĞAL OLARAK BULUNAN YABANI-EKŞİ ELMA**  
**(*Malus sylvestris* MILLER)'NİN FARKLI YÖNTEMLERLE KURUTULARAK**  
**ANTİOKSİDAN VE FENOLİK MADDE İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Kübra GÜLDEMİR**

**Aralık - 2016**

**BAYBURT**



**BAYBURT İLİNDE DOĞAL OLARAK BULUNAN YABANI-EKŞİ ELMA  
(*Malus sylvestris* MİLLER)'NİN FARKLI YÖNTEMLERLE KURUTULARAK  
ANTIOKSIDAN VE FENOLİK MADDE İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Kübra GÜLDEMİR**

**Yüksek Lisans Tezi  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Özlem ÇAKIR**

**T.C.  
BAYBURT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BAYBURT İLİNDE DOĞAL OLARAK BULUNAN YABANI-EKŞİ ELMA  
(*Malus sylvestris* MİLLER)'NİN FARKLI YÖNTEMLERLE KURUTULARAK  
ANTIOKSİDAN VE FENOLİK MADDE İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Kübra GÜLDEMİR**

**2016  
BAYBURT  
Her Hakkı Saklıdır**

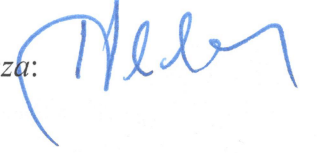
## TEZ ONAY SAYFASI

### Bayburt İlinde Doğal Olarak Bulunan Yabani Elma (Ekşi Elma, *Malus sylvestris* Miller)'nın Farklı Yöntemlerle Kurutularak Antioksidan ve Fenolik Madde İçeriklerinin Belirlenmesi

Yrd. Doç. Dr. Özlem ÇAKIR danışmanlığında, Kübra GÜLDEMİR tarafından hazırlanan bu tez çalışması 01/12/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Yrd. Doç. Dr. Hilal YILDIZ

İmza:



Üye: Yrd. Doç. Dr. Özlem ÇAKIR

İmza:



Üye: Yrd. Doç. Dr. Ayla ARSLANER

İmza:



Yukarıdaki sonucu onaylıyorum.

**Doç. Dr. Metin UÇURUM**

**Enstitü Müdürü V.**

**Not:** Bu tezde kullanılan ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ve bu çalışmada şahsıma ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.



Kübra GÜLDEMİR

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### **BAYBURT İLİNDE DOĞAL OLARAK BULUNAN YABANI-EKŞİ ELMA (*Malus sylvestris* MİLLER)'NİN FARKLI YÖNTEMLERLE KURUTULARAK ANTİOKSİDAN VE FENOLİK MADDE İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Kübra GÜLDEMİR

Bayburt Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doc. Dr. Özlem ÇAKIR

Bu çalışmanın amacı, Bayburt ilinde sevilen ve bolca tüketilen yabani elma (*Malus sylvestris* MİLLER)'nin kurutulmasında farklı yöntemler deneyerek en uygun kurutma yöntemini bulmak ve optimize etmek, ürünün gösterdiği biyokimyasal değişiklikleri saptamak, elma çeşitlerinin bazı pomolojik ölçümlerini, fenolik madde ve antioksidan aktivitelerini belirlemek ve besleyici değerlerini ortaya çıkarmaktır. Yapılan bu çalışmaya ait bulgular, elma veya diğer meyvelerde fenolik bileşikler ve antioksidanlar ile ilgili yapılan diğer çalışmalara ait bulgular ile karşılaştırılmıştır. Çalışmamızda farklı kurutma yöntemleri ile fenolik madde içeriklerinin 34,92 (Oda sıcaklığı) -41,18 (Sıcak havada kurutma) mg GAE/gKM arasında değiştiği saptanmıştır Antioksidan aktiviteleri ölçüldüğünde, DPPH yönteminde en uygun kurutma tekniğinin sıcak havada kurutma yöntemi olarak belirlenmiştir. FRAP yöntemine göre “dondurarak kurutma > sıcak havada kurutma > infrared > oda sıcaklığı” şeklinde, CUPRAC yöntemine göre ise; “sıcak havada kurutma > dondurarak kurutma > infrared > oda sıcaklığı” şeklinde, Beta karoten yönteminde ise sıralamanın dondurarak kurutma > sıcak havada kurutma > oda sıcaklığı > infrared şeklinde değişim gösterdiği görülmüştür. CUPRAC metodu ile FRAP metodu arasında yüksek bir korelasyon olduğu saptanmıştır ( $r=0,939$ ,  $R^2=\%88$ ). Elde edilen deneysel verilere göre, antioksidan ve fenolik madde içeriği açısından yabani-ekşi elma (*Malus sylvestris* MİLLER) için en iyi kurutma yönteminin sıcak havada kurutma yöntemi olduğu tespit edilmiştir. Renk değerleri ve esmerleşme açısından ise en iyi yöntemin dondurarak kurutma olduğu belirlenmiştir.

**2016, sayfa 114**

**Anahtar kelimeler:** Kurutma, antioksidan, fenolik madde, yabani elma, Bayburt

## ABSTRACT

MS Thesis

### DETERMINATION OF ANTIOXIDANT AND PHENOLIC CONTENTS OF WILD-SOUR APPLE (*Malus sylvestris* MILLER) NATURALLY FOUND IN BAYBURT CITY USING DIFFERENT DRYING TECHNIQUES

Kübra GÜLDEMİR

Bayburt University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Food Engineering

Supervisor: Özlem ÇAKIR

The aim of this study is trying to find the most suitable drying method among different methods for wild apple loved and consumed and naturally found in Bayburt city. Its also aimed to determine biochemical changes of the product and identify phenolic and antioxidant activities and reveal the nutritional value. The results obtained in this study were compared with the other studies made for apple and other fruits with phenolic compounds and antioxidants. It has been found that the the phenolic compound content is varied between 34,92 (at room temperature) and 41,18 (at drying train) GAE/gKM under different drying methods. When measuring antioxidant activities using DPPH Method the Drying under sun method determined to be de most suitable method. In FRAP method the most appropriate methods are freeze-drying, drying train, infrared drying and drying at room temperature respectively. This order in CUPRAC method is drying train, freeze-drying, infrared drying and drying at room temperature respectively. Finally the order in Beta-carotene method is freeze-drying, drying train, drying at room temperature and infrared drying. A highest correlation ( $r=0,939$ ,  $R^2=\%88$ ) has been found between CUPRAC method and FRAP method. Experimental results showed that interms of phenolic and antioxidant content the drying train is the most suitable drying method for wild-sour apple (*Malus sylvestris* MILLER). Interms of color and browning values freze-drying method has been found to be the most suitable drying method.

**2016, pages 114**

**Keywords :** Drying, antioxidant, phenolic compound, wild apple, Bayburt

## TEŐEKKÖR

Tez çalıőmam sűresince danıőmanlıęımı űstlenerek deęerli fikirleriyle beni yűnlendiren, ilgi ve desteęini esirgemeyen, çalıőmalarımı sabırla ve űzveriyle yűnlendiren saygıdeęer hocam Yrd. Doç. Dr. Őzlem ÇAKIR'a teőekkűrű bir borç bilirim. Çalıőmanın her aőamasında katkı ve destekte bulunan Araőtırma Gűrevlisi Kűbra Akőehir'e teőekkűrlerimi sunarım. Ayrıca bu çalıőma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teőekkűr ederim.

Kűbra GŬLDEMİR  
Aralık /2016



## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	iii
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	ix
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	xi
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR</b> .....	xii
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
1.1. Elmanın İçeriği ve Sağlık Üzeine Etkileri .....	4
1.2. Serbest Radikaller ve Antioksidanlar .....	7
1.2.1. Serbest radikaller ve türleri .....	7
1.2.1.1. Süperoksit radikali .....	8
1.2.1.2. Hidrojen peroksit .....	9
1.2.1.3. Hidroksil radikali .....	10
1.2.1.4. Peroksil radikali .....	10
1.2.1.5. Alkoksi radikalleri.....	10
1.2.1.6. Hidroperoksi radikaller .....	10
1.2.1.7. Singlet oksijen.....	11
1.2.1.8. Nitrik oksit .....	11
1.3. Antioksidanlar .....	12
1.3.1. Antioksidanların yapılarına göre sınıflandırılması.....	15
1.3.1.1. Fenolik antioksidanlar .....	15
1.3.1.2. Organik sülfür bileşikleri .....	16
1.3.2. Antioksidanların etki mekanizmalarına göre sınıflandırılması .....	17
1.3.2.1. Primer antioksidanlar .....	17
1.3.2.2. Sekonder antioksidanlar .....	17

1.3.3. Doğal antioksidanlar ve antioksidan aktiviteleri.....	18
1.3.3.1. C vitamini.....	18
1.3.3.2. E vitamini .....	19
1.3.3.3. Karotenoidler.....	20
1.3.4. Fenolik bileşikler.....	21
1.3.4.1. Flavanoidler.....	22
1.3.4.2. Flavonoller .....	23
1.3.4.3. Flavonlar .....	24
1.3.4.4. Flavanonlar.....	25
1.3.4.5. İzoflavanoidler .....	25
1.3.4.6. Flavanollar.....	26
1.3.4.7. Antosiyanidinler.....	27
1.3.4.8. Dihidrokalonlar .....	28
1.3.4.9. Lignanlar ve stilbenler.....	29
1.3.5. Fenolik asitler.....	29
1.3.5.1. Hidroksibenzoik asitler .....	29
1.3.5.2. Hidroksinomik asitler .....	29
1.3.6. Fenolik polimerler (Tanenler).....	30
1.3.7. Elmaların fenolik bileşen kompozisyonu.....	32
1.3.8. Yapay antioksidanlar.....	33
1.4. Elmadaki Fitokimyasallar Üzerine Etki Eden Faktörler .....	33
1.4.1. Elmanın çeşidi.....	33
1.4.2. Yetiştirilme koşulları.....	34
1.4.3. Beslenme koşulları .....	34
1.4.4. Depolama koşulları .....	34
1.4.5. Elmalara uygulanan prosesler .....	35

1.5. Antioksidan Aktivite Ölçüm Yöntemleri .....	35
1.5.1. Hidrojen Atomu Aktarımına Dayalı Toplam Antioksidan Kapasite Tayin Yöntemleri.....	36
1.5.1.1. Oksijen radikal absorban kapasitesi (ORAC) yöntemi .....	36
1.5.1.2. Toplam radikal yakalayıcı parametre (TRAP) yöntemi.....	36
1.5.1.3. Luminol yöntemi .....	37
1.5.1.4. Koşin beyazlatma yöntemi .....	37
1.5.1.5. Toplam oksiradikal söndürme kapasite (TOSC) yöntemi.....	37
1.5.1.6. Diklorofloresin-diasetat (DCFH-DA) yöntemi.....	37
1.5.2. Elektron Aktarımına Dayalı Toplam Antioksidan Kapasite Tayin Yöntemleri.....	38
1.5.2.1. Troloks eşiti antioksidan kapasite (TEAC) yöntemi .....	38
1.5.2.2. Folin-Ciocalteu ayırıcı (FCR) ile toplam fenolik yöntemi .....	40
1.5.2.3. DPPH yöntemi .....	40
1.5.2.4. Demir iyon indirgeyici antioksidan güç (FRAP) yöntemi .....	41
1.5.2.5. Oksidan olarak Cu (II) kullanılan toplam antioksidan kapasite yöntemi (CUPRAC).....	42
1.5.2.6. $\beta$ -Karoten-linoleik asit yöntemi (total antioksidan aktivite).....	43
1.6. Kurutma .....	43
1.6.1. Kurutma teknikleri .....	46
1.6.1.1. Isı iletimi (Konduksiyon).....	46
1.6.1.2. Isı taşınımı (Konveksiyon).....	46
1.6.1.3. Radyasyon (Işınım) .....	46
1.6.1.4. Güneşte kurutma .....	47
1.6.1.5. İnfrared (Kızılötesi) yöntemi ile kurutma .....	47
1.6.1.6. Liyofilize yöntemi ile kurutma .....	48
1.6.1.7. Sıcak hava ile kurutma .....	48

1.6.1.8. Mikrodalga yöntemi ile kurutma .....	49
1.6.2. Kurutma sistem ve tesislerin sınıflandırılması .....	49
1.6.2.1. Konveksiyon tipi kurutucular.....	49
1.6.2.2. Konduksiyon veya temas tipi kurutucular .....	51
1.6.2.3. Radyasyon tip kurutucular .....	51
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ .....</b>	<b>53</b>
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>62</b>
3.1. Materyal .....	62
3.2. Kullanılan kimyasal maddeler .....	62
3.3. Yöntem.....	62
3.3.1. Pomolojik Ölçümler .....	62
3.3.1.1. Meyve boyu ve eni (mm) .....	62
3.3.1.2. Meyve ağırlığı (g) .....	63
3.3.1.3. Meyve hacmi (cm <sup>3</sup> ) .....	63
3.3.1.4. Çekirdek ağırlığı (g).....	63
3.3.1.5. Et / çekirdek oranı .....	63
3.3.2. Biyokimyasal analizler.....	63
3.3.2.1. Suda çözünebilir kuru madde içeriği (SÇKM) (%).....	63
3.3.2.2. pH tayini.....	63
3.3.2.3. Renk tayini .....	64
3.3.2.4. Vitamin C tayini (Askorbik asit).....	64
3.3.2.5. İndirgen şeker tayini.....	64
3.3.2.6. Toplam asitlik .....	64
3.3.2.7. Malik asit ve glikoz tayini.....	64
3.3.2.8. Su aktivitesi (aw).....	64
3.3.3. Kurutma yöntemleri .....	65

3.3.3.1. Dondurarak kurutma (Liyofilizasyon) .....	65
3.3.3.2. Oda sıcaklığında kurutma .....	65
3.3.3.3. Etüvde kurutma .....	65
3.3.3.4. İnfared kurutma .....	65
3.3.4. Antioksidan aktivite .....	65
3.3.4.1. Meyve örneklerinin ekstraksiyonu .....	65
3.3.4.2. Beta karoten ağartma metodu.....	66
3.3.4.3. FRAP analizi (Ferric Reducing Antioxidant Power) .....	66
3.3.4.4. DPPH analizi (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) (Serbest radikal giderme) ..	66
3.3.4.5. CUPRAC yöntemi.....	66
3.3.4.6. Fenolik madde tayini .....	67
3.3.5. Biyokimyasal ve Pomolojik Çalışmalarda İstatistiksel Analizler .....	67
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA .....</b>	<b>68</b>
4.1. Yabani-ekşi elma ( <i>Malus sylvestris</i> MİLLER)'ya ait pomolojik ölçümler .....	68
4.2. Yabani-ekşi elma ( <i>Malus sylvestris</i> MİLLER)'ya ait fizikokimyasal analizler.	70
4.3. Kurutma yöntemlerine göre yabani-ekşi elma ( <i>Malus sylvestris</i> MİLLER)'in fizikokimyasal özellikleri .....	73
4.3.1. Kurutulan elmaların kuru madde miktarlarında meydana gelen değişimler ..	74
4.3.2. Kurutulan elmaların renk değerlerinde meydana gelen değişimler .....	75
4.4. Farklı kurutma yöntemlerinin yabani-ekşi elma ( <i>Malus sylvestris</i> MİLLER) biyoaktifbileşenleri üzerine etkisi.....	77
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>82</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>85</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>114</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Malik asitin kimyasal yapısı

Şekil 1.2 Oksidatif stres

Şekil 1.3 Sesamol

Şekil 1.4 Dilauril ditiyopropiyonat

Şekil 1.5 Etilendiamintetraasetikasit (EDTA)

Şekil 1.6 Askorbik asit

Şekil 1.7 C vitamininin kimyasal yapısı

Şekil 1.8 Askorbik asit ve dehidro askorbik asitin kimyasal yapısı

Şekil 1.9  $\alpha$ -tokoferol'ün kimyasal yapısı

Şekil 1.10  $\beta$  -Karoten

Şekil 1.11 Likope

Şekil 1.12 Lutein

Şekil 1.13 Flavanooidlerin Genel Yapısı

Şekil 1.14 Flavonol, flavon, flavanon, flavanol, izoflavon ve antosiyanidin'in kimyasal yapıları

Şekil 1.15 Kuerşetin, rutin, izokuersitrin, kamferol, mirisetin ve izoramnetin'in kimyasal yapıları

Şekil 1.16 Apigenin, luteolin ve krisin'in kimyasal yapıları

Şekil 1.17 Naringin, naringenin, hesperidin, hesperetin'in kimyasal yapıları

Şekil 1.18 Daidzein ve genistein'in kimyasal yapıları

Şekil 1.19 Kateşin, epikatesin, epigallokateşin, epikatesin gallat ve epigallokateşin gallatın kimyasal yapıları

Şekil 1.20 Siyanidin, malvidin, apigenidin ve delphinidin'in kimyasal yapıları

**Şekil 1.21** Floretin ve Floridzin'in kimyasal yapıları

**Şekil 1.22** Gallik, protokatesuik, vanilik asit'in kimyasal yapıları

**Şekil 1.23** p-kumarik asit, kafeik asit, ferulik asit, klorojenik asit, sinapik asit'in kimyasal yapıları

**Şekil 1.24** Prosiyanidinlerin genel kimyasal yapısı

**Şekil 1.25** Prosiyanidin B1, B2, B3, B4'ün Kimyasal Yapıları

**Şekil 1.26** Potasyum persülfat oksidasyonu ile ABST2- 'den oksidan ABST•- ' nin oluşması

**Şekil 1.27** ABTS.+ radikal katyonunun absorpsiyon spektrumu

**Şekil 1.28** 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH)'in moleküler yapısı

**Şekil 1.29** DPPH radikalinin kimyasal yapısı ve A-H ile reaksiyonu

**Şekil 1.30** Cu (II)'nin Cu (I)'e indirgenmesi (Huang ve Prior, 2005).

**Şekil 1.31** (A) Cu(II)-Nc, (B) Cu(I)-Nc komplekslerinin spektrumları

**Şekil 4.1** Yabani-ekşi elma

**Şekil 4.2** Yabani-ekşi elma

**Şekil 4.3** Dondurularak kurutulan Yabani-ekşi elma

**Şekil 4.4** Etüvde kurutulan Yabani-ekşi elma

**Şekil 4.5** Oda sıcaklığında kurutulan Yabani-ekşi elma

## ÇİZELGELER DİZİNİ

**Çizelge 1.1** Elma, Elma Suyu ve Elma Kurusunun Besin Değeri (100 g için)

**Çizelge 1.2** Oksidan kaynakları ve antioksidan savunma sistemleri

**Çizelge 4.1** Yabani-Ekşi Elma (*Malus sylvestris* MILLER)'ya ait Pomolojik Özellikler

**Çizelge 4.2** Yabani-Ekşi Elma (*Malus sylvestris* MILLER)'ya ait Fizikokimyasal Özellikler

**Çizelge 4.3** Farklı yöntemlerle kurutulmuş Yabani-Ekşi Elma (*Malus sylvestris* MILLER)'ya ait renk Özellikler

**Çizelge 4.4** Farklı yöntemlerle kurutulmuş Yabani-Ekşi Elma (*Malus sylvestris* MILLER)'nın Antioksidan ve Fenolik madde miktarı



## SİMGELER VE KISALTMALAR

AAPH	Azobis (2-Amido Propan)Dihidroklörür
ABTS	2,2'-Azinobis(3-Etilbenzotiazolin-6-Sulfonat)
ABTS.+	ABTS Radikal Katyonu
Cu(I)-Nc	Bakır(I)-Neokuproin
Cu(II)-Nc	Bakır(II)-Neokuproin
CUPRAC	Bakır (II) İyonu İndirgeme Antioksidan Kapasitesi
DCF	Diklorofloresin
DCFH-DA	Diklorofloresin-Diasetat
DPPH	1,1-difenil-2-pikrilhidrazil Serbest Radikalini Süpürücü Etkisi
E	Molar Absorplama Katsayısı
E	Etüvde Kurutma
FCR	Folin Ciocalteu Reaktifi
FRAP	Demir İndirgeme Antioksidan Gücü
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
HAT	Hidrojen Atom Transferi
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
HRP	Horse Radish Peroksidaz
İR	İnfrared Kurutma
KE	Katesin Esdeğeri
KM	Kuru Madde
LY	Liyofilize ile Kurutma
M	Molar Derişim

MPA	Meta-Fosforik Asit
O	Oda Sıcaklığında Kurutma
ORAC	Serbest Radikal Temizleme Potansiyeli
PE	Fikoeritrin
RNS	Reaktif Azot Türleri
ROS	Reaktif Oksijen Türleri
SOD	Süperoksit Dismutaz
TAA	Toplam Antioksidan Aktivite
TE	Trolox Eşdeğeri
TEAC	Troloks Esdegeri Antioksidan Kapasite
TFM	Toplam Fenolik Madde
TPTZ	Tripridiltriazin
TRAP	Toplam Radikal Temizleme Potansiyeli
V/V	Hacim/Hacim
W/V	Ağırlık/Hacim

## 1. GİRİŞ

Meyve ve sebzeler insan beslenmesinde önemli bir role sahiptirler. Meyve ve sebzeler, bazı vitaminleri önemli miktarda içerirler, insan sağlığı için alınması zorunlu mineral maddelerin temel kaynağını da oluştururlar. Ayrıca meyve ve sebzeler sindirime destek olurlar. Bunların yanısıra taze meyveler içerdikleri organik asitler ve diyet lifi nedeniyle doğal laksatif bir etkiye sahip olup sindirime destek olurlar (Cemeroğlu vd, 2001).

Meyve sebze tüketimi kanser ve kardiyovasküler hastalıklar başta olmak üzere birçok hastalığa karşı koruma sağlamaktadır. gelen hastalıklardır. Bunu meyve ve sebzelerde bulunan antioksidan özelliğe sahip fenolik bileşikler, E vitamini, karotenoidler ve askorbik asitin sağladığı düşünülmektedir (Oliveira vd, 2008). Fazla miktarda meyve içeren bir beslenme şeklinin DNA'nın oksidatif zarara uğramasını azalttığı ve böylece oksidasyonun engellenmesiyle kanserin önlenmesinde önemli bir etkiye sahip olduğu bildirilmektedir (Vinson vd, 2001). Meyve ve sebzeler, serbest radikallere karşı da koruma sağlayan birçok farklı doğal antioksidanların kaynağıdır (Tural ve Koca, 2008).

Geçmişten beri besinlerin halk kültüründe önemli bir yeri vardır. Bunun nedeni insanların besin-sağlık konusundaki deneyimleridir. İnsanlar gıdaların sağlık üzerine olumlu etkilerinin olduğunu farkettiğinde o gıdaları beslenmede, halk hekimliğinde ve sözel kültürde kullanmışlardır. Elma da tüm dünyada halk hekimliğinde ve sözel kültürde yer alan gıdalardan biridir. Türklerin eskiden beri tükettiği elma meyvesinin anavatanı Orta Asya ile Kafkasya'dır. "Alma" veya "almıla" kelimelerinden günümüze elma olarak gelen bu gıda bölgeye göre farklı isimler almıştır. Elma Türk mitolojisinde de önemli bir yere sahiptir. Kazakistan'da büyük bir şehrin adının Almalık veya Alma-Ata olduğu da bilinmektedir (Ögel, 1985 ve Aksoy, 2007). Romalıların Anadolu'da egemen olduğu dönemlerde elma ekimi çok yaygınlaşmıştır. Ayrıca Roma mutfağında ve tıpta da elma önemli bir yere sahiptir (Luby, 2009). Günümüzde elmanın birçok çeşidi, iklim şartlarının elverişli olması nedeniyle Anadolu'nun birçok bölgesinde özellikle Kuzey Anadolu'da yetişmektedir. Kuzey Anadolu, Karadeniz kıyı bölgesi ile İç Anadolu ve Doğu Anadolu yaylaları elmanın yetişmesi için uygun bölgelerdir. Isparta, Karaman, Niğde ve Antalya'nın da elma

yetiştiriciliğinde önemli bir yeri olduğu belirtilmektedir (Burak ve Ergun, 2000). Elmanın dünyada geniş bir yetiştirme alanı vardır ve 7400 çeşidi bulunmaktadır. Dış yüzeyleri cinslerine göre beyaz, sarı, yeşil, kırmızı veya bu renklerin karışımından oluşabilir (Uslu ve Erkan, 2005; FAO, 2003).

Meyvecilik ülkemizde önemli bir yere sahip olup, son yıllarda toplam meyve üretimimiz 17.525.012 tona ulaşmıştır. Bu miktar içerisinde elma, 2.569.759 tonla önemli bir yere sahiptir. Dünya’da toplam 80.822.520 ton elma üretilmektedir (TUİK, 2015). Türkiye; Çin ve Amerika’dan sonra üçüncü sırada yer almaktadır (FAO, 2003; Kaska vd, 2007) . Elma; yılın büyük kısmında var olması, genel olarak ucuzluğu ve birçok insanın damak tadına uyması gibi sebeplerden dolayı insanların en çok tükettiği ve sevdiği meyvelerden olup,. Ülkemizde yaklaşık 500 çeşit elma yetiştirilmektedir (Kaska vd, 2007) .

Elmalar, güçlü antioksidan aktiviteye sahip olan fitokimyasallar içermektedir. Bu fitokimyasalların büyük bir kısmı fenolik bileşiklerden oluşmaktadır (Boyer ve Liu, 2004). Elmaların fenolik bileşenlerinden flavonoidler; flavonoller (kesretin ve glikozitleri), flavanoller{(-)-epikateşin, (+)-kateşin ve onların oligomerleri olan prosiyanidinler} ve sadece elmalara özgü olan dihidrokalkonlar (floridzin ve floretin)’dan oluşmaktadır. Elmalarda diğer fenolik bileşenlerden en çok klorojenik asit bulunmaktadır (Drogoudı vd, 2008). Elmanın bu önemli antioksidan içeriğinin belirlenmesi için pek çok spektrofotometrik ve kromatografik çalışma gerçekleştirilmiştir ( Leong ve Shiu, 2002; Peng vd, 2005).

Elma uygun şartlar oluşturulan depolarda uzun süre muhafaza edilebilir ve mutfakta yaygın bir şekilde kullanılır. Elma çiğ olarak tüketilmenin yanısıra uygun tekniklerle pişirilerek de tüketilebilir. Özellikle tarçın gibi baharatlar ile birlikte tatlılarda; tart, kurabiye gibi hamurlarda, pasta süslemelerinde ve salatalarda kullanılmaktadır (Bennion ve Scheule, 2004) .Günümüzde ekşi elmaların marul ve çoban salatalarının içinde de kullanıldığı ayrıca elmadan elma suyu, elma çayı, elma sirkesi, elma şarabı, elma pekmezi, elma kompostosu / hoşafı yapıldığı görülmektedir (Aksoy, 2007). Elma taze olarak tüketilmesinin yanısıra reçel, marmelat, meyve suyu ve konserve yapılarak ya da kurutularda tüketilebilmektedir. Günümüzde daha kaliteli ürün elde edilmesi için kullanılan kurutma yöntemlerinin tüketici tercihleri doğrultusunda

geliştirilmesi ve bu amaca yönelik tekniklerin araştırılması konularında çalışmaları hızla ilerlemektedir. Tarımsal ürünlerin hasadından tüketimine kadar geçen zamanda bazı kayıplar söz konusu olmaktadır. Bu nedenle ürün kaybını önlemek, raf ömrünü artırmak ve kalitesini korumak için çok sayıda koruma metodu geliştirilmiştir. Bu metodlar arasında en ekonomik ve uygulama alanı en geniş olan yöntem kurutmadır (Akyıldız ve Öcal, 2006). Kurutma; enzimatik bozulma ve mikrobiyal hız gelişimini azaltması ile beraber görsel olarak avantaj sağlaması yönüyle de en çok tercih edilen muhafaza metotlarından birisidir (Bchir vd, 2012). Ayrıca kurutma işlemi ürünün rengi, tadı, kokusu ve aroması gibi özelliklerine değer katmakta ve bu da tüketicinin ürüne olan ilgisini artırmaktadır (Kingsly vd, 2006).

Türkiye kuru meyvelerin anavatanı olup binlerce dönümlük üretim alanına sahiptir. Bu nedenle Türkiye geçmişten bugüne ihracata önemli katkılar sağlamıştır. Türkiye’de kuru meyve yetiştiriciliğinin çok eski zamanlara dayanması ve üretimin fazla olmasında bu meyvelerin kolay hasat, muhafaza ve nakil edilebilir oluşlarının, iklim şartlarının elverişliliğinin ise büyük payı vardır (Ayfer, 1991).

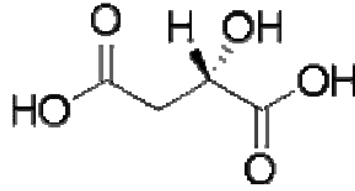
Ülkemizde yaygın olarak üretilen meyvelerden biri olan elma işlenerek, çeşitli yeni ürünlere dönüştürülebilmekte bu ise tarım ve tarıma dayalı sanayinin güçlendirilmesi açısından önem arz etmektedir. Tarımsal ürünlerin değerlendirilmesinde en çok kullanılan eski bir işleme yöntemi olan kurutmanın elmaya uygulanması durumunda rastlanabilecek problemler ve çözümler henüz tam olarak bilinmemektedir.

Bu çalışmada, Bayburt ilinde doğal olarak bulunan Ekşi Elma meyvesinin kurutulması sırasında, antioksidan ve fenolik maddelerin değişimi incelenmiştir. Bu çalışma için kullanılan meyvenin kurutulmasında 5 farklı kurutma yöntemi (mikrodalga, infrared, sıcak hava, oda sıcaklığı ve güneşte) kullanılmıştır. Daha sonra yapılan analizlerle bu meyvelerin antioksidan ve fenolik madde içerikleri karşılaştırılıp en uygun kurutma yöntemi tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, Bayburt ilinde sevilen ve bolca tüketilen yabani elmanın kurutulmasında farklı yöntemler denenerek en uygun kurutma yöntemini bulmak ve optimize etmek, ürünün gösterdiği biyokimyasal değişiklikleri saptamak, elma çeşitlerinin bazı pomolojik ölçümleri, fenolik madde ve antioksidan aktivitelerini belirlemek ve besleyici değerlerinin ortaya çıkarmaktır.

## 1.1 Elmanın İçeriği ve Sağlık Üzerine Etkileri

Elma, *Rosaceae* familyasından *Malus communis* L. cinsindedir. Elmalar genel olarak; %85 su, %11 karbonhidrat, %2 diyet lifi, %0,6 yağ, %0,5 organik asit ve %0,3 proteinden oluşur. Elmada en fazla bulunan asit malik asit olup, fenolik asitler (kafeik ve klorojenik gibi) ve vitaminler de mevcuttur (Van der Sluis, 2005). En sık tüketilen meyvelerden biri olan elma insan beslenmesinde mineraller, monosakkaritler, diyet lifin, çeşitli biyolojik aktif bileşikler, C vitamini ve doğal antioksidan olarak bilinen fenolik bileşenlerin kaynağıdır. Bazı araştırmacılar polifenollerin antimutajenik ve antikanserojen etkileri olan bileşenler olduğunu düşünmektedirler (Miller ve Rice-Evans, 1997; Wu vd, 2007).



Şekil 1.1 Malik asitin kimyasal yapısı

Elma posasının 1,4 g'ı suda çözünmez posadan oluşur ve bu bağırsağın normal çalışma sisteminin devam etmesine yardımcı olmaktadır. Geriye kalan posanın 0,4 g'ı suda çözünmektedir. Çözünen posa serum kolesterol seviyesinin düşürülmesinde ve kan şekerinin ani yükselmesinin yavaşlatılmasında rol oynar. Ayrıca çözünür posa, sindirimi yavaşlatarak uzun süre tokluk sağlar (Poleman, 2003; Bebis ve Peckenpaugh, 2004 ). Bir orta boy elmanın glisemik indeksi-glisemik yükü 38–6, elma suyunun 40–11 dir. Bu verilere göre elma ve elma suyu glisemik indeks ve glisemik yük değeri bakımından düşük besinler arasında gösterilir (Foster vd, 2002; Wardlaw vd., 2004). Ayrıca elma suyu yerine elmanın kendisinin tercih edilmesi ve taze olarak tüketilmesi tavsiye edilmektedir. Bunun nedeni olarak elma suyunun elmaya kıyasla glisemik indeks ve glisemik yük değerinin yüksek olması, lif içermemesi ve elma suyu işleme sırasında fenolik bileşiklerde önemli miktarda düşüş görülmesi gösterilmektedir (Guyot vd,2003). Elmada bulunan A, C, E vitaminlerine ilaveten fitokimyasal grup içerisinde yer alan flavonoidler de kuvvetli antioksidan etkiye sahiptir. Flavonoidler fenolik bileşiklerin en geniş sınıfını oluşturur ve diyetle

yaygın olarak bulunur. Elmada bulunan bu maddeler insanları bazı kanser türleri, diyabet ve kardiyovasküler hastalıklardan korunmaya destek olmaktadır (Işıksoluğu, 2001; Wardlaw vd, 2004). Bir araştırmada, günde 110 g ve üzerinde elma yiyen erkeklerde 18 g'dan daha az elma yiyenlere göre kalp krizi riskinin % 49 oranında azaldığı görülmüştür (Hertog vd, 1993; Yinrog ve Foo, 2000). Amerika'da en çok tüketilen meyvelerin antioksidan aktiviteleri üzerinde bir çalışmada meyvelerin antioksidan aktiviteleri en çoktan en aza doğru; yaban mersini, elma, kırmızı üzüm, çilek, şeftali, limon, armut, muz, portakal, greyfurt, ananas olarak sıralandığı ve elmanın antioksidan aktivite bakımından 2. sırada yer almaktadır ( Sun, 2002). Elmalardan elde edilen yararlı kimyasallar ve bunların sağlık üzerindeki etkileriyle ilgili pek çok araştırma yapılmıştır. Yüksek antioksidan aktiviteye sahip olan prosiyanidinler, epikateşin ve kateşinlerin LDL (low density lipoprotein) oksidasyonunu engellediği belirlenmiştir (Freitas vd, 2003). Yapılan bir araştırmada kateşinlerin sıçanlarda bağırsak tümörlerinin oluşumunu engellediği saptanmıştır (Weyant, 2001; Ebeler vd, 2002). Klorojenik asitin yüksek alkil peroksil radikal (ROO.) süpürücü etkiye sahip olduğu diğer 18 antioksidan özellik gösteren bileşenle karşılaştırıldığında (kuarşetin, gallik asit,  $\alpha$ -tokoferol dahil) rutinden sonra ikincidir (Sawa vd, 1999). Elmalardaki antioksidanlar elmanın kabuk ve etinde çeşit ve miktar açısından da farklılık göstermektedir (Lee vd, 2003). Elma kabuğunda bulunanlar; prosiyanidinler, kateşin, epikateşin, klorojenik asit, floridzin ve quersetin konjugatlarıdır. Elma etinde ise kabuğa göre daha az oranda kateşin, prosiyanidin, epikatesin ve floridzin bulunmuştur. Ancak klorojenik asit miktarı kabuğa oranla ette daha fazla belirlenmiştir. Kuerşetin konjugatları ise sadece elma kabuğunda tayin edilmiştir (Escarpe ve Gonzalez, 1998). Bu nedenle elma kabuğu, elma etine göre daha yüksek antioksidan aktivite ve biyoaktivite göstermektedir. Sonuçta kabuklu elmalar, kabuksuz elmalara göre kanser hücrelerinin çoğalmasını daha yüksek oranda önlemektedir (Eberhard vd, 2000). Yapılan bir araştırmada; elma kabuğuyla beslenen sıçanların plazma antioksidan kapasitesi, elma etiyle beslenenlere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir (Leontowich vd, 2003). Elma kabukları polifenollerce zengin içeriğe sahip olduğu için elmalardan ve elmaların işleme sırasında çıkan kabuklardan elde edilecek elma kabuğu tozunun gıdaların polifenol içeriklerinin arttırılmasında kullanılabileceği vurgulanmıştır. (Wolfe ve Liu, 2003). Fakat elma kabuğunun insan

sağlığına faydaları yanında kabuktaki pestisit kalıntılarının sağlık açısından tehlike oluşturabileceği de göz ardı edilmemelidir.

Elmanın antioksidan içeriğinin belirlenmesi için pek çok spektrofotometrik ve kromatografik çalışma gerçekleştirilmiştir (Leong ve Shui, 2002; Peng vd, 2005). Elmanın besin değeri yetiştigi toprağa, cinsine ve gördüğü işlemlere göre değişiklik gösterebilmektedir. Genel olarak elma, elma suyu ve elma kurusunun besin değeri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Çizelge 1.1) (Leong ve Shui, 2002).

**Çizelge 1.1** Elma, Elma Suyu ve Elma Kurusunun Besin Değeri (100 g için) (Küçükkömürler ve Karakuş, 2009).

Besin (100 g)	Enerji (kkal)	Su (g)	Protein (g)	Yağ (g)	CHO (g)	Posa (g)	Avit (µg)	Evit (mg)	Kvit (µg)	VitC (mg)	Niasin (mg)	Folik asit (µg)
Elma	47,8	78,3	0,3	0,4	10,5	1,8	7,0	0,5	4,0	11,0	0,2	6,0
E.suyu	49,5	87,8	0,3	0,3	10,6	0	8,0	0,5	4,0	7,4	0,2	4,0
E.kurusu	278,4	20,0	1,8	2,1	61,3	10,7	32,0	1,8	16,0	38,6*	0,8	21,0

\*Kurutulma işlemi sırasında bu değer düşmektedir.

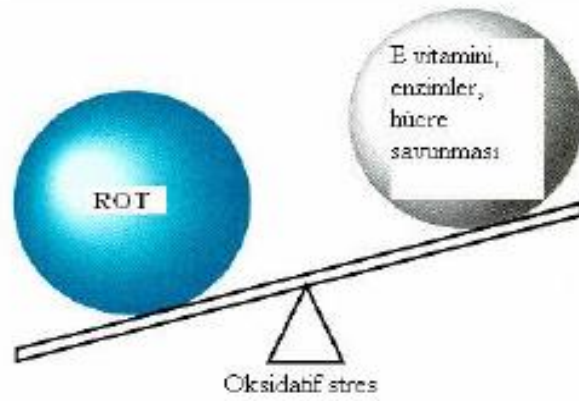
Besin (100 g)	Sodyum (mg)	Potasyum (mg)	Kalsiyum (mg)	Magnezyum (mg)	Fosfor (mg)	Demir (mg)	Çinko (mg)	Flor (µg)	Klor (mg)	İyot (µg)
Elma	3,0	132,0	6,0	6,0	10,0	0,4	0,1	6,0	2,0	1,0
E.suyu	3,0	126,0	7,0	6,0	11,0	0,5	0,1	7,0	2,0	2,0
E.kurusu	16,0	541,0	38,0	32,0	59,0	2,6	0,6	38,0	11,0	11,0



## 1.2 Serbest Radikaller ve Antioksidanlar

### 1.2.1 Serbest radikaller ve türleri

Bir atom ya da molekül yörüngesinde eşleşmemiş bir elektron bulunduran yüksek oranda reaktif kimyasal ürünler serbest radikaller olarak adlandırılır. Serbest radikaller vücutta doğal yollarla meydana gelmektedir. Fakat radikal yakalayan antioksidan maddeler sayesinde, oluşan bu serbest radikaller ortadan kaldırılmakta ve böylelikle herhangi bir hücresel zehirlenme meydana gelmemektedir. Ancak bazı durumlarda serbest radikallerin, organizmada mevcut olan veya gıdayla alınan antioksidanlarla dengelenememesi birçok patolojik olayı ortaya çıkarmaktadır. Bu olaylar oksidatif stres olarak isimlendirilmektedir (Yen ve Wu, 1999).



**Şekil 1.2** Oksidatif stres

Oksidatif stresin; kanser, arterosklerozis, kardiyovasküler hastalıklar, sıtma, nörodejeneratif hastalıklar, böbrek bozuklukları, immun sistem bozukluğu, katarakt, DNA hasarı ve yaşlanmaya yol açan pek çok etkileri olduğu belirlenmiştir (Halliwell, 1997). Vücudun oksidatif stresi etkisiz hale getirmesi için birçok savunma sistemi vardır. Bunlar; endojen enzimler (katalaz, glutatyon redüktaz ve süperoksit dismutaz), endojen faktörler (glutatyon, urat ve koenzim Q10) ve besinsel faktörlerdir ( $\beta$ -karoten ve diğer karotenoidler, C vitamini, E vitamini ve selenyum) (Temple, 2000). Serbest radikaller organizmada normal olarak meydana gelen oksidasyon ve redüksiyon reaksiyonları sırasında oluşur. Ayrıca radyasyon, ultraviyole ışınları, virüsler, hava kirliliği oluşturan etmenler, fosil kökenli yakıtların yanma sonundaki ürünleri, sigara dumanı, pestisit, enfeksiyon, stres, yağ

metabolizması sonunda oluşan ürünler, gibi hücre metabolizmasının toksik ürünleri, kontamine sular, çeşitli tıbbi tedavi yolları, bazı tahrip edici kimyasallar, böcek ilaçları gibi çeşitli birçok dış kaynaklı faktörler de serbest radikallerin oluşmasına yol açmaktadır. (Bolzan ve Bianchi, 1997). Bu radikallerin başlıcaları; tekli oksijen, süperoksit anyonu ( $\cdot O_2^-$ ), hidroksi ( $\cdot OH$ ), peroksi ( $ROO\cdot$ ) ve alkoksi ( $RO\cdot$ ) radikalleridir (Kaur ve Kapoor, 2001). Reaktif oksijen türlerinin zararlarına karşılık vücuttaki farklı doğal savunma sistemleri serbest radikalleri kontrol altında tutmaktadır. Bu sistemler farklı hücrelerde ve farklı serbest radikaller üzerinde rol oynadıkları için birbirlerini tamamlayıcı niteliktedir.

### 1.2.1.1 Süperoksit radikali

Tüm aerobik hücrelerde, oksijenin bir elektron alarak indirgenmesi ile oluşmaktadır (Brunori vd, 1984). Diğer radikallerle kıyaslandığında reaktivitesi çok daha azdır. Organizmada genel bir oksitleyici özelliği göstermektedir. Süperoksit doğrudan fazla zarar vermeyen bir serbest radikaldir ancak hidrojen peroksidin kaynağı olması ve geçiş metalleri iyonlarının indirgeyicisi olması nedeniyle önemlidir (Mccord, 1993). Süperoksidin, fizyolojik bir serbest radikal olan nitrik oksit ile birleşmesiyle reaktif bir oksijen türevi olan peroksinitrit ortaya çıkmaktadır. Böylelikle NO. 'ın normal etkisi inaktive edilir. Peroksinitritlerin direkt olarak proteinlere zararlı etkileri vardır ve azot dioksit ( $NO_2$ ), hidroksil radikali ( $OH\cdot$ ) ve nitronyum iyonu gibi toksik ürünlere dönüşürler. Süperoksit, düşük pH değerlerinde daha reaktif olup oksidan perhidroksil radikali ( $HO_2\cdot$ ) oluşturmak üzere protonlanır. Fizyolojik pH'daki protonlanmış formu % 1'den azdır. Süperoksit anyonu oksitleyici olmasının yanısıra redükleyici özelliğede sahiptir. Redükten özelliği gösterdiğinde, örneğin ferrisitokrom C'nin ya da nitroblue tetrazolium'un redüksiyonunda bir elektron kaybeder ve oksijene okside olur. Sitokrom C'yi indirgemesi süperoksit dismutaz (SOD) tarafından inhibe edilir. Bundan faydalanılarak SOD aktivitesi ve fagositler tarafından üretilen  $O_2^-$  tayini yapılır (Weiss, 1986). Oksidan olarak görev yaptığında, örneğin epinefrinin oksidasyonunda bir elektron alır ve hidrojen perokside indirgenir. Süperoksit ile perhidroksil radikali birbirleriyle reaksiyona girince biri okside olur diğeri indirgenir. Bu dismutasyon reaksiyonunda oksijen ve hidrojen peroksit oluşur. İndirgenmiş geçiş metallerinin otooksidasyonu da süperoksit meydana getirebilir. Bu

reaksiyonlar geri dönüşümlüdürler. Bu yüzden, geçiş metalleri iyonlarının oksijenle reaksiyonları geri dönüşümlü redoks reaksiyonları olarak düşünülebilir. Süperoksit radikali, sülfidril gruplarının disülfidlere yükseltgenmesine ve ferrik demirin ferröz formuna indirgenerek ferritinden demirin direkt olarak ayrılmasına neden olur. Ferritin, demirin güvenli depolama şeklidir. Demir, süperoksit radikali ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'den OH üretimini teşvik eder (Bilinski vd, 1989; Akkuş, 1995).

### 1.2.1.2 Hidrojen peroksit

Hidrojen peroksit, moleküler oksijenin çevresindeki moleküllerden bir elektron alan süperoksit anyonunun veya çevresindeki moleküllerden iki elektron alarak peroksidi oluşturan moleküler oksijenin iki hidrojen atomuyla birleşmesiyle oluşur. (Halliwell ve Gutteridge, 1984; Cheesman ve Slater, 1993). Hidrojen peroksit biyolojik sistemlerde kendiliğinden ya da süperoksit dismutaz enzimi tarafından katalizlenen süperoksit anyonunun dismutasyonu ile de oluşabilmektedir. İki süperoksit molekülü süperoksitin dismutasyonu tepkimesinde iki proton alıp hidrojen peroksit ve moleküler oksijeni oluşturmaktadırlar.



Hidrojen peroksit birçok bileşiği oksitleyici bir ajandır. Proteinler, tiyol grubu içeren enzimler, fosfolipidler, karbohidratlar ve DNA da bir takım hasarlara yol açabilir (Winterbourn, 1995). H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> bir serbest radikal değildir ancak yapısında su bulundurmasından dolayı biyolojik membranlardan geçebildiği için çok önemli bir moleküldür. Ayrıca en reaktif olan ve en çok zarar veren hidroksil radikalini oluşturduğundan serbest radikaller arasında önemli bir yeri vardır (Deaton ve Marlin, 2003). Hidrojen peroksitin önemli bir görevi de intrasellüler iletişim molekülü olarak görev yapmasıdır (Rhee, 1999; Nordberg ve Arner, 2001). İnsan metabolizmasında bir saat içerisinde yaklaşık olarak 3x10<sup>9</sup> toksik hidrojen peroksit molekülü oluşmaktadır (Wickens, 2001).

### **1.2.1.3 Hidroksil radikali**

Hidroksil radikali biyolojik sistemlerde yaklaşık olarak  $10^{-9}$  saniye yarılanma ömrü olan çok güçlü bir oksidandır. Lipitler, proteinler ve nükleik asitler gibi bütün biyolojik molekülleri okside edebilen bilinen en toksik radikaldir (Fantel, 1996). Hidroksil radikali (OH. ) diğer reaktif oksijen türlerine göre biyolojik sistemlere çok daha fazla hasar vermektedir (Betteridge, 2000). Hidroksil radikali geçiş metallerinin bulunduğu yerde hidrojen peroksitin indirgenmesi sonucu (Fenton Reaksiyonu), hidrojen peroksitin süperoksit radikali ile reaksiyonu (Haber-Weiss Reaksiyonu) ve suyun yüksek enerjili iyonize edici radyasyona uğraması sonucunda oluşmaktadır (Cheesman ve Slater, 1993; Halliwell, 1999; Song, 2004).

### **1.2.1.4 Peroksil radikali**

Peroksil radikali biyolojik sistemlerde sık kullanılan bir radikaldir ve hidroksil radikaline nazaran daha düşük reaktiviteye sahiptir. Bu nedenle yarılanma süresi daha uzundur (Sanchez ve Moreno, 2002).

Peroksil radikali yağ asidi oksidasyonu esnasında moleküler oksijenin etkisiyle oluşmasını yanısıra, hidroperoksit ile hidroperoksil radikali arasındaki reaksiyon sonucunda da peroksil radikali oluşmaktadır. Oda sıcaklığında sabit olan hidroperoksitlerin birçoğu, ultraviyole ışın, geçiş metalleri ve ısının etkisiyle yıkıma maruz kalarak peroksil radikallerini meydana getirmektedirler (Choe ve Min, 2006).

### **1.2.1.5 Alkoksi radikalleri**

Peroksi radikallerine benzer olarak ısı, uv ışını, ve geçiş metallerinin etkisiyle hidroperoksitlerin parçalanması sonucunda meydana gelmektedirler (Choe ve Min, 2006).

### **1.2.1.6 Hidroperoksi radikaller**

Hidrojen peroksit ve hidroksil radikallerinin reaksiyonu sonucu oluşan hidroperoksi radikali süperoksit anyonunun proton almış şeklidir. Ayrıca vurgulu elektrik alan (PEF) uygulaması sırasında absorbe edilen yüksek enerjinin etkisiyle parçalanmış su

moleküllerinden elde edilen hidrojen atomu ile moleküler oksijen arasında gerçekleşen reaksiyon sonucunda hidroperoksi radikali meydana gelmektedir (Choe ve Min, 2006).

### **1.2.1.7 Singlet oksijen**

Singlet oksijen eşleşmemiş elektronu olmadığı için radikal olmayan bir reaktif oksijen türüdür (Akkuş, 1995). Serbest radikal olmamasına rağmen çok reaktif olması ve üretimi sırasında bazı radikalik tepkimeler oluşması nedeniyle aynı aileden sayılmaktadır (Halliwell vd, 1989). Serbest radikal reaksiyonları sonucu oluşmasının yanısıra serbest radikal reaksiyonlarını başlatarak serbest radikal oluşumunda da etkin bir role sahiptirler. Oksijenin elektronlarından birinin enerji alarak kendi spininin ters yönünde olan başka bir orbitalle yer değiştirmesi sonucunda meydana gelmektedir. Enerji absorpsiyonu ile uyarılan oksijenin ortaklanmamış dış elektronları spinlerini değiştirerek ayrı ayrı ya da aynı orbitali işgal edebilir. Bu iki forma singlet oksijen denilmektedir. Singlet oksijen, uyarılmış elektronların daha düşük enerji seviyelerine inmesiyle ışık yayar (Cheeseman vd, 1993).

### **1.2.1.8 Nitrik oksit**

Nitrik oksit ( $\text{NO}$ ) inorganik bir serbest radikal olup tek sayıda elektron içerir ve renksiz bir gaz şeklinde bulunur. Bakteriler, sigara dumanı ve egzoz gazları reaktif azot oksitleri meydana getirir.  $\text{NO}$  kararlı bir serbest radikaldir ve fizyolojik şartlarda birçok görevde kendini gösterir (Simonian vd, 1996). Hücre içi yoğunluğu fazla arttığında nöron ölümü ile sonuçlanan toksik olayları başlatır. Nitrik oksit, biyolojik sistemlerde  $\text{O}_2$ ,  $\text{O}_2^-$  ve geçiş metalleriyle tepkimeye girer. Metal ve tiyol içeren proteinlerle gerçekleşen reaksiyonlar, enzim aktivitelerinde zayıflamaya neden olur. Nitrik oksitin elektron transport zincirindeki demir içeren bileşiklerle etkileşimi, enerji metabolizmasının bozulmasına yol açar. Nitrik oksit oluşumunun artması sinir hücreleri tahribatına yol açar (Reiter, 1998).

### 1.3 Antioksidanlar

Antioksidanlar, yiyeceklerde veya vücutta düşük derişimlerde bulunduğunda oksidasyonu önemli miktarda engelleyen veya geciktiren maddelerdir. İnsan sağlığında antioksidanların etkisi çok önemlidir. Bu etkilerden en önemlisi radikal yakalayıcı ve zincir kırıcı sistemlerle ortaya çıkmaktadır. Oksijen bir takım metabolik reaksiyonlar sırasında çok daha reaktif şekilleri olan süperoksit, hidrojen peroksit, singlet oksijen ve hidroksil radikallerine çevrilebilir. Bunlara kısaca 'aktif oksijen' denir. Canlı hücrelerde, SOD adlı enzim süperoksidi hidrojen perokside dönüştürmektedir. Hidrojen peroksit yapısında su bulundurduğundan dolayı her türlü biyolojik membrandan geçebilir. Oksijen radikalinin ve hidroksil radikalinin aşırı üretimi sonrası lipit hücre membranlarıyla etkileşme sonucu lipit peroksitleri oluşturmaktadır. Hidroksil radikali canlı hücrelerdeki hemen hemen tüm moleküllerle birleşebildiği için çok reaktiftir. Aktif oksijenden hidroksil radikalinin oluşumu, demir ve bakır gibi metal iyonlarının varlığında meydana gelmektedir. Bakır/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sisteminin proteinlere ve DNA'ya ciddi hasarlar verdiği deneylerle kanıtlanmıştır. (Halliwell vd, 1995).

Antioksidan savunma sistemi farklı şekillerde oluşmaktadır. Bunlar:

1. Radikal metabolit üretiminin engellenmesi
2. Radikallerin detoksifikasyonu
3. Hücre deformasyonunun onarılması
4. Sekonder radikal üreten zincir reaksiyonlarının durdurulması
5. Endojen antioksidan kapasitesinin artırılması (Karademir, 2005).

**Çizelge 1.2** Oksidan kaynakları ve antioksidan savunma sistemleri (Diplock, 1998)

Oksidan	Antioksidan savunma
Sigara dumanı	Süperoksit dismutaz
Egzersiz	Katalaz
Çevre kirleticiler	Glutatiyon peroksidaz
Ateşli hastalıklar	Glutatiyon
Radyasyon	Ubiklinon
Çoklu doymamış yağ asitleriyle zengin bir diyet	Selenyum
İskemi	Ürük asit
Karsinojenler	E vit
	C vit
	β-karatone ve diğer karatonoidler
	Melatonin

Prooksidanlar ise lipidler, proteinler ve nükleik asitlerde oksidatif zarara sebebiyet veren ve böylelikle çeşitli patolojik olaylara, hastalıklara yol açan zararlı maddelerdir. Prooksidan terimi, reaktif türler için kullanılan bir terimdir. Bu zararlı bileşiklerin varlığı antioksidanları değerli kılmaktadır. Çünkü antioksidanlar, hücreler için zararlı olan bu prooksidanları (reaktif oksijen ve azot türleri, serbest radikaller) etkin bir şekilde indirgeyerek az zararlı veya zararsız ürünlere çevirirler. (Cao ve Prior, 1999).

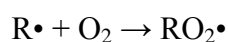
Lipit peroksidasyonu, hücre membranlarının işlevini yitirmesine ve hücre ölümüne sebebiyet vermektedir. Hidroksil radikalleri ise DNA'daki bazlarla etkileşerek, mutasyonlara neden olmaktadır. Reaktif oksijen türü; eklem romatizması, katarakt ve kanser gibi kronik hastalıklara yol açan önemli bir etkidir. Vücuttaki antioksidanlar oksidatif strese bağlı zararları önemli derecede azaltmaktadır (Başer, 2003). Antioksidanlar; hem vücut hücreleri tarafından üretilebilirler hem de gıdalar yoluyla da alınabilmektedir. İnsan vücudunu zararlı serbest radikallerden koruyan ve gıdalarda var olan başlıca doğal antioksidanlar; esas olarak vitaminler (C, E ve A vitaminleri) ve fenolik bileşiklerdir (Rice-ivens vd, 1997).

Polifenolik bileşikler ve türevleri antioksidanların en önemlisi olup, kimyasal yapıları basit bileşiklerden yüksek polimerleşmiş maddelere kadar farklılık gösterebilen bitkisel komplekslerdir (Keskin ve Erkmen, 1987). Polifenolik bileşikler oksidatif düzende değişik formlarda davranırlar. Örneğin, oksijen derişimini düşürebilirler veya singlet oksijeni durdururlar. Hidroksil radikalleri gibi birincil radikalleri yutucu özelliğini kullanarak zincir tepkimelerinin başlamasını önlerler, metal iyon katalizörlerini bağlarlar (Shahidi, 1996).

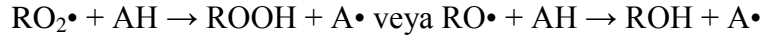
Antioksidanlar, gıdalarda doğal olarak bulunmasının yanısıra ürünlerin kalitesini ve besin değerlerini korumak amacıyla sonradan da eklenebilirler. Bu yolla gıda endüstrisinde çok sık kullanılırlar. Antioksidanlar besinlerin acılaşmasını, çürümesini geciktirici etkiye sahiptirler. Özellikle yağlarda, oksijenin sebep olduğu otoksidasyonu yavaşlatmak için kullanılırlar ve bunun sonucunda yağların kokusunu, tadını, rengini korurlar. Böylelikle yağların kalitesini arttırırlar ve raf ömrünü uzatmış olurlar. Antioksidanların az miktarları bile etkin olması için yeterlidir. Ancak bir antioksidanın besin maddelerinde kullanılmadan önce sağlığa bir zararının olup olmadığı kesin olarak belirlenmelidir.

Zincirleme tepkimesi kuramına göre, otoksidasyona uğrayabilen maddelerin oluşturduğu reaktif peroksil radikal ve molekülleri, enerjilerini maddelerin yükseltgenebilen diğer moleküllerine aktarır ve böylece besinlerdeki otoksidasyon devam etmektedir. Antioksidanlar, bu zincir tepkimesini bozarlar. Yani bu bileşikler aktivasyon enerjisini kabul ederler. Ancak bu enerjiyi başka moleküllere gönderemezler. Böylece bir antioksidan molekülünün araya girmesiyle otokside olabilen maddenin birçok molekülü yükseltgenmekten kurtulur (Keskin ve Erkmen, 1987). Antioksidanlar, zincirleme reaksiyonu koparmaları sırasında kendileri yükseltgenerek bozdukları için yalnız sınırlı bir zaman için yükseltgenebilen maddeyi koruyabilirler ve belli bir seviyeden sonra madde, yükseltgenmeye devam eder (Rice-Ivens vd,1997).

Antioksidanların etki mekanizması;







$\text{RO}_2 + \text{A}\bullet \rightarrow \text{ROOA}$  (AH: Antioksidan molekülü,  $\text{A}\bullet$  : Antioksidan etkin molekülü) olarak gösterilir.

Antioksidanların kimyasal aktiviteleri serbest radikal yutucu olarak göstermiş oldukları potansiyel ile ifade edilir. Bir antioksidanın aktivitesi şu esaslara bağlıdır;

- Radikal süpürme kabiliyeti
- Hidrojen veya elektron donör aracı olarak göstermiş olduğu reaktivite (redüksiyon potansiyeline bağlı olan)
- Metal şelatlama gücü
- Diğer antioksidanlarla olan etkileşimi

Antioksidanlar dört yolla oksidanları etkisiz hale getirirler:

**1. Süpürücü Etki (Scavenging):** Oksidanları daha zayıf yeni bir moleküle çevirir ve böylece onları etkisiz hale getirmiş olur. Antioksidan enzimler ve moleküller bu şekilde etki eder.

**2. Söndürme Etkisi (Quenching):** Bu etki kendisini oksidanlara bir hidrojen gönderip aktivitesini sonlandırarak gösterir. Vitaminlerin ve flavonoidlerin etki etmesi bu şekildedir.

**3. Zincir Reaksiyonlarını Kırma Etkisi (Chain Breaking):** Hemoglobin, serüloplazmin ve ağır metaller oksidanları kendilerine bağlar ve inaktive eder.

**4. Onarıcı Etki (Repair):** Oksidatif olarak hasara uğramış biyomolekülü tamir ederler (Gökpınar vd, 2006).

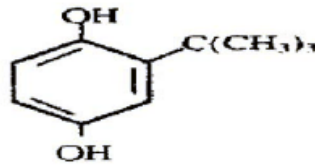
### 1.3.1 Antioksidanların yapılarına göre sınıflandırılması

#### 1.3.1.1 Fenolik antioksidanlar

Fenol grubu içerenler ve bunlardan dihidroksi türevleri antioksidanların en önemlileridir. Bunların en önemli örneği hidrokinondur ve tersinir olarak kinona yükseltgenir. Antioksidan özelliğe sahip olanlar yalnız orto ve para polifenollerdir.

Fenolün kendisi antioksidan değilken yerdeğişimli benzenler, birden fazla benzen halkasını içeren aromatik bileşikler veya heterosiklik bileşikler, yapıları orto ve para hidroksi bileşiklerine benziyorsa antioksidan olabilirler. Örneğin, susam yağında bulunan sesamol bir tek serbest hidroksi grubuna sahip olmasına rağmen, bu grup oksijenlerden birine göre para pozisyonunda olduğundan, antioksidandır. Bitkilerde bulunan fenolik antioksidanların bazıları flavanoidlerdir Doğal fenolik antioksidanların diğer bir grubu, tokoferoller oluşturur.  $\delta$ -tokoferol antioksidan özeliği en fazla olandır. Yapay antioksidanlardan fenolik yapıda olanlar, oktil gallat, dodesil gallat, propil gallat, butillenmiş hidroksi anisol (BHA), nordihidroguayaretik asid (NDGA), tersiyer butil hidrokinon (TBHQ) ve butillenmiş hidroksi toluen (BHT)'dir.

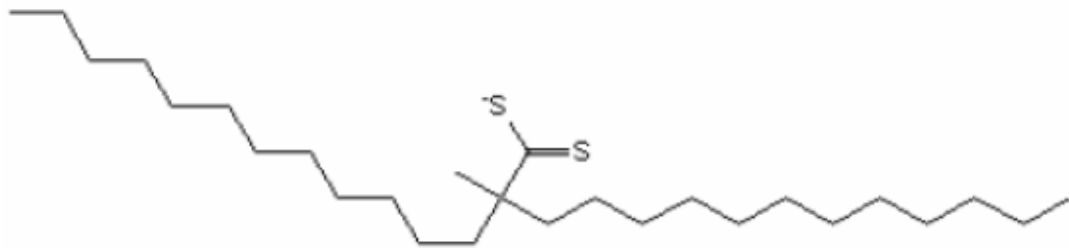
Aromatik amino antioksidanlar da genellikle fenollü antioksidanlara benzerler. Fakat hidroksi grupları kısmen veya tamamen amino grupları ile yer değiştirmişlerdir. Bunlardan biri para izo butil amino fenol'dur.



Şekil 1.3 Sesamol

### 1.3.1.2 Organik sülfür bileşikleri

Kükürtlü organik bileşikler kuvvetli antioksidanların bir grubunu oluşturur.  $\beta$ ,  $\beta'$ -ditiyo propiyonik asid ve esterleri, özellikle dilauril ve distearil ditiyopropiyonatlar çok güçlü antioksidanlardır ve bilhassa yağlarda % 0.01 oranında kullanılırlar.



Şekil 1.4 Dilauril ditiyopropiyonat

### 1.3.2 Antioksidanların etki mekanizmalarına göre sınıflandırılması

#### 1.3.2.1 Primer antioksidanlar

Primer antioksidanlar otooksidasyonun ilk safhasını erteleyen, önleyen veya otooksidasyonun ileriki aşamasını yarıda bitiren serbest radikal alıcılarıdır. Bir lipit (alkil) radikali ( $R\bullet$ ) oluşturmak için, doymamış yağdan  $\alpha$ -metilenik hidrojen ayrıldığında otooksidasyon başlar (Öztürk, 2008). Meydana gelen lipit radikali çok reaktiftir ve ilerleyen safhalarda peroksi radikali ( $ROO\bullet$ ) oluşturmak için oksijenle tepkimeye girer. Primer antioksidanlar serbest radikallerle tepkimeye girerek onları daha kararlı ve radikal olmayan ürünlere dönüştürürler. Böylece hidroperoksit oluşumunu önlerler. (Öztürk, 2008). Radikal gidermenin yanısıra primer antioksidanlar, hidroperoksitleri hidroksi bileşiklerine dönüştürebilirler. Yapay ya da doğal yapıda olabilirler. En önemlileri; flavonoidler, tokoferoller, alkali gallatlar, TBHQ, BHT, BHA'dır. (Keskin ve Erkmen, 1987).

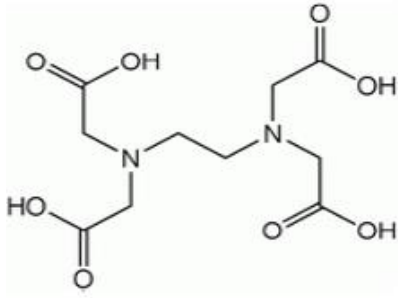
#### 1.3.2.2 Sekonder antioksidanlar

İkincil antioksidanlar, oksidasyon hızını azaltabilen bileşiklerdir. Etki mekanizmaları; metal iyonlarını yakalamak, oksijen molekülünü tutmak, hidroperoksitleri radikal olmayan bileşiklere parçalamak, ultraviyole ışınlarını absorblamak veya oksijen atomunu etkisiz hale getirmek şeklinde olabilir. Bu antioksidanlar 'antioksidan sinerjistler'dir. Yani antioksidan güçleri yalnız olarak buldukları ortamlarda çok düşüktür ya da hiç göstermezler. Fakat ortamda iki antioksidan madde bulunursa tek başlarına gösterdikleri etkiden çok daha etkili olurlar. Antioksidan etkisini bu şekilde arttıran maddelere sinerjist denir. Sitrik asit, askorbik asit, birçok aminoasit, polifosfatlar ve tartarik asit gibi maddeler fenollü antioksidanların güçlerini arttırırlar (Karademir, 2005). Sekonder antioksidanlar mekanizmalarına göre 3 gruba ayrılabilir (Boğa, 2007):

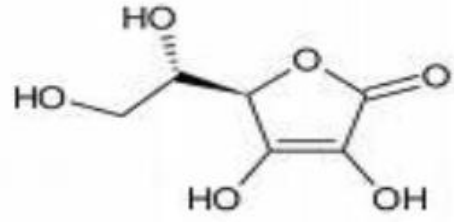
**a) Şelat Yapıcılar:** Sitrik asit, fosforik asit, etilendiamintetraasetik asit (EDTA), tartarik asit.

**b) Oksijen Gidericiler ve İndirgeme Ajanları:** Askorbik asit, askorbul palmitat, eritorbik asit, sodyum entorbat, sülfidler

**c) Singlet Oksijen Gidericiler:** Karotenoitler ( $\beta$ -Karoten, likopen ve lutein)



Şekil 1.5 Etilendiamintetraasetikasit (EDTA)

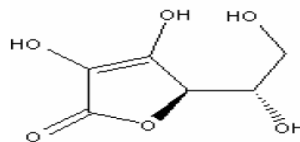


Şekil 1.6 Askorbik asit

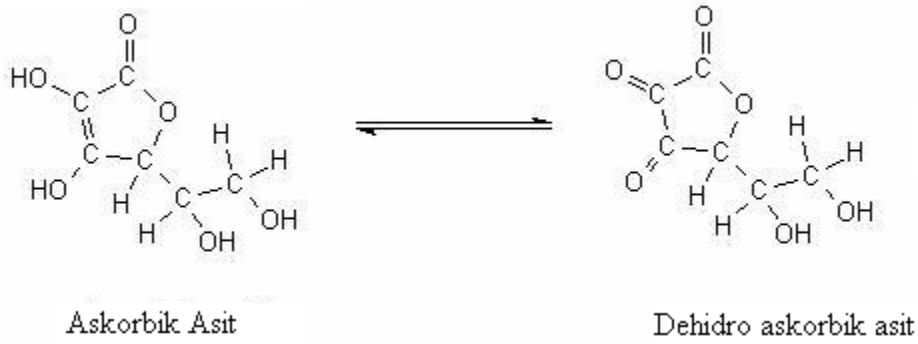
### 1.3.3 Doğal antioksidanlar ve antioksidan aktiviteleri

#### 1.3.3.1 C vitamini

Bir diğer adıyla askorbik asit (askorbat) olan C vitamini organizmanın en çok ihtiyaç duyduğu suda çözünebilen bir vitamindir. Bitkilerin kloroplastlarında ve hayvanların karaciğer veya böbreklerinde glikozdan sentezlenen, serbest radikalleri direkt olarak giderebilen güçlü bir antioksidan kaynağıdır (Nishikimi, 1975; Weheeler, vd, 1998). Altı karbonlu lakton yapısına sahiptir (Cadenas ve Packer, 2002). Vücut tarafından sentezlenemez (Woodal ve Ames, 1997). Meyve ve sebzelerin birçoğu önemli C vitamini kaynağıdır. Özellikle çilek, papaya, portakal, kivi, greyfurt, kavun, mango gibi meyvelerde, brokoli, brüksel lahanası, kırmızı veya yeşil biber, domates, lahana, patates, karnıbahar gibi sebzelerde, portakal suyu, domates suyu gibi meyve sularında bol miktarda bulunmaktadır. Doğal kaynaklardan elde edilmesinin yanısıra kimyasal yollarla da sentezlenebilir (Hudson, 1990). Askorbik asit plazma lipoproteinlerinin (LDL) ve yağların oksidasyonunu engellerler. Kan plazması ve hücre stozolü gibi vücudun sulu bölgelerinde etkili bir oksiradikal gidericidir (Cadenas ve Packer, 2002). Ayrıca bazı gıdalarda acılaşmayı ve ekşimeyi, meyvelerde renk değişimini engellerler.



Şekil 1.7 C vitamininin kimyasal yapısı

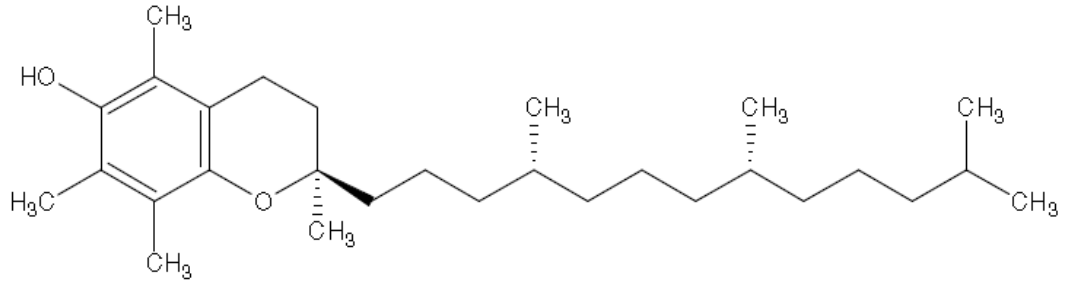


**Şekil 1.8** Askorbik asit ve dehidro askorbik asitin kimyasal yapısı

### 1.3.3.2 E vitamini

E vitamini, kuvvetli bir antioksidant olması sebebiyle üzerinde en çok çalışılan vitaminlerdendir. E vitamini, peroksitleri ve oksijen radikallerini nötralize eder. Yaslanmayı geciktirir, yaslanmaya bağlı göz hastalıkları riskini azaltır, LDL oksidasyonunu önler, kalp hastalıkları riskini azaltır, bazı kanser tipleri (mesane kanseri vb) riskini azaltır, nörodejeneratif hastalıklarının gelişimini yavaşlatmaktadır (Eitenmiller ve Lee, 2004). Doğal E vitamini bitkiler tarafından sentezlenen  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - , ve  $\delta$ - tokoferol ve  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - , ve  $\delta$ - tokotrienol şeklinde sekiz farklı formdan oluşmaktadır (Ameye vd, 2006).  $\alpha$ -tokoferol (5,7,8-trimetil tokol), hayvansal dokularında tokoferollerin yaklaşık % 90'ını oluşturduğu ve biyolojik aktivitede en fazla rol oynadığı için en önemli tokoferol sayılmaktadır (Meram vd, 2001).

Tokoferollerin hepsi aynı biyolojik aktiviteye sahip değildir. Biyolojik aktivite yönünden  $\alpha$ -tokoferol >  $\beta$ - tokoferol >  $\gamma$ - tokoferol >  $\delta$ -tokoferol olarak sıralanmaktadır. *In vivo* koşullarda tokoferollerin antioksidan aktivitesi de farklı olup  $\alpha$ - tokoferol >  $\beta$ - tokoferol >  $\gamma$ - tokoferol >  $\delta$ -tokoferol şeklinde sıralanmaktadır (Eitenmiller ve Lee, 2004). E vitamini bakımından en zengin gıda kaynakları bitkisel yağlar, yeşil yapraklı sebzeler, baklagiller, ceviz, fındık, süt ve yumurta gibi gıdalardır. (Ameye vd, 2006). Meyve ve sebzelerdeki miktarları ise genel olarak düşüktür.



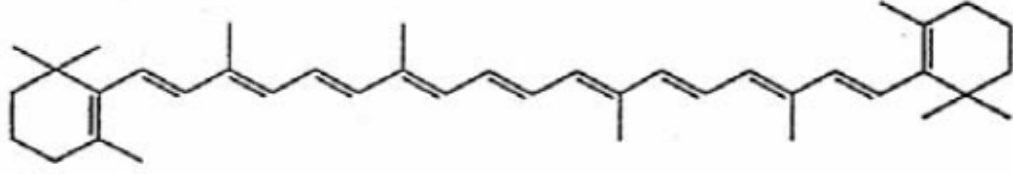
**Şekil 1.9**  $\alpha$ -tokoferol'ün kimyasal yapısı

### 1.3.3.3 Karotenoidler

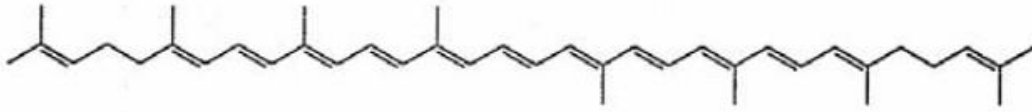
Bitkisel kökenli önemli bir antioksidan grubunu oluşturan karotenoidler, yağda çözünen, bitkisel ve hayvansal ürünlere sarıdan kırmızıya kadar renk veren bileşiklerdir. Meyve ve sebzelerdeki miktarı da geniş sınırlar içinde değişmektedir. Kimyasal yapılarına göre yapısında oksijen içerenler (ksantofiller) ve içermeyenler (karotenler) olarak 2'ye ayrılırlar (Acar ve Gökmen, 2007).

Karotenoidler insan sağlığı açısından önemlidir. Kanseri, akciğer hastalıkları ve katarakt gibi ciddi hastalıkları önleyerek biyolojik aktivite göstermektedirler.  $\beta$ -karoten ve  $\alpha$ -karoten ve  $\beta$ -kriptoksantin gibi birçok karotenoid provitamin A aktivitesine sahiptir. Bunların provitamin A aktivitesine ek olarak, diğer birçok biyolojik fonksiyonlara da sahip oldukları düşünülmektedir. Serbest radikalleri gidermeye yardımcı etkisi olduğu ayrıca *in vitro* koşullarda oksidasyona karşı LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein)'yi koruyucu etkisi olduğu bildirilmektedir. Karotenoidlerin DNA'yı koruyucu etkisi olduğu da ifade edilmiştir (Voutilainen vd, 2006).

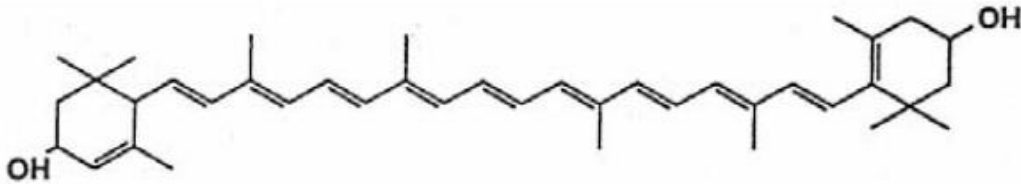
Yaklaşık 600 farklı karotenoid bilinmektedir. Bunların birçoğu antioksidan aktiviteye sahip olup sadece 50 tanesi provitamin A aktivitesi göstermektedir.  $\beta$ -karoten ve likopen karotenoidlerin arasında en önemlileridir (Regier vd, 2005).



Şekil 1.10  $\beta$  -Karoten



Şekil 1.11 Likopen



Şekil 1.12 Lutein

#### 1.3.4 Fenolik bileşikler

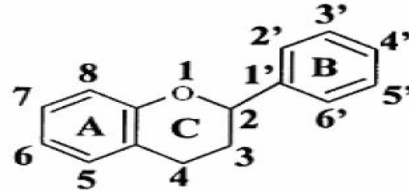
Fenolik bileşikler bitkiler tarafından sentezlenen ikincil metabolitlerdir. Rüzgar, UV radyasyon, enfeksiyon gibi stres ortamlarına karşı bitkiler tarafından üretilen fenolik bileşikler; basit fenoller, fenolik asitler (benzoik ve sinamik asit türevleri), kumarinler, flavanoidler, hidrolize ve kondense taninler, lignanlar ve ligninleri içermektedir. Fenolik bileşikler bitki doku ve hücrelerin homojen olarak bulunmazlar. Suda eriyebilir fenolikler vakuollerde, suda eriyemeyen fenolikler ise hücre duvarlarında bulunmaktadır (Naczki ve Shahidi, 2004). Fenolik bileşikler bir veya daha fazla hidroksi atomu içeren aromatik halkaya sahiptirler. Doğal polifenoller fenolik asit gibi basit moleküllerden, taninler gibi yüksek polimerize moleküle kadar değişen bileşiklerini kapsamaktadır. Bunlar, hidroksil gruba bir veya daha fazla seker rezidülerinin bağlanmasıyla oluşabilmektedir. Serbest, konjuge olmamış polifenoller de birçok bitkide bulunmaktadır. Flavanoidler; bitki fenoliklerini içerisinde en yaygın bulunan gruptur. Son yıllarda, fenolik bileşiklere özellikle

flavonoidlere karşı ilgi giderek artmaktadır. Bunlar anti-imflamatuar, antialerjik ve antibakteriyel gibi birçok biyolojik etkiye sahiptirler. Flavonoidler, antioksidan, serbest radikal giderici ve metallerle şelat yapabilme yeteneğine sahiptirler. Epidemiyolojik çalışmalar, flavonoid tüketiminin artmasıyla, kardiyovasküler hastalıklar ve bazı kanser tipleri arasında negatif ilişki olduğunu göstermektedir (Hvattum, 2002).

Fenolik bileşikler bitkiler aleminde çok yaygındır, hemen hemen her meyve ve sebze de bulunmaktadır. Meyveler sebzelere oranla daha yüksek fenolik bileşik içermektedir. Fenolik bileşiklerin önemli bir bölümü meyve sebzelerin lezzetinin oluşmasında katkıda bulunurlar. Bir kısım fenolik bileşikler meyve sebzelerin kendine özgü renklerinin oluşmasını sağlamaktadırlar (Cemeroğlu vd, 2001). Besinlerde bulunan fenolik maddeler; flavonoidler, fenolik asitler, fenolik polimerler (tanenler) olmak üzere üç sınıfa ayrılır (Rice-Evens, 1996).

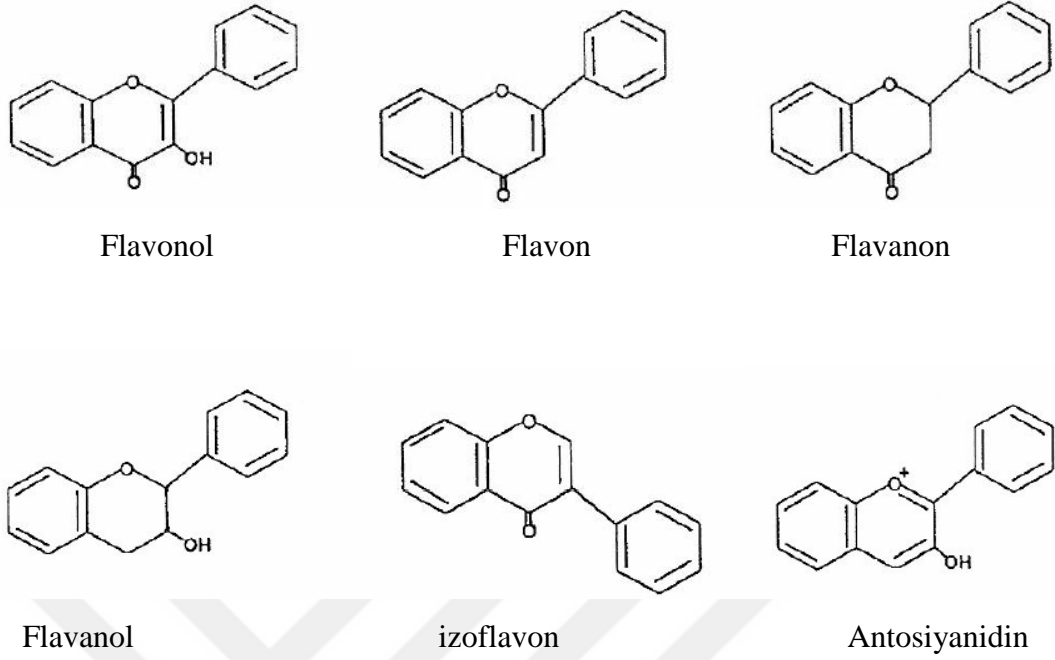
#### 1.3.4.1 Flavanoidler

Flavanoidler, bitkilerdeki fenolik bileşiklerin en büyük grubu olup, sekiz bin fenolik bileşiğin yarısından fazlasını oluşturur ve düşük moleküler ağırlığa sahiptirler,  $C_6-C_3-C_6$  formunda on beş karbon atomu içerirler. Genellikle heterosiklik formda olan C halkasının bir köprüyle bağlandığı iki aromatik halka içerirler. Heterosiklik türüne göre 6 alt gruba ayrılırlar: Flavonoller, flavonlar, flavanonlar, izoflavanoidler (izoflavonlar), flavanoller (kateşinler) ve antosiyanidinlerdir (Aherne ve O'Brien 2002; Manach vd, 2004; Balasundram vd, 2006).



Şekil 1.13 Flavanoidlerin Genel Yapısı

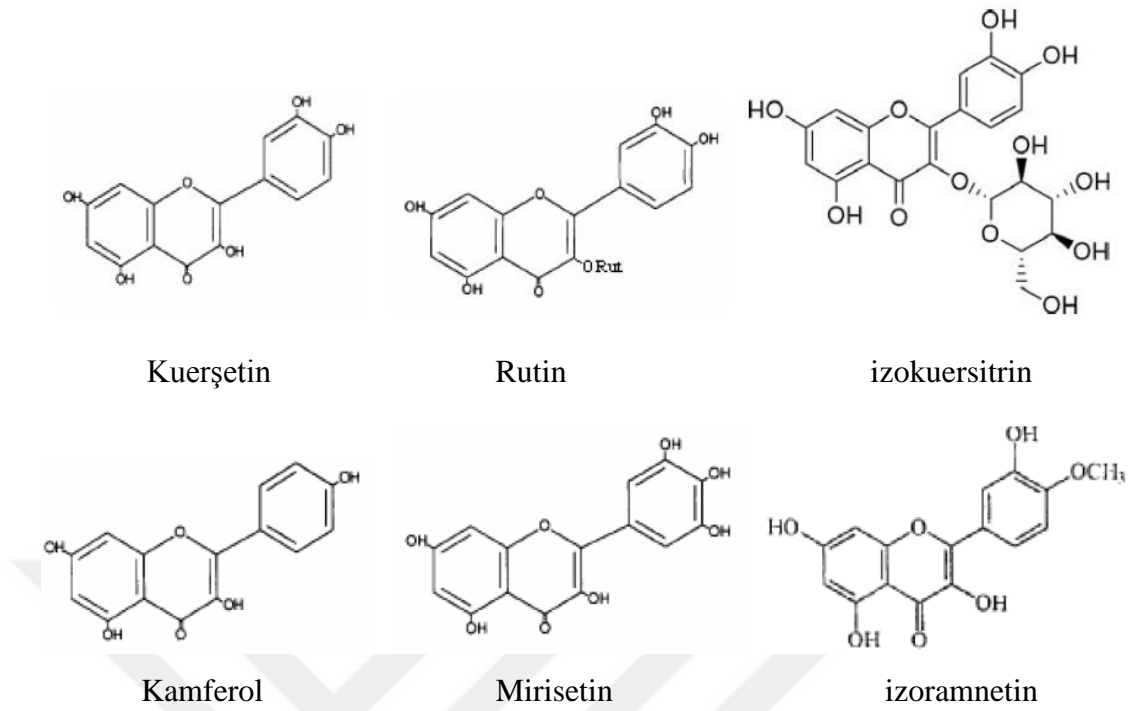




**Şekil 1.14** Flavonol, flavon, flavanon, flavanol, izoflavon ve antosiyanidin'in kimyasal yapıları

#### 1.3.4.2 Flavonoller

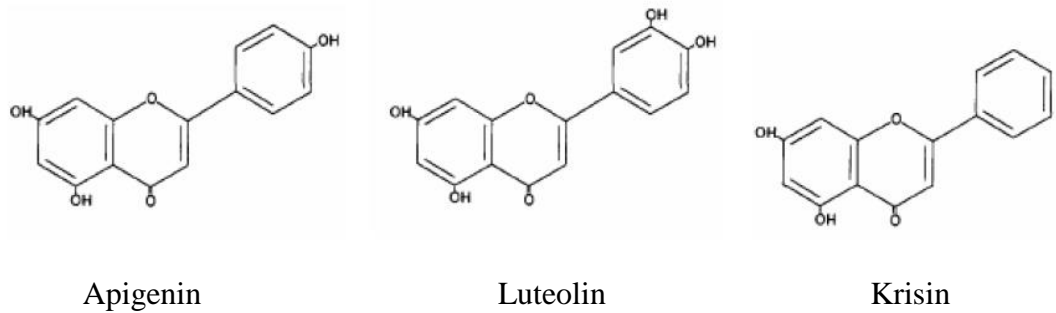
Başlıca flavonoller; kuerşetin, kempferol, izoramnetin, mirisetin'dir. En zengin kaynakları soğan, karalahana, pırasa, brokoli ve yabanmersinidir (Manach vd, 2004). Kuerşetin diyetle alınan en yaygın flavonoldür, çeşitli meyve ve sebzelerde mevcuttur ama soğanda en yüksek konsantrasyonda bulunmaktadır (Hertog vd, 1992). Kempferol en fazla meyveler ve yapraklı sebzelerde, izoramnetin soğan ve armutta, mirisetin üzüksü meyveler, mısır ve çayda bulunur. Flavanoller ve onların glikozidleri baskın olarak meyve kabuğunda mevcuttur (Peterson ve Dwyer 1998). Flavanoller, meyvenin dış hava ile temas eden dokularında (kabuk ve yaprak) birikir. Çünkü flavanollerin biyosentezi ışık tarafından harekete geçirilir. Güneş ışığına maruz kalmasına bağlı olarak, aynı meyve ağacındaki farklı meyvelerde hatta bir tek meyvenin farklı kenarlarında bile konsantrasyon farklılıkları oluşur. Benzer biçimde marul ve lahana gibi yapraklı sebzelerde, yeşil dış yapraklardaki glikozid konsantrasyonu, daha açık renkli iç yapraklardan 10 kat daha fazladır (Manac vd, 2004).



**Şekil 1.15** kuerşetin, rutin, izokuersitrin, kamferol, mirisetin ve izoramnetin'in kimyasal yapıları

### 1.3.4.3 Flavonlar

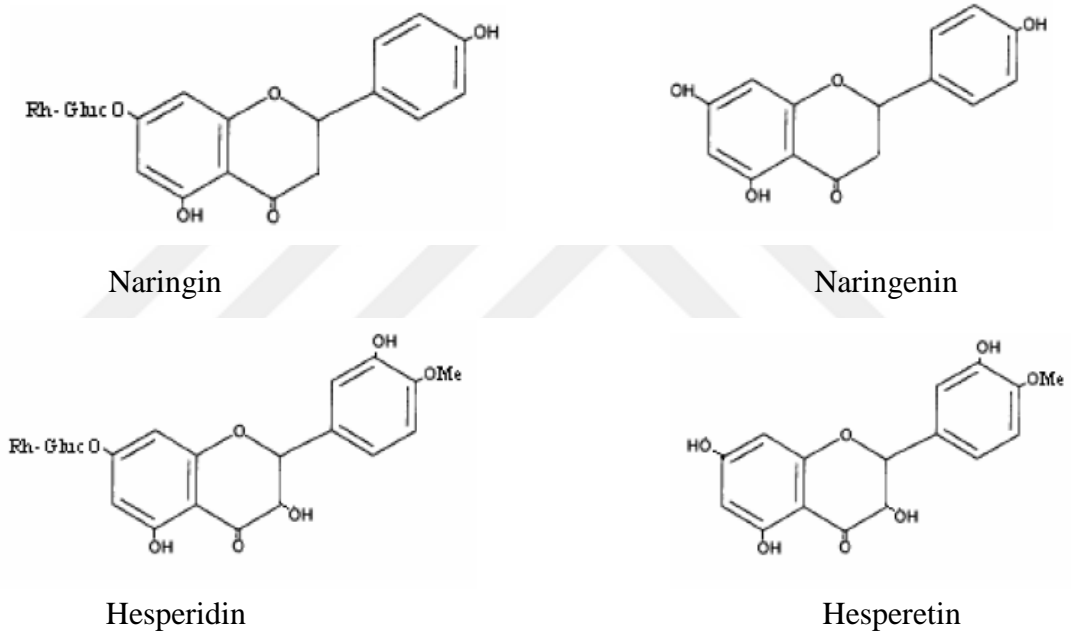
Flavonlar, sıklıkla tahıllarda, tıbbi bitkiler (maydanoz, biberiye, kekik), sebzeler ve onların yapraklarında bulunur. Bitkilerde, glikozid formunda olan apigenin, luteolin ve krisin en sık rastlanan flavanollardır. Metal iyonlarıyla kompleks bileşikler oluşturur veya yüksek konsantrasyonda bulunurlarsa, bitki dokularının renk oluşumuna katkıda bulunurlar. Turunçgillere acı tadı glikozid olmayan nobiletin, sinensetin ve tangeretin flavonları verir (Peterson ve Dwyer 1998).



**Şekil 1.16** Apigenin, luteolin ve krisin'in kimyasal yapıları

### 1.3.4.4 Flavanonlar

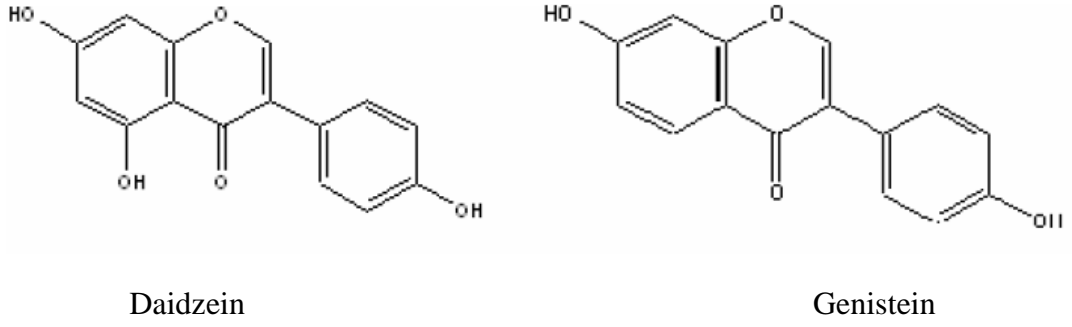
Flavanonlar özellikle turunçgillerde yüksek konsantrasyonlarda bulunur ama turunçgil sularında da litrede birkaç yüz miligrama kadar bulunabilmektedir (Tomas-Barberan ve Clifford, 2000). Portakal ve mandalınada, hesperitin (hesperitin-7-rutinozid) ve (narirutin narincenin-7-rutinozid), greyfurtta ise %70 narincenin (narinceni-7-neohesperozid) ve %20 narirutin flavanonları bulunmaktadır (Kawaii vd, 1999). Domateste ve domates ürünlerinde düşük konsantrasyonlarda narincenin bulunur, domatesin ketçaba islenmesi sırasında narincenin kalkona dönüşür (Erlund, 2004).



Şekil 1.17 Naringin, naringenin, hesperidin, hesperetin'in kimyasal yapıları

### 1.3.4.5 İzoflavanoidler

İzoflavanoidler, östrojenik flavanoidler olarak da bilinirler (Peterson ve Dwyer, 1998). Genistein ve daidzein en etkili izoflavonoidlerdir. Temel kaynağı baklagillerdir, ancak soya fasulyesi ve soya ürünlerinde yüksek konsantrasyonlarda bulunurken diğer baklagillerde daha düşük konsantrasyonlardadır (Mazur vd, 1998; Liggins vd, 2000).

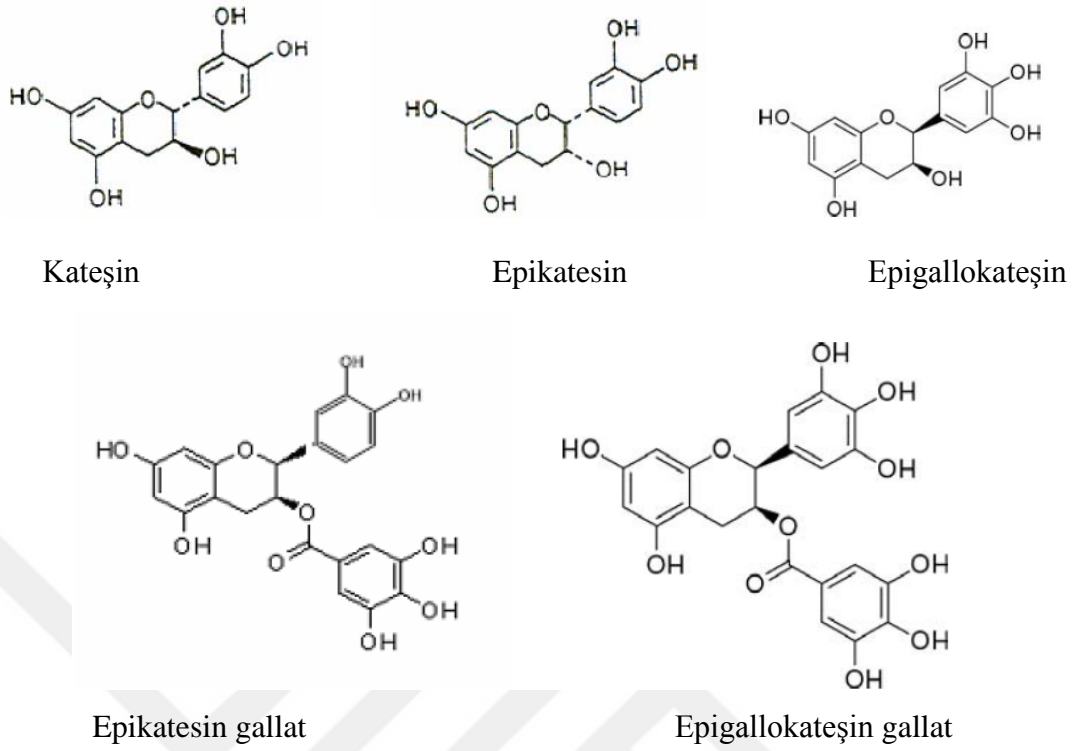


**Şekil 1.18** Daidzein ve genistein'in kimyasal yapıları

#### 1.3.4.6 Flavanollar

Flavanollerin hem monomer formları (kateşin) hem de polimer formları (proantosiyanidinler) mevcuttur. Kateşinler birçok meyvede bulunmakla beraber en zengin kaynakları yeşil çay ve çikolatadır. Demlenmiş bir fincan yeşil çay 200 mg. kateşin içerir (Lakenbrink vd, 2000). Siyah çayda ise kateşinler, okside olup 'theaflavin' ve 'thearubigin'lere dönüşür. Diyetle alınan kateşin ve epikateşin; çaydaki gallik asitle veya meyvelerdeki, baklagillerdeki ve tahıllardaki tanen polimerleri ile birleşerek epigallo-kateşin gallat ve epikatesin gallat oluşturur. Kateşinler dış dokularda bol miktarda bulunmaktadır. (King ve Young, 1999).

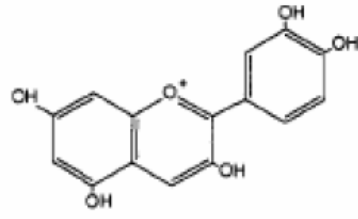
İnsan sağlığı üzerinde yararlı etkileri giderek tanınan, birçok bitkinin kabuğunda, tohumunda, yapraklarında ve meyvelerinde mevcut olan proantosiyanidinler, şaraba, meyve sularına, çaylara lezzet ve burukluk verirler (Dixon vd, 2005). Meyvenin olgunlaşma sürecinde buruklukta olan değişimler, meyvenin olgunluğa ulaşmasıyla kaybolur. Tanen içeriğindeki bu azalmadan tanenlerin polimerizasyonu sorumlu olabilmektedir ki, birçok meyvede olgunlaşma sırasında bu olay görülmektedir. Proantosiyanidinlerin molekül ağırlıkları ve yapılarının çok geniş bir yelpazede olmasından dolayı, gıdaların proantosiyanidin içeriğini belirlemek zordur (Manach vd. 2004).



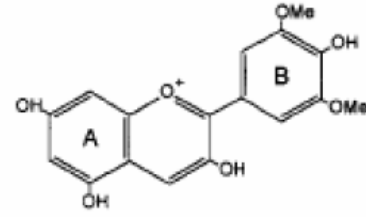
**Şekil 1.19** Kateşin, epikatesin, epigallokateşin, epikatesin gallat ve epigallokateşin gallatın kimyasal yapıları

### 1.3.4.7 Antosiyanidinler

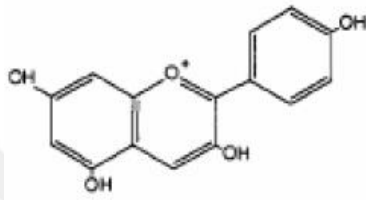
Antosiyanidinlerin glikolizid formunda bulunanları antosiyaninler olarak adlandırılır. Bunlar son derece kararsız olmalarına rağmen ışık, pH ve oksidasyona dayanıklıdır. Antosiyaninlerin bozulmaları enzimatik işlemlerle, esterleştirme ile çeşitli organik asitlerle (sitrik ve malik asit) ve fenolik asitlerle önlenir (Manach vd, 2004). Yenilebilir meyvelerdeki (elma, erik, patlıcan, üzüm, meyveler vb.) kırmızı, mavi, mor renklerin oluşmasından antosiyaninler sorumludur (Erlund, 2004). Antosiyaninlerin rengi pH'a bağlıdır. Düşük pH'da (pH 3.5) kırmızıdır, pH 4.5'ta renksizleşir, arttıkça maviye döner. Meyvenin olgunlaşmasıyla antosiyanin içeriği artar (Peterson ve Dwyer, 1998). En yaygın antosiyanidinler; apigenidin, delphinidin, siyanidin ve malvidindir (Erlund, 2004).



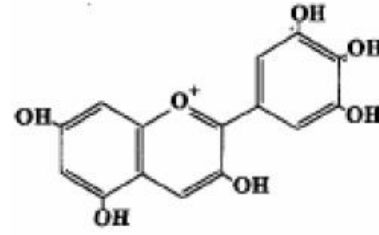
Siyanidin



Malvidin



Apigenidin

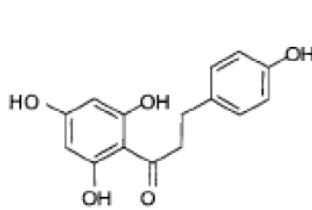


Delfinidin

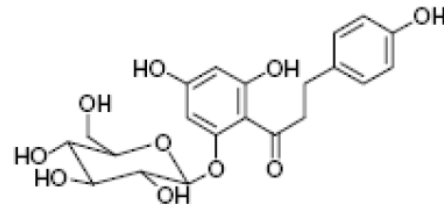
Şekil 1.20 Siyanidin, malvidin, apigenidin ve delfinidin kimyasal yapıları

#### 1.3.4.8 Dihidroalkonlar

Dihidroalkonlar, merkezi piran halkasının açık olması ile diğer flavanoidlerden farklıdır. Alkonlar parlak sarı renklidirler. Krbecek vd, (1968), dihidroalkonların yoğun olarak tatlı olduğunu ilk olarak Horowitz ve Gentili (1963)'nin rapor ettiğini bildirmişlerdir. Başlıca tohumlarda, yapraklarda ve dokularda daha az olarak da meyvelerde mevcuttur (Van der Sluis 2005). Elma ağaçlarının yapraklarında (kuru ağırlığın % 5'i kadar) ve olmamış meyvelerinde daha fazla miktarda mevcuttur (Bernonville vd, 2010). Elmada iki farklı floretin glikozidleri saptanmıştır; floretin glikozid (veya floridzin) ve floritin xyglikozid. Floridzin, floretin xyglikozidlerinden miktar olarak daha fazladır (Lu ve Foo, 1997).



Floretin



Floridzin

Şekil 1.21 Floretin ve Floridzin'in kimyasal yapıları

### 1.3.4.9 Lignanlar ve stilbenler

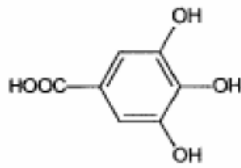
Yüksek miktarda ‘Secoisolariciresinol’ ve düşük miktarda ‘matairesinol’ içeren keten tohumu, lignanların en zengin kaynağıdır. Keten tohumunun içerdiği lignan diğer tahıllarda mevcut olan miktardan yaklaşık bin kat daha fazladır. Stilbenler, bitkilerin yenilebilir kısımlarında çok az miktarlarda bulunur. Resveratrol şarapta az miktarda bulunan antikanserojen etkiye sahip bir stilbendir. Bitkilerde ve gıdalarda çok az miktarlarda olduğu için normal beslenme yolu ile koruyucu etkisi olası değildir (Manach vd, 2004).

### 1.3.5 Fenolik asitler

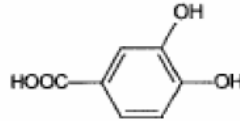
Fenolik asitler, hidroksibenzoik ve hidroksisinnamik asitler olmak üzere 2 gruba ayrılır.

#### 1.3.5.1 Hidroksibenzoik asitler

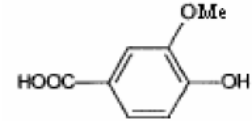
Hidroksibenzoik asit bitkinin yenilebilir kısmındadır ve genellikle kırmızı meyveler, siyah turp ve soğan hariç meyve ve sebzelerdeki miktarı düşüktür (Balasundram vd, 2006). Hidroksibenzoik asitler, protokatesuik, vanillik, sirinjik, p-hidroksibenzoik, gallik, izovanillik, gentsik, salisilik asitleri içerir ve C<sub>6</sub>-C<sub>1</sub> yapısındadırlar (Karadeniz ve Ekşi, 2001; Balasundram vd, 2006).



Gallik Asit



Vanilik Asit



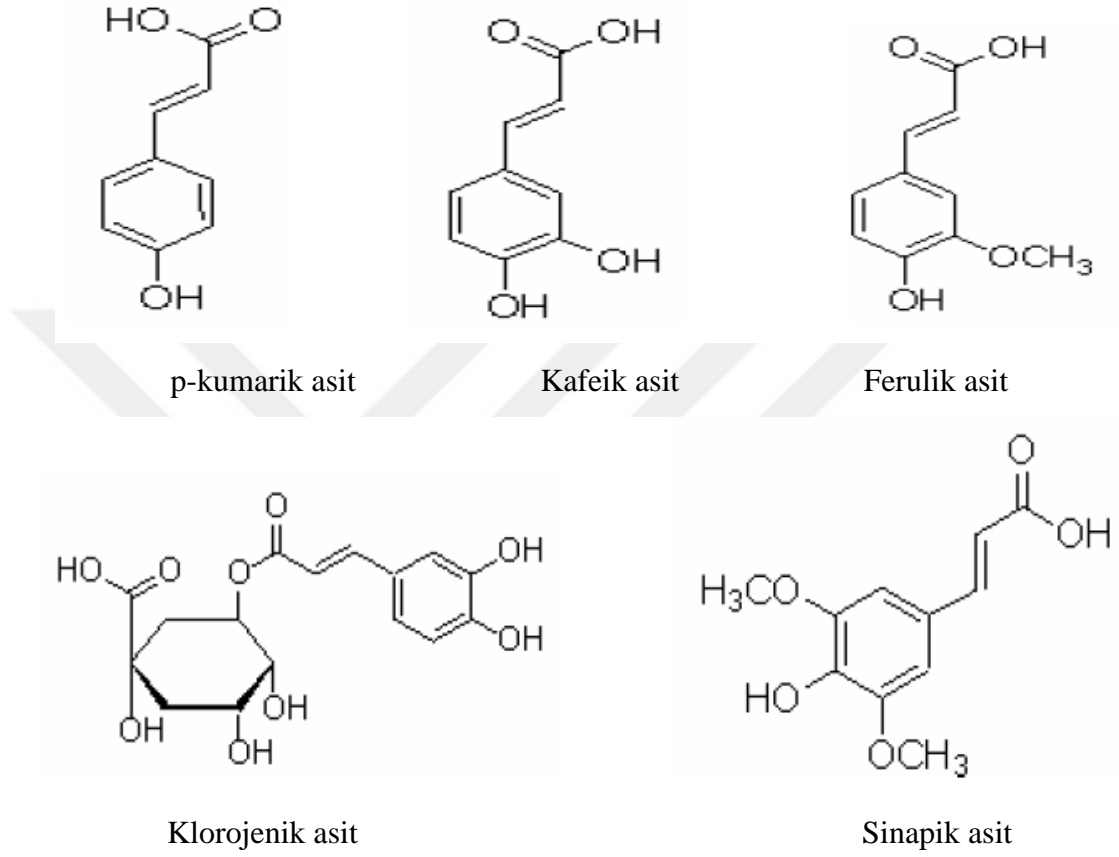
Protokatesuik Asit

Şekil 1.22 Gallik, protokatesuik, vanilik asit'in kimyasal yapılar

#### 1.3.5.2 Hidroksisinnamik asitler

Hidroksisinnamik asitler C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub> yapısındadırlar ve hidroksibenzoik asitlerden daha yaygındırlar. Başlıca hidroksisinnamik asitler; klorojenik, p-kumarik, kafeik, ferulik ve sennamik asitlerdir. Bu asitler islenmiş gıdalar hariç (dondurma, sterilizasyon,

fermantasyon), nadir olarak serbest formda bulunurlar. Bağlı formları glikolizid türevleri veya kuinik asit esterleri, şikimik (shikimik) ve tartarik asittir. Kafeik ve kuinik asit birleşerek meyvelerde ve kahvede yüksek konsantrasyonda bulunan (bir fincan kahvede 70-350 mg.) klorojenik asiti oluştururlar (Manach vd, 2004).



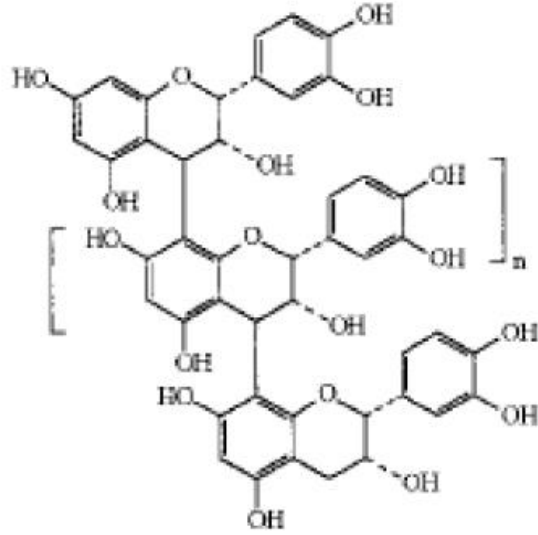
**Şekil 1.23** p-kumarik asit, kafeik asit, ferulik asit, klorojenik asit, sinapik asit'in kimyasal yapıları

### 1.3.6 Fenolik polimerler (Tanenler)

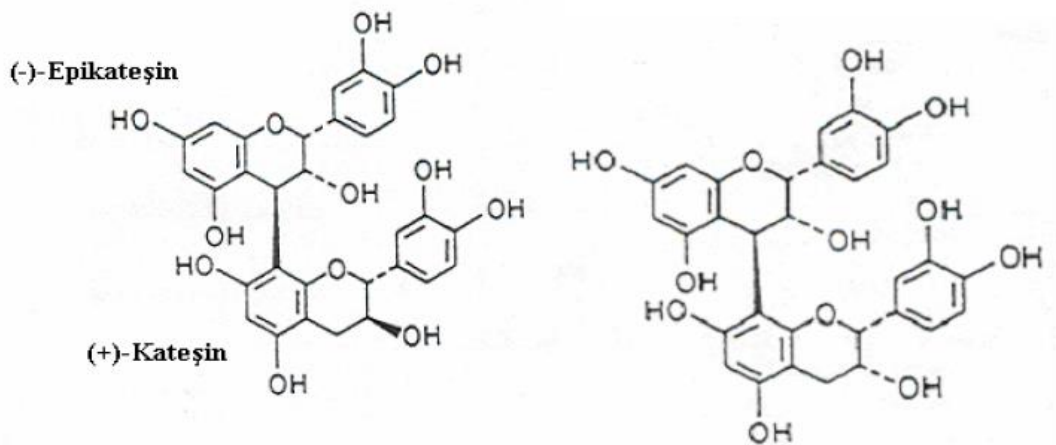
Fenolik polimerler, yüksek molekül ağırlıklı bileşiklerdir. Kondanse tanenler bu gruba girerler. Besin tanenleri denilince genellikle kateşin ve epikatesin polimerleri anlaşılmaktadır. Koyu renge ve buruk tada sahip bileşiklerdir ( Cadenas ve Packer, 2002). Prosiyanidinler; (kondanse tanenler) flavan-3,4-diol'ler ve flavan-3-ol'lerden oluşan yapılardır (Herrmann, 1976; Spanos ve Wrolstad 1992; Lu ve Foo, 2000). Polimer veya oligomer halinde elma, erik, çay ve kırmızı şarapta bulunur (Foo,



2000). Elmada daha çok dimer halinde bulunmaktadırlar. En çok bulunan prosiyanidin dimerleri Prosiyanidin B1, B2, B3 ve B4'tür . Bu dimerler asit ile ısıtıldığında 1 molekül kateşin ve 1 molekül antosiyanidin (siyanidin) serbest hale geçer (Spanos ve Wrolstad, 1992).

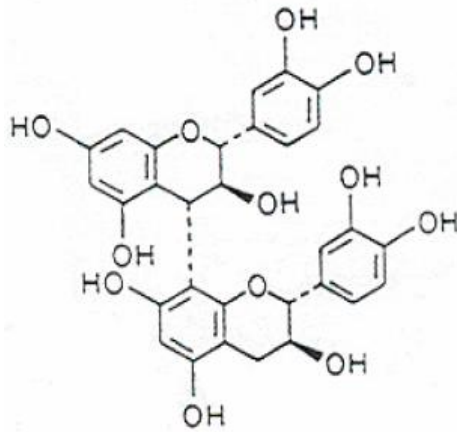


**Şekil 1.24** Prosiyanidinlerin genel kimyasal yapısı (n=0 epikatesin dimer (prosiyanidin B2); n=1 epikatesin trimer; n=2 epikatesin tetramer; n>2 epikatesin oligomer)

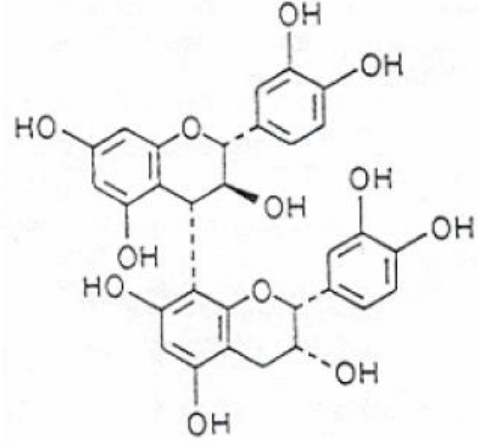


Prosiyanidin B1

Prosiyanidin B2



Prosiyanidin B3



Prosiyanidin B3

Şekil 1.25 Prosiyanidin B1, B2, B3, B4'ün Kimyasal Yapıları

### 1.3.7 Elmaların fenolik bileşen kompozisyonu

Elmaların polifenol içeriği 18- 152 mg/200g arasında değişmekte olup, en yaygın hidrokisinnamik asitler (10-120 mg/200g) olup, bunu 4-8 mg/200g ile flavonollar ve 4-24 mg/200g ile kateşin ve proantosiyandinin içeren monomerik flavanollar izlemektedir ( Manach ve Donovan, 2004). Hollanda'da yapılan bir çalışmada, farklı elma çeşitleri arasındaki kateşin miktarı taze ağırlık üzerinden 71,1-115,4 mg/kg arasında belirlenmiştir (Arts vd, 2000). Flavonoidler bitkiler tarafından mikrobiyal işgale yanıt olarak sentezlenir (Harborne ve Williams, 2000). Flavonoidler in vitro çalışmalarda mikroorganizmalara karşı geniş antimikrobiyal aktivite göstermişlerdir (Cowan, 1999). Olgunlaşma derecesi ile birlikte elmaların polifenol içeriği azalır. Temmuz ayında 3 g/kg TA olan kafeik asit, ekim ayında 0,1 g/kg daha azdır (Reinders vd, 2001). 'Gold Rush' çeşidi elmalarda (özellikle yaprakları) klorojenik asit içeriği en yüksek temmuz ve ağustos ayındadır. Bu olayın elma kabuğunun dayanıklılığın artmasıyla ilgili olabileceği düşünülmektedir (Petkovsek vd, 2003). Elma fenolikleri; sinamik asit türevleri, flavonollar ve antosiyanin, başlıca korteks ve kabukta lokalize olmuştur (Robards vd, 1999) ve güçlü antioksidan etkiye sahiptir (Lu ve Foo 2000; Van der Sluis vd, 2000). Yapılan araştırmalarda başka bir kuerşetin elma kabuğunda bulunduğunu buna karşın soyulmuş meyvede hiçbir flavonol olmadığı bildirilmiştir (Burda vd, 1990; Guyot vd., 2002). Yine bir

çalışmada rutin'in (kuercetin rutinoside) elma kabuğunda bulunduğu gösterilmiştir. Golden Delicious elma kabuğu dokusunda flavonollar, flavanoller, prosiyanidinler, dihidrokalkonlar ve hidroksisinnamik asit gibi fenolik sınıfları belirlenmiş, bu fenoliklerden de epikatesin, prosiyanidin B2 ve floridzinin en fazla bileşikler olduğu bildirilmiştir (Chinnici vd, 2004). Elma ve elma ürünlerinde güçlü antioksidan etkiye sahip flavanoidlerin biyoaktivitesini belirlemek için antioksidan aktivite ölçümü kullanılmaktadır (Van der Sluis vd, 2005). Thaipong vd (2006), antioksidan aktivite tayininde gerçekleştirilen analizlerden; ORAC, FRAP, TEAC veya ABTS, ile DPPH metotlarını karşılaştırmışlardır. Sonuçta; FRAP tekniği, basit ve hızlı uygulanan, en yüksek tekrarlanabilirlik veren, askorbik asit ve toplam fenolik ile en yüksek korelasyon gösteren analiz olarak değerlendirilmiştir.

### **1.3.8 Yapay antioksidanlar**

Sentetik antioksidanların kullanım amacı genellikle yiyeceklerin raf ömürlerinin artırılmasını sağlamaktır. En sık kullanılan sentetik antioksidanlar; bütillenmiş hidroksianisol (BHA), bütillenmiş hidroksitolüen (BHT) ve üçüncü dereceden bütillenmiş hidroksikinon (TBHQ) dur Ancak bazı sentetik antioksidanların toksik olduğundan şüphelenilmektedir. Bu nedenle antioksidanların doğal ürünlerden elde edilmesi fikri oldukça yaygındır (Türkoğlu vd, 2006).

## **1.4 Elmadaki Fitokimyasallar Üzerine Etki Eden Faktörler**

### **1.4.1 Elmanın çeşidi**

Elmalarda toplam fenolik bileşen ve antioksidan madde miktarı çeşide göre belirgin farklılıklar göstermektedir. Farklı miktarlarda fenolik bileşen içeren elma çeşitleri farklı antioksidan aktiviteye sahiptir (Boyer ve Lui, 2004). Yapılan bir çalışmada Golden Delicious, Reinata, Red Delicious ve Granny Smith elma çeşitlerindeki flavonoid içeriği kıyaslanmış ve Golden Delicious elmasının en düşük, Reinata elma çeşidinin ise en yüksek flavonoid içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bunu sırayla Granny Smith ve Red Delicious türleri takip etmiştir (Escarpa ve Gonzalez, 1998).

#### **1.4.2 Yetiştirilme koşulları**

Elmaların gelişmesi ve olgunlaşması da fenolik ve antioksidan çeşidini ve miktarını etkileyebilmektedir. Yapılan bir çalışmada Jonagold ve Elstar elma çeşitlerindeki kuerşetin glukozitleri, floridzin, kateşinler ve klorojenik asit miktarları mevsim başlangıcında en yüksek bulunurken ve olgunlaşma zamanı boyunca sabit bir değere doğru azalmıştır (Awad vd, 2001). Elstar ve Jonagold elmalarındaki antosiyanin miktarının başlangıçta yüksekken mevsim ortalarına doğru azaldığı ve olgunlaşmadan önce tekrar hızla yükseldiği belirlenmiştir. Antosiyanin içeriğindeki bu yükselmenin gölgelik alan dışında yetişenlerde görüldüğü, gölgelik yetişenlerde ise böyle bir artışın gerçekleşmediği gözlemlenmiştir (Wagenmakers vd, 2001).

#### **1.4.3 Beslenme koşulları**

Bir çalışmada elmalardaki flavonoidler ve klorojenik asidin üzerine farklı bitkilerin etkisi araştırılmıştır (Boyer ve Lui, 2004) . Azot gübrelenmesinin, meyve kabuğundaki kızarma yüzdesinin azalmasıyla birlikte antosiyanin, kateşin ve toplam flavonoid miktarında azalmaya neden olduğu görülmüştür. Elstar elma çeşitlerinde kalsiyum gübrelenmesinin antosiyanin ve toplam flavonoid miktarını arttırdığı saptanmıştır (Awad ve De Jager, 2002).

#### **1.4.4 Depolama koşulları**

Depolama şartları elmanın yararlı kimyasal içeriğini pek fazla etkilemez. Yapılan bir araştırmada, kontrollü atmosferik koşullar altında 52 hafta boyunca depolanan Golden Delicious, Red Delicious, Elstar ve Cox's Orange elma türlerindeki kuerşetin glikozitleri ile floridzin ve antosiyanin içeriğinin etkilenmediği görülmüştür. Jonagold elma çeşitlerindeki klorojenik asit ve toplam kateşinlerin biraz azaldığı gözlemlenmiştir. Golden Delicious elmasında ise toplam kateşin konsantrasyonunun hafifçe azaldığı ancak klorojenik asit konsantrasyonunun sabit kaldığı gözlemlenmiştir (Jongen vd, 2001).

### 1.4.5 Elmalara uygulanan prosesler

Elmalar sadece taze olarak tüketilmenin yanısıra; elma suyu, sirke, konserve, şarap olarak veya pişirilmiş ve kurutulmuş ürünler halinde de tüketilirler (Nicholas vd, 1994). Bu tür dönüşümler elmalar üzerinde bir takım fiziksel (soyma, doğrama, ezme, santrifüj, mikro-, ultra veya nanofiltrasyon, ısıtma, kaynatma, kurutma, liyofilizasyon) ve kimyasal (şeker ilavesi, enzim muamelesi, SO<sub>2</sub>, sitrik asit veya askorbik asit ilavesi) işlemlere bağlıdır. Bu işlemler sonucunda elmaların polifenolik içeriğinde bir takım değişimler görülür. Örneğin elmadaki ortalama kuerşetin konsantrasyonu 36 mg kg<sup>-1</sup> civarında iken bu miktar elma soslarında 18-22 mg kg<sup>-1</sup>'a düşmekte, ticari elma sularında ise bu miktar 2,5 mgkg<sup>-1</sup>'a kadar azalmaktadır (Hertog vd, 1992b, 1993a). Bu da elmalara uygulanan işlemlerin kuerşetin derişimini azalttığını göstermektedir (Van der sluis vd, 2005). Enzimatik olarak elde edilen elma suyu, % 31 daha az floridzin, % 44 daha az klorojenik asit ve % 58 daha az kateşin içerir. Bileşenlerin büyük bir bölümünün elma posasında kaldığı belirlenmiştir ( Van der sluis vd, 2002).

### 1.5 Antioksidan Aktivite Ölçüm Yöntemleri

Gıdaların antioksidan aktivitelerinin ölçülmesinde birçok metod kullanılmaktadır. Bu yöntemler hidrojen atomu transferi (HAT, Hydrogen Atom Transfer) ve elektron transferi (ET, Electron Transfer) olmak üzere iki farklı tekniğe dayanmaktadır.

**1- Hidrojen Atomu Transferine Dayanan Metot (HAT):** Bu yöntemde antioksidan aktivite; serbest radikallerin antioksidan maddenin hidrojeni ile inaktive edilmesinin ölçülmesi ile belirlenmektedir.

**2- Elektron Transferine Dayanan Metot (ET):** Potansiyel antioksidanların elektron transfer etmesi ile metal, karbonil ve radikal içeren bileşiklerin indirgenmesi esasına dayanan metottur (Prior vd, 2005).

## **1.5.1 Hidrojen Atomu Aktarımına Dayalı Toplam Antioksidan Kapasite Tayin Yöntemleri**

### **1.5.1.1 Oksijen radikal absorbands kapasitesi (ORAC) yöntemi**

Oksijen radikal absorbands kapasitesi (ORAC) metodu kimyasal biyomarkırlar ile birlikte maddelerin toplam antioksidan güçlerini belirleyen *in vitro* veya *in vivo* bir yöntemdir (Ellefson, W., Lilla Z. ve Crowley, 2006). ORAC çok fazla kullanılan bir yöntemdir ve fitokimyasalların, bitkisel maddelerin, diğer biyolojik örneklerin ve besin maddelerinin antioksidan etkisinin ölçülmesinde yararlanır. (Albayrak, 2010). Başlangıçta Cao ve Prior (Cao, G. ve Prior, R.L.,1998) tarafından geliştirilen bu yöntem peroksil radikalının neden olduğu oksidasyonun antioksidan tarafından inhibisyonunu esas almaktadır. Bu da flüoresans yoğunluğundaki azalma ile saptanabilir. Bundan dolayı bu metod sadece tek bir antioksidanın ölçülmesi için yeterli değildir (Albayrak, 2010).

### **1.5.1.2 Toplam radikal yakalayıcı parametre (TRAP) yöntemi**

Bu yöntem bir azo bileşiğin sıcaklıkla bozulması ile oluşturulan kontrollü lipit peroksidasyonu boyunca oksijen tüketiminin ölçülmesini temel almaktadır. Bu yöntemde serbest radikal üretimini başlatıcı olarak AAPH tarafından üretilen peroksil radikalleri kullanılmaktadır (Somogyi, A., Rosta, K., Pusztai, P., Tulassay Z. ve Nagy, G.,2007). Plazmaya AAPH eklendikten sonra okside olabilen materyalin oksidasyonu, reaksiyon süresince tüketilen oksijen yoluyla izlenir. Bu oksidasyon plazmada bulunan antioksidan tarafından engellenir. Sonuçlar Troloks C (6-hidroksil-2,5,7,8,-tetramethylchroman-2-carboxylic acid)'nin sonuçları ile kıyaslanır (Prior, R.L. and Cao, 1999). Bu yöntem de karşılaşılan problemlerden biri oksijen elektrotunun gereken zaman boyunca stabilitesinin sağlanamamasıdır. (Prior, R.L. ve Cao, 1999). Yöntemde flüoresan prob olarak Rfikoeritrin (R-PE) kullanılmaktadır (Apperson GL, 2006.) ve plazmanın, AAPH tarafından oluşturulan peroksil radikallerinden R-PE'yi koruyabilme özelliğini ölçmektedir. Antioksidanlar bozulmayı önler ve flüoresansı geciktirir (Somogyi, A., Rosta, K., Pusztai, P., Tulassay Z. ve Nagy, G., 2007).

### 1.5.1.3 Luminol yöntemi

TRAP yöntemi Alho ve Leinonen tarafından detaylı şekilde ifade edilmiştir (Alho ve Leinonen, 1999). AAPH'dan üretilen peroksil radikallerinin luminolü yükseltgemesi sonucu ışık yayan luminol radikalleri meydana gelmektedir. Yayılan ışık luminometre cihazı ile ölçülür. Örnek içindeki antioksidanlar, kemiluminesans ışımalarının oluşumunu belli bir zaman için engeller. Gecikme zamanı bir örnekteki toplam antioksidan potansiyeli ile doğrudan orantılıdır. Elde edilen sonuçlar troloks eşdeğeri cinsinden hesaplanmaktadır (Whitehead, 1992).

### 1.5.1.4 Koşin beyazlatma yöntemi

Bu metot ilk kez klorometrik bir yöntem olup ilk olarak Lussignoli ve arkadaşları tarafından çalışılmıştır (Albayrak vd, 2010). Çok sık kullanılmayan bu metod tekli bileşenleri analiz etmenin yanısıra karmaşık yapıları da analiz etmek için kullanılabilir. Koşin beyazlatma yöntemi, diazo bileşenlerinin yapısının sıcaklıkla bozunması ile ortaya çıkan peroksi radikallerinin karatenoid krosini tarafından beyazlatma derecesini paralel reaksiyonlarla karşılaştırma yoluyla ölçer. Bu yöntem çözücüler değiştirerek hem lipofilik bileşenler hem de hidrofilik bileşenlere uygulanabilir. Daha sonra antioksidan kapasite  $\alpha$ -tocoferol veya Trolox C ile hesaplanır (Bortolomeazzi vd, 2007).

### 1.5.1.5 Toplam oksiradikal söndürme kapasite (TOSC) yöntemi

Bu yöntem ilk olarak Winston ve arkadaşları tarafından kullanılmıştır (Winston vd, 1998). Daha sonra birçok araştırmacı tarafından bitkilerde antioksidan içeriğin saptanmasında kullanılmıştır. Bu yöntemin temeli; alfa-keto- $\gamma$ -methiobutirik asidin (KMPA) oksidasyonunun peroksi radikalleri tarafından üretilen AAPH'dan etilene üretilmesine dayanır. Açığa çıkan etilen formasyonu reaksiyon hücreindeki head space'in gaz kromatografisi analizleri sayesinde gözlemlenir (Ali vd, 2008).

### 1.5.1.6 Diklorofloresin-diasetat (DCFH-DA) yöntemi

İlk olarak Valkonen ve Kuusi tarafından geliştirilmiş olan bu metot TRAP yöntemini esas almıştır (Valkonen vd, 1997). Bu metottada peroksi radikali üretmek için

AAPH kullanılır ve peroksi radikalleri için yükseltgenbilir substrat olarak da DCFH-DA kullanılır. DCFH-DA'nın yükseltgenmesi peroksi radikalleri tarafından DCFH-DA'dan Diklorofloresin'e (DCF) dönüştürülür. DCF yüksek bir floresandır ve yaklaşık 504 nm'de absorpsiyonu vardır. Bu nedenle, DCF üretimi florometrik olarak ölçülebilmenin yanısıra spektrometrik olarak da ölçülebilen bir yöntemdir (Ali vd, 2008)

### **1.5.2 Elektron Aktarımına Dayalı Toplam Antioksidan Kapasite Tayin Yöntemleri**

Bu yöntemler reaksiyon karışımındaki iki bileşenle ilgilidir ve bu iki bileşen antioksidan ve oksidandır (prob). Elektron transferi aşağıdaki reaksiyonda gösterilmektedir:



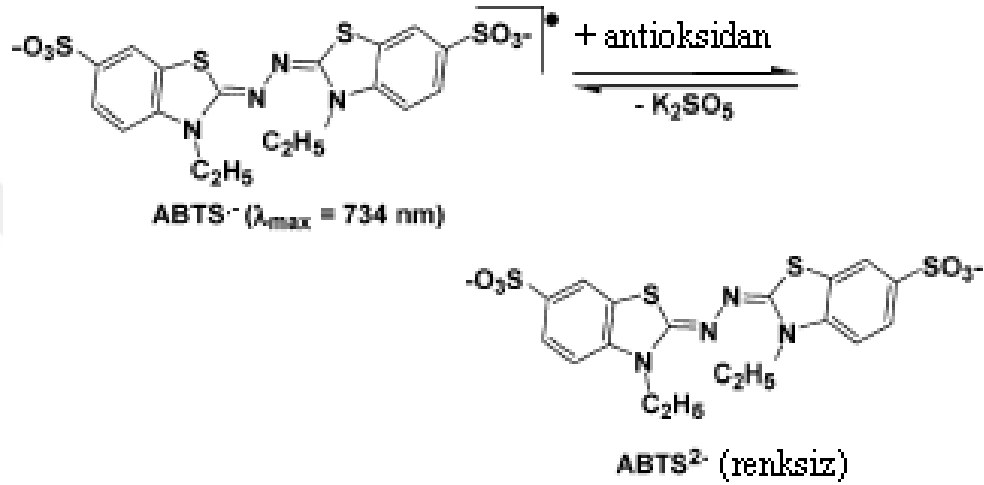
Oksidan olan prob, antioksidandan elektron alıp prob'un renginde değişime sebebiyet verir. Sonuçlar Troloks eşiti (TE) ya da gallik asit eşiti (GAE) olarak belirtilir. Reaksiyonun hızı ve metodun kolay olması bu metodun avantajlarıdır (Huang vd, 2005).

#### **1.5.2.1 Troloks eşiti antioksidan kapasite (TEAC) yöntemi**

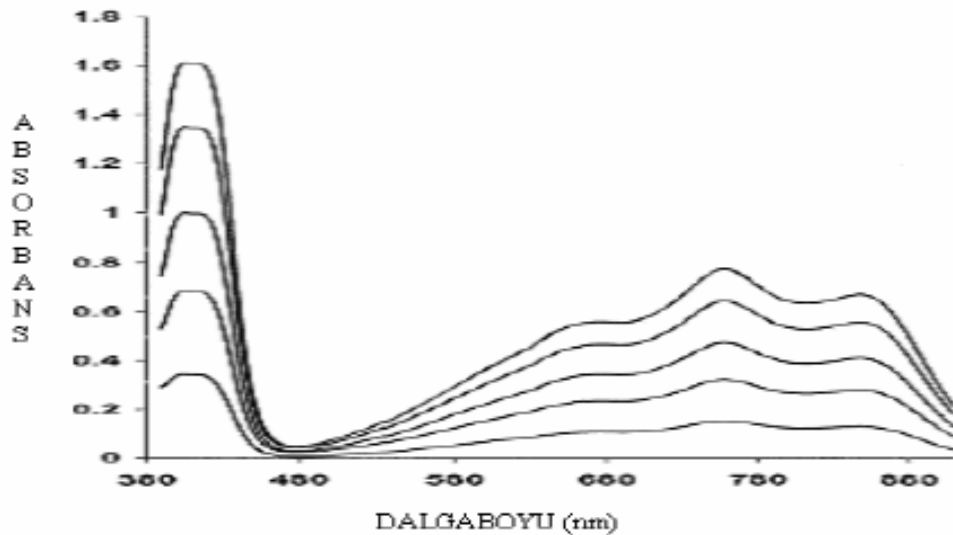
Bu yöntemi, ilk olarak 1993 yılında Miller ve Rice-Evans tarafından ortaya konmuş ve antioksidanların ABTS•+ radikalini yakalamasına dayanan bir metottur (Prior vd, 2005). ABTS' nin kimyasal yapısı Şekil 2.26'da görülmektedir. Bu yöntem, ABTS'nin (2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfonik asit)) oksidasyonu ile üretilen ABTS•+ radikal çözeltisi üzerine, antioksidan içeren örneğin eklenmesi sonucu radikalın indirgenmesi ve oluşan mavi/yeşil renkli ABTS•+ radikalinin renginin belirli bir dalga boyunda belirlenmesi temeline dayanmaktadır. Mavi/yeşil renkli ABTS•+ radikali 600-700 nm dalga boyunda kuvvetli bir absorpsiyon vermekte ve spektrometrede kolaylıkla belirlenebilmektedir. Reaksiyon sonucu harcanan ABTS•+ miktarı, troloks eşdeğeri olarak hesaplanmakta ve sonuç "TEAC değeri" (Troloks eşdeğeri antioksidan kapasitesi) olarak ifade edilmektedir (Re vd, 1999). ABTS•+ radikali 415, 645, 734 ve 815 nm de maksimum absorpsiyona



sahiptir. Bunlardan 415 ve 734 nm'nin birçok araştırmacı tarafından ABTS•+ radikali ve antioksidan arasındaki reaksiyonu spektrofotometrik olarak saptamak için kullanıldığı bildirilmektedir (Prior vd, 2005). Bu yöntem ucuz, pH değişimlerinde stabil, hızlı reaksiyon veriyor olması ve kolay uygulanabilir olmasından dolayı antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde sık sık kullanılmaktadır (Zulueta vd, 2009). Ayrıca hem hidrofilik hem lipofilik bileşiklere uygulanıyor olması metodun en önemli avantajlarından biridir (Huang vd, 2005).



Şekil 1.26 Potasyum persülfat oksidasyonu ile ABTS<sup>2-</sup> 'den oksidan ABTS•+ 'nin oluşması (Huang ve Prior, 2005).



Şekil 1.27 ABTS•+ radikal katyonunun absorpsiyon spektrumu

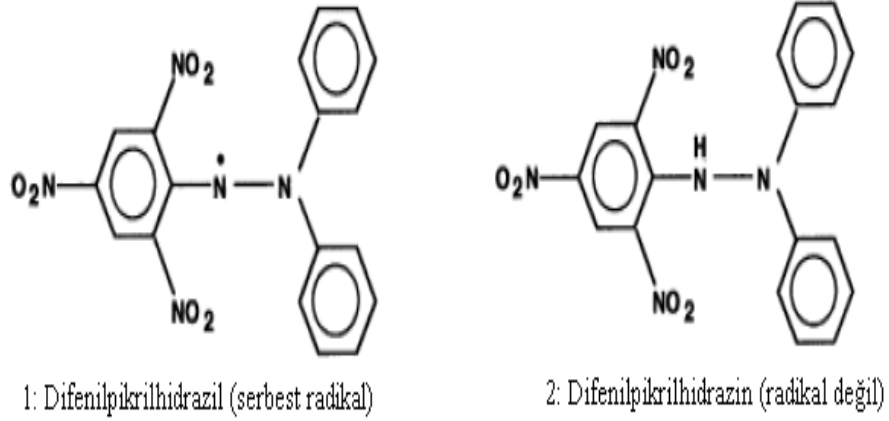
### 1.5.2.2 Folin-Ciocalteu ayıracağı (FCR) ile toplam fenolik yöntemi

Bu metodun esasını, fenolik bileşikler ve diğer indirgeyici bileşiklerden molibdenyum'a elektron transfer edilmesidir. Mavi renkli kompleks oluşumu 750-765 nm'de spektrofotometrik olarak belirlenir (Albayrak, 2010). Genellikle standart bileşik olarak gallik asit kullanılır ve sonuçlar gallik asit eşiti olarak verilir. Ancak son zamanlarda yapılan çalışmalarda gallik asit yerine, vanilik asit, kafeik asit, ferrulik asit, klorojenik asit, protokateşik asit ve tannik asit de kullanılmaktadır (Prior vd, 2005). Ayrıca bu yöntemin, gıdaların ve bitkisel ekstraktların antioksidan kapasitesinin belirlenmesinde tekrarlanabilir, kolay ve güvenilir bir yöntem olmasıyla beraber uzun zaman alması, sulu fazda uygulandığı için lipofilik bileşikler için uygulanamaması ve fenolik bileşenlerin sadece bazik ortamda reaksiyon vermesi gibi olumsuz yönleride mevcuttur. FCR ayıracağı ticari olarak satılmaktadır. (Prior vd, 2005; Yıldız, 2007; Magalhaes vd, 2008; Albayrak vd, 2010).

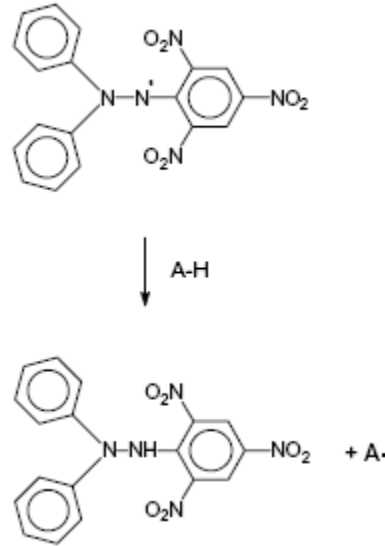
### 1.5.2.3 DPPH yöntemi

DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radikali yakalama kapasitesi yöntemi gıdaların antioksidan kapasitesinin ölçülmesinde çok sık kullanılan metotlardan bir diğeridir. Bu yöntem, antioksidan bileşiklerin mor renkli stabil bir bileşik olan DPPH radikalini indirgeme yeteneklerinin ölçümünü esas almaktadır ve bu renk antioksidan madde tarafından indirgenerek sarı renge dönüşmektedir. DPPH analizinde belirli miktarda DPPH çözeltisi ve örnek çözeltisi karıştırıldıktan sonra absorbans sabit oluncaya kadar geçen süre sonunda 515-517 nm'de absorbans değeri belirlenmektedir. İndirgenme reaksiyonu boyunca çözeltinin rengi açılmaya devam etmektedir (Huang vd, 2005). Bu süreç görünür alanda spektrofotometre ile absorbans sabitlenene kadar takip edilmesine dayanmaktadır (Albayrak, 2010). DPPH radikali metanolik çözeltide okside formunda yaklaşık 520 nm de maksimum absorbansa sahip bir kimyasaldır. Bu yöntem, kolay, hızlı, hassas, tekrarlanabilir ve birçok örneğin radikal süpürme aktivitesini izlemek için farklı örneklerin çözünürlüklerine elverişli bir yöntemdir. Ancak çalışılan dalga boyu (515-517) bu yöntemin en büyük dezavantajıdır. Çünkü bu dalga boyunda özellikle karatenoidler gibi bazı bileşenler, analizi interfere etmektedir. Ayrıca ışığa, oksijene ve kirliliğe

olan hassasiyeti bu yöntemin kullanımını sınırlamaya neden olmaktadır (Mot vd, 2011).



**Şekil 1.28** 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH)'in moleküler yapısı (Molyneux ve Songklanakarın, 2004).



**Şekil 1.29** DPPH radikalinin kimyasal yapısı ve A-H ile reaksiyonu (Scalzo, 2008)

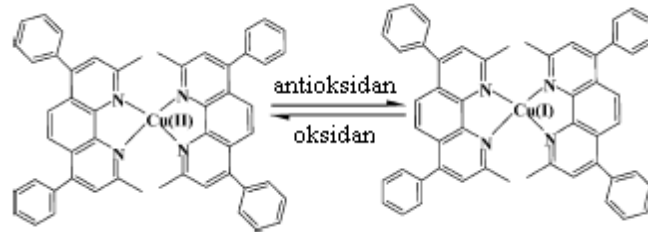
#### 1.5.2.4 Demir iyon indirgeyici antioksidan güç (FRAP) yöntemi

İlk olarak Benzei ve Strain (1996) tarafından bulunan bu yöntemde plazmanın demir (III)'in indirgenme yeteneğinden yararlanılarak antioksidanların gücünü ölçme analizi yapılmaktadır. Az miktarlarda oluşan Fe(III)'ün, tripiridiltriazin (TPTZ) ile tepkimesi sonucunda oluşan [Fe(III)-TPTZ] bileşiği antioksidanların etkisiyle Fe(II)-tripiridiltriazin [Fe(II)-TPTZ] bileşiğine indirgenir. Meydana gelen Fe(II)-TPTZ bileşiğinin rengi koyu mavidir ve 593 nm'de maksimum absorpsiyon verir (Yıldız,

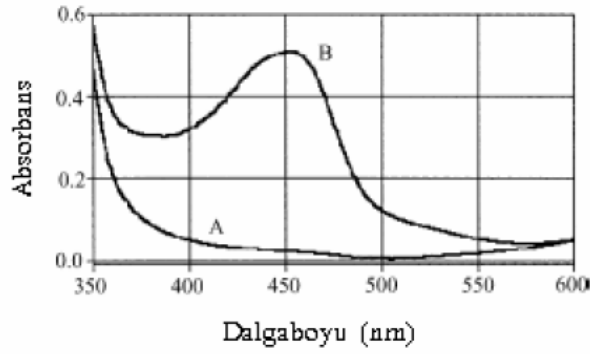
2007). Sonuçlar troloks eşiti olarak ifade edilir. Orijinal yöntemde absorbans 4 dakika kadar izlenir. Ancak, bu süre içerisinde reaksiyon tamamlanamaması nedeniyle izlenme zamanının 30 dakikaya uzatılması önerilir (Albayrak vd, 2010). FRAP sonuçlarının belirlenmesi bazı polifenollerin (kafeik asit, ferulik asit, kesretin ve tannik asit gibi) daha yavaş hareket etmesi sebebiyle daha uzun sürebilmektedir. Bu metod sadece demir iyonunu esas alır ve mekanik ve fizyolojik antioksidan aktiviteleri için elverişli değildir. Fakat diğer yöntemlere oranla daha basit, hızlı ve ucuzdur (Prior vd, 2005).

### 1.5.2.5 Oksidan olarak Cu (II) kullanılan toplam antioksidan kapasite yöntemi (CUPRAC)

Bu yöntem ilk olarak Apak vd (2006) tarafından geliştirilmiş olup esas olarak 2,9-dimetil-1, 10-fenantrolin (Neokuproin Nc)'in Cu (II) ile oluşturduğu bakır (II)-neokuproin kompleksinin (Cu(II)-Nc), 450 nm' de maksimum absorbans veren bakır (I)- neokuproin (Cu(I)-Nc) çelatına indirgenme yeteneğinden yararlanılarak antioksidan kapasite ölçülmektedir (Apak vd, 2004). Bu yöntemin toplam antioksidan kapasite (TAC) analizinde diğer elektron transferi (ET) yöntemlerinden farklı olarak avantajı stabil olması, rejanların kolay kullanılabilmesi, pH'ın kolay ayarlanabilmesi, ucuz, basit ve hidrofilik antioksidanların yanında lipofilik antioksidanlara uygulanabilmesidir (Özyürek vd, 2011).



Şekil 1.30 Cu (II)'nin Cu (I)'e indirgenmesi (Huang ve Prior, 2005).



Şekil 1.31 (A) Cu(II)-Nc, (B) Cu(I)-Nc komplekslerinin spektrumları

### 1.5.2.6 $\beta$ -Karoten-linoleik asit yöntemi (total antioksidan aktivite)

Karatonoidler renklerini sıcaklık, ışık veya peroksil radikalleri gibi indüklenen oksidasyon reaksiyonları ile kaybetmektedirler. Antioksidan maddeler bu renk açılmasını azaltabilmekte veya engelleyebilmektedirler (Prior et. al., 2005).  $\beta$ -Karoten yöntemi agar difüzyon ve spektroskopik yöntem olmak üzere iki şekilde uygulanabilir. Her iki yöntemin de esası linoleik asit oksidasyonundan ileri gelen konjuge dien hidroperoksitlerin inhibisyonunun ölçülmesine dayanmaktadır. Reaksiyon sonunda çözültide  $\beta$ -karotenin kaybolan karakteristik sarı renginin absorbansı 470 nm'de UV-spektrofotometrede kaydedilir ve sonuçlar standart olarak kullanılan sentetik antioksidanlar ile karşılaştırılarak verilir (Wettasinghe ve Shaididi,1999).

## 1.6 Kurutma

Tarımsal ürünlerin kurutularak muhafaza edilme yöntemini insanlar doğadan öğrenmiştir ve bu nedenle ilk çağlardan beri kullanılmaktadır. Kurutma en eski koruma yöntemlerinden biridir (Şahbaz, 1994). Genel olarak kurutmanın tanımı, ürünlerin içerdiği nemin belli bir amaca bağlı olarak belirli bir seviyeye kadar buharlaştırılarak üründen uzaklaştırılması şeklinde ifade edilir. Kurutma işleminde ısı ve kütle transferi beraber gerçekleşmektedir (Toğrul ve Pehlivan, 2002). Kimya ve gıda sanayinde pek çok madde katı halinde üretildiği için, kurutma işlemi proseslerde yer alan son işlemlerden biri olmaktadır (Biçer, 2009). Tarımsal ürünlerin kurutulmasının nedeni; depolama boyunca ürünün bozulmadan muhafaza edilmesini

sağlamaktır. Gıda ürünlerinin bozulmasına sebebiyet veren temel faktörler; ürün nemi, ortam sıcaklığı, ortamdaki oksijen miktarı ve zararlı mikroorganizmalardır.

Ürünlerin uzun süre bozulmadan saklanması ve uzun süre canlı kalabilmesi, tütün, kuru meyve ve sebze gibi ekonomik değeri olan yeni ürünler elde edilmesi, ürün atıklarının değerlendirilebilmesi, erken ve kolay hasada imkân sağlaması, hasat döneminin planlanması, ürünlerden iyi fiyat sağlanabilmesi, kurutulan ürünün hacminin azalması ile depolanmasındaki verimin artmasına olanak tanıyabilmesi gibi birçok nedenden dolayı kurutma oldukça önemlidir (Karaaslan, 2008).

Birçok gıda muhafaza yöntemi arasında kurutmanın yeri ve ayrıcalıkları farklı yönlerden incelendiğinde her şeyden önce, gıdada bulunan su onun bozulmasına olanak vermeyecek bir seviyeye kadar azaltıldığından kesin bir koruma olanağı doğmaktadır. Ayrıca kurutulan gıdalar, diğer yöntemlerle dayandırılanlardan farklı olarak besin öğeleri açısından zenginleştirilmiş bir nitelik kazanırlar. Kurutma da daha az işçilik ve daha az ekipman gerektiği için bunların depolanması ve taşınmasında da daha az masraf yapılması sebebiyle en ucuz muhafaza yöntemidir.

Kurutma işleminde üründe fiziksel ve kimyasal bir takım değişimler meydana gelmektedir. Fiziksel değişimler kuru madde birikimi, kabuk bağlama, kitle yoğunluğunda değişimler, kurutulmuş ürünün rehidrasyon yeteneğindeki değişimdir. Kimyasal değişimler ise kurutulmuş ürünün, renginde, lezzetinde, tekstüründe, viskozitesinde, besleme değeri ve depolama stabilitesinde meydana gelen değişimlerdir. Sıcaklık ve süre bu değişimlerin düzeyini etkileyen en önemli faktör olup her üründe kendine has bir şekilde gerçekleşir.

Kimyasal bir değişme olan esmerleşme reaksiyonu her kurutulan üründe daima ortaya çıkan en önemli olumsuzluktur. Renk esmerleşmesi kurutmadan önce, kurutma sırasında ve/veya depolama süresince oluşur. Renk esmerleşmesi enzimatik veya enzimatik olmayan reaksiyonlar sonucu meydana gelebilir. Başta meyveler olmak üzere haşlanmadan kurutulan ürünlerde oksidasyon enzimlerinin faaliyetiyle, başta fenolik bileşikler olmak üzere birçok maddenin oksidasyonuna dayalı renk esmerleşmesi gerçekleşir. Kurutma işleminde uygulanan havanın sıcaklık seviyesi üründeki enzimleri inaktif hale getirmeye çoğu kez yeterli gelemez (Demir, 2010).

Kurutulmuş ürünlerde renk esmerleşmesi daha çok enzimatik olmayan yolla meydana gelmektedir. Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları, kurutma sırasında hızlı bir şekilde ve depolamada ise koşullara göre belli bir hızla devam eden olaylardır. Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları da diğer kimyasal reaksiyonlarda olduğu gibi sıcaklık yükseldikçe ve reaksiyona giren maddelerin ortamdaki yoğunluğu arttıkça hızlanmaktadır. Esmerleşme reaksiyonlarının sonucunda rengin değişmesiyle beraber ürünün diğer duyuşal özelliklerinde ve besin değerinde de değişmeler meydana gelir ve ara ürün olarak karbondioksit oluşur. Renk esmerleşmesinin bir başka nedeni de kurutma sırasında uygulanan yüksek sıcaklık sonucu şekerlerin karamelizasyonu ve bazı maddelerin yanıp kavrulması olabilmektedir. Ayrıca yeşil renkli ürünlerde klorofilin feofitine parçalanması sonucu renk sararmaktadır (Cemeroğlu vd, 2003).

Kurutulan ürünlerin, işlem sırasında ve/veya depolama süresince, besin değerlerinde bazı kayıplar meydana gelmektedir. Kurutmadan önce sebzelerin haşlanması sırasında suda çözünen birçok madde ve vitaminlerde azalma görülmesi buna örnektir. A ve C vitaminleri hem kurutmada hem de depolama esnasında parçalanmaya en eğilimli olan vitaminlerdir. Tiamin (B1 Vit.) ısıya duyarlı bir vitamindir ve bu nedenle kurutmada önemli düzeyde azalmaktadır (Demir, 2010). Gıdalar ya güneş ısısından yararlanılarak ya da başka kaynaklardan elde edilen ısı yardımıyla kurutulmaktadır. Kurutulan ürünlerin besin değerlerindeki azalış, kurutma şartlarına ve kullanılan kurutma yöntemine bağlı olarak değişebilmektedir. Örneğin; güneşte kurutmada, C vitamini ve karoten kaybının diğer kurutma yöntemlerine göre daha fazla olduğu belirlenmiş olup, eğer enzimler inaktive edilmemişse, bazı durumlarda C vitamini ve karoten kaybı % 80'in üzerine bile çıkabilmektedir. Yapılan araştırmalarda, gıdaların kurutulması esnasında askorbik asit kaybı ile ilgili birçok değer verilmektedir. Genellikle haşlama (sebzelerde) ve bunun sonrasındaki kurutma işlemlerinde, C vitamini miktarının yarıya düştüğü görülmektedir (Cemeroğlu vd, 2003).

Doğal şartlarda kurutma yöntemleri kurutulan bu ürünlerde ekonomik açıdan iç ve dış pazarda kalite ve değer kaybı gibi problemler oluşturmaktadır. Bununla birlikte, açık hava koşullarında yapılan doğal kurutma işlemleri uzun süre gerektirir. Bu

sorunlar nedeniyle, üretim yapan firmaların ve kurutuculara sahip işletmelerin gerekliliği ve sayılarının artırılması her gün önem kazanmaktadır (Nasıroğlu, 2007).

Gıdaların kurutulması için kullanılan kurutucular, ürünün özelliklerine uygun olmalı ve kurutma işleminden beklenen özellikleri de sağlayacak nitelikte olmalıdır. Bu nedenle kurutulacak ürünlerin özellikle sıvı, katı veya pulp halde oluşu gibi fiziksel özellikleri çok önemlidir. Örneğin sıvı haldeki bir maddeye valsli veya püskürterek kurutma yöntemi uygulanabilir ancak katı parçacıklar halindeki maddelerde bu yöntemlerin uygulanması imkânsızdır. Ayrıca herhangi bir gıdanın kurutulmasında uygulanan metod dikkatle seçilmelidir. Çünkü yüksek sıcaklık gıda maddelerinin niteliklerinde önemli değişikliklere sebebiyet verir (Demir, 2010).

Bundan dolayı birbirinden önemli farklılıklar gösteren çeşitli tiplerde kurutucular geliştirilmiştir. Tarım ürünlerinin kurutulması için, günümüze kadar güneşte kurutmadan dielektrik kurutma sistemlerine kadar geliştirilmiş pek çok yöntem bulunmaktadır. Başlıca kurutma yöntemleri aşağıda belirtilen şekilde sıralanabilir.

### **1.6.1 Kurutma teknikleri**

Bir katı maddenin kuruması sırasında aynı anda iki işlem oluşur;

- Sıvının buharlaştırılması için ısının kurutulan maddeye transfer edilmesi işlemi,
- Sıvı ve buhar geçişi olarak gerçekleşen nem transfer işlemidir.

Gerekli olan ısı aşağıda sıralanan yöntemlerle verilebilir:

**1.6.1.1 Isı iletimi (Kondüksiyon) :** Kurutulacak olan cismin ısı kaynağına doğrudan teması ile ürün içerisindeki nemin buharlaştırılması suretiyle kurutma sağlanır.

**1.6.1.2 Isı taşınımı (Konveksiyon):** Gerekli olan ısı hava aracılığıyla ürün üzerine taşınarak gerekli kurutma sağlanır.

**1.6.1.3 Radyasyon (Işınım):** Kurutulacak olan ürün bünyesindeki nemin uzaklaştırılması için gerekli olan ısı infraruj ışını kaynağından gerekli ısıyı alarak gerekli kurutma sağlanır (Topbaş, 1992; Güngör, 1997).



#### **1.6.1.4 Güneşte kurutma**

Güneş ısısından yararlanılarak ürünün yapısındaki su oranının azaltılması için uygulanan basit yöntem "doğal (güneşte) kurutma" denir (Soysal, 2004). Bilinen en eski kurutma yöntemlerinden biridir. Mevsimsel kurutmanın sağlanabilmesi için iklim koşullarının çok uygun olduğu yörelerde üretim, yüksek enerji maliyeti gerektirmeden güneş enerjisinden yararlanarak daha yüksek kalitede yapılabilmektedir (Meier, 1985).

Sıcaklık güneşte kurutma işleminde en önemli faktördür. Çünkü ürün içinde bulunan nem, ürün deforme olmadan sadece sıcaklık etkisiyle dışarıya alınarak kurutma havasına aktarılabilir. Bu yöntemde ürünün çevresel kirlilikten korunabilmesi adına kurutulacak ürün, brandaya, temiz bezlere ya da naylona serilerek kurutulmaktadır (Anonim, 2008a). Ancak bu yöntemin bir takım dezavantajları vardır. Bu dezavantajlar; kurutma alanına serilmiş olan ürünlerin homojen olarak kurutulmaması, kurutma için geniş alanlara ihtiyaç duyulması, yüksek işçilik gerektirmesi, alanın kontrol edilebilme zorluğu, kurutmanın uzun zaman alması, iklimsel şartların elverişsizliği, alanın ve ürünün çevresel kirlenmelerden korunamaması olarak sıralanabilir. Ayrıca güneş ışınlarının farklı dalga boylarında olması kurutulmuş ürünün kimyasal yapısını, rengini ve gıda hijyenini değiştirmektedir (Öztekin vd, 1999; Doymaz ve Pala, 2002; Ergüneş ve Tarhan, 2006). Bu olumsuzluklar nedeniyle bazı araştırmacılar tarafından bazı kurutma teknikleri (sıcak hava ile kurutma vb.) geliştirilmiştir.

#### **1.6.1.5 İnfrared (Kızılötesi) yöntemi ile kurutma**

Kırsal istihdam alanlarında düşük maliyetli bir kurutma yöntemidir (Chua ve Chou 2003). Yapay güneşte kurutma yöntemi olarak da tanımlanan bu yöntem; çok yönlü oluşu, basit ekipman gereksinimi ve kolay ulaşılabilir olması, ısıtma ve kurutma işlemini hızlı gerçekleştirmesi, kurulumunun kolay olması, düşük yatırım maliyeti gerektirmesi gibi özellikleri nedeniyle birçok avantaja sahiptir (Sun vd, 2007). İnfrared kurutmada, ürün yüzeyine radyasyon enerjisi transfer edilir ve enerji havayı ısıtmadan yani havayı ısı iletim aracı olarak kullanmadan doğrudan ürünü ısıtır (Hebbbar ve Rostagi, 2001). Böylece üründe sıcaklık eğilimi kısa bir zaman içinde

azalır. Bundan dolayı infrared kurutma yönteminde enerji ihtiyacı çok düşüktür. Yüksek kaliteli ürünler elde etmek için uygun bir yöntem olan infrared kurutma yöntemi ile meyve, sebze ve tahıl ürünlerinde (Hebbar ve Rostagi 2001; Sharma vd, 2005) ve elma posasında pek çok çalışma yapılmıştır (Fenton ve Kennedy, 1998; Wang vd, 2007).

#### **1.6.1.6 Liyofilizasyon yöntemi ile kurutma**

Meyve ve sebzelerin kurutulmasında kullanılan vakumla dondurarak kurutma yöntemi, kaliteli ürün elde edildiği için yaygın olarak kullanılmaktadır (Huang vd, 2009). Elmalarda polifenollerin araştırılmasında yaygın olarak dondurarak kurutma yöntemi uygulanmaktadır (Cao vd, 2009). Asami vd (2003) yaptıkları çalışmada, dondurarak kontrollü kurutma, hava kurutma ve hızlı dondurma sonrası bir çeşit böğürtlen melezi olan marionberry, çilek ve mısırın toplam fenolik ve antioksidan aktivitelerini karşılaştırmışlardır.

Dondurularak kurutma, hava ile kurutma ve dondurulmuş örnekler karşılaştırıldığında, antioksidan aktivitelerindeki farklılığın istatistiksel olarak önemli bulunduğu, en düşük antioksidan aktivite hava ile kurutulmuş örneklerde belirlendiği bunu dondurarak kurutma ve dondurulmuş örneklerin takip ettiğini bildirmişlerdir.

#### **1.6.1.7 Sıcak hava ile kurutma**

Sıcak hava ile kurutmada kurutulacak ürünlerdeki suyun tamamı ya da tamamına yakın bir kısmı ürünün özelliklerinde önemli değişiklik yapılmadan uzaklaştırılmaktadır. Kurutma işlemi kapalı alanlarda ve kontrol edilebilir koşullarda yapılmaktadır. Bu yöntemde sıcak hava, kurutulan ürünün yüzeyinden ya da içinden geçirilir. Bu yöntemin ısı iletkenliği kontakt kurutmaya göre daha düşüktür. Tünel kurutucular akışkan yataklı kurutucular, püskürtmeli kurutucular bu yöntemin farklı uygulamalarıdır (Abuşka, 2002).

Bu yöntemin en büyük avantajı kontrollü bir kurutma ortamı ile doğal kurutmaya göre daha iyi lezzet ve görünüşte ürün elde edilmesi olup ayrıca renk ve aroma

bakımından kalite üstünlüğünün sağlanması, temizlik, kalite kontrolünün kolaylığı, nem ayarının mümkün olması gibi faktörler de olumlu etkilerinin bazılarıdır (Anonim, 2008b).

#### **1.6.1.8 Mikrodalga yöntemi ile kurutma**

Yüzey sertleşmesi sonucu ısı ve kütle geçişinin yavaşlaması geleneksel kurutma metotlarında rastlanan en önemli sorundur. Mikrodalga yöntemi ile kurutmada, sadece maddedeki su ısıtıldığı için son sıcaklık kendiliğinden kontrol edilmekte ve kalan su tamamen uzaklaştırılmaktadır. Ayrıca sıcaklık içeriden dışarıya doğru azaldığından içerideki su daha kolay bir şekilde uzaklaştırılmaktadır. Kondüksiyondan bağımsız bir ısı iletimi olduğundan kuruyan bölge ısı iletimini etkilememektedir. Yüzey sertleşmesi olmadığı için kütle aktarımı yavaşlamamakta ve sabit debide kuruma periyodu uzun olmaktadır. Bu sebeplerden anlaşılacağı gibi mikrodalga ile kurutma işlemi geleneksel kurutma yöntemlerinden, ürün kalitesi ve maliyet açısından daha üstündür. Fakat gıda ve gıda ingrediyeentlerinin mikrodalgada kurutulması yüksek nem içeriğinde (%20 nemin üzerinde) nispeten ekonomik değildir. Yüksek nem içeriğindeki ürünlerden suyun uzaklaştırılmasında geleneksel ısıtma yöntemleri mikrodalgadan daha etkilidir. Su yüksek dielektrik sabite ve yüksek özgül ısıya sahip olduğu için mikrodalgayı kolayca absorblar. Eğer karışım fazla su içeriğine sahip ise kurutmada sıcaklığı önemli miktarda artırmak için daha fazla mikrodalga enerjisine ihtiyaç vardır. (Karaaslan, 2008).

Bu çalışmada da; oda şartlarında kurutma, sıcak havada kurutma, infrared kurutma ve dondurarak kurutma olmak üzere 4 farklı kurutma yöntemi uygulanmıştır.

### **1.6.2 Kurutma sistem ve tesislerin sınıflandırılması**

#### **1.6.2.1 Konveksiyon tipi kurutucular**

Bu tip kurutucular zaman zaman direkt tip kurutucular olarak da isimlendirilebilir. Çünkü buharlaşmayı sağlayan akışkan genellikle hava veya sıcak gazlar, kurutulacak malzeme üzerine doğrudan çarptırılır veya temas ettirilir ve buharlaşan nem ortamdan bu hava veya gaz akımı yoluyla uzaklaştırılır; Bunlar;

- **Kurutma odaları;** Kurutmanın en basit metodu, kurutulacak malzemeyi içerisinde sıcak hava dolaştırılan bir oda veya kapalı bölme içerisine koymaktır. Bu yöntem tuğla, bina inşaat malzemeleri, ahşap levhalar, sentetik elyaf levhalar, dökümhane toprağı, vb. geniş hacimli malzemelerin kurutulması için uygundur.

- **Kabin tipi kurutucular** veya tepsili kurutucular; Bu tür kurutucular; boyalar, pigmentler, kimyasal maddeler, gıda maddeleri, seramik eşyalar, tekstil ürünleri ve peynir gibi çok geniş alana yayılmış malzemelerin kurutulması amacıyla kullanılabilir. Delikli kurutma rafların sayesinde kurutma havası ürün yüzeyiyle teması artırarak kurutma verimi artırılmış olur.

- **Bantlı kurutucular;** Bu kurutucuda, atmosfere ya tamamen ya da kısmen açık veya tünel benzeri bir çatı ile tamamen üzeri örtülmüş bir konveyör bulunmaktadır. Kurutulacak malzeme bant üzerine serilir ve tünel boyunca yürütülür. Sıcak kurutucu gazlar kurutucunun bir ucundan diğer ucuna gönderilebileceği gibi, bant elek gibi çok ince delikli bir yapıya sahip olduğu için aşağıdan yukarıya veya tam tersi olmak üzere malzeme içerisinden de geçirilebilir.

- **Tünel kurutucular;** Bu tip kurutucular, bantlı kurutucular benzer fakat kurutulacak malzeme bir taşıyıcı üzerine istiflenir ve kurutma tüneli boyunca hareket ettirilir. Bir araba üzerinde malzeme kurduğunda kurutucudan itilmek suretiyle dışarıya alınır.

-**Döner kurutucular;** Bu tür kurutucular iç kısımda pek çok sayıda raf benzeri savurucu kanatçıklar bulunan bir yatay silindirden oluşur. Bu silindir, merkezinden geçen bir eksene göre dönme hareketi yapmasına imkân veren tekerleklerden oluşan ve genellikle kurutucunun çıkış kısmı olan alt ucuna doğru hafif bir şekilde azalan bir eğime sahip bir yatağa yerleştirilmiştir. Kurutucu silindir içerisinde kanatçıklar vasıtasıyla ürün karışarak kurutma havasıyla teması sağlanır.

- **Düşey silindir kurutucular;** Düşey bir silindir içerisine yerleştirilmiş çok sayıda ortak eksenli tepsi veya raftan oluşan bu kurutucuda kurutulacak malzeme en üst rafa beslenir, itelenmek ve aynı zamanda bir döner tırmık veya kazıyıcı vasıtasıyla alt üst edilmek suretiyle karıştırılır, harmanlanır. Malzeme bir kez karıştırıldığında ortak eksenli rafta bulunan yarıktan alt rafa iner.

- **Sprey kurutucu;** Kurutulacak olan sıvı veya karışım sıcak gazların dolaştığı bir oda içerisine atomize edilerek sıcak hava ile teması sağlanır.
- **Hava süpürmeli döner değirmenler;** Kurutulacak ürün değirmenler sayesinde pulverize edilerek sıcak hava temasıyla kurutma sağlanır.
- **Pnomatik veya flaş tip kurutucular;** Kurutma havası bir ısıtıcıda ısıtıldıktan sonra kurutucu tabanından kurutucuya girerek pnomatik etkisiyle ürünün kurutulması dışarı atılmasını sağlar (Topbaş, 1992; Güngör, 1997).

### 1.6.2.2 Konduksiyon veya temas tipi kurutucular

Kütlesel temas aracılığıyla ısı taşınımı olmaktadır, ısı taşınımı dolaylı olmaktadır.

- **Duş yüzeyli kurutucular;** Isı taşınımı duş bir yüzeyden sağlanmaktadır, kurutulacak malzeme iki duş sıcak yüzey arasında preslenerek kurutulması veya yapışması sağlanır. Mobilya sanayi lam kaplama vb.
- **Film kurutucular;** Kurutulacak malzeme buharla ısıtılan dönen bir silindir üzerine beslenir veya pres turu bir besleyici vasıtasıyla sıvanır, buharla ısıtılan silindirin ürün üzerinden geçmesiyle kuruması sağlanır.
- **Silindir kurutucular;** Ürün hareketli ısı kaynağı sabit silindir olarak tasarlanmıştır. Ürünün silindir arasından geçmesiyle kuruması sağlanır.
- **Vakum kurutucular;** Ürün dış atmosfere kapalı sızdırmazlığı sağlanmış bir kabin içerisine konularak vakum pompaları aracılığıyla ürün bünyesindeki su buharı alınmaktadır.
- **Dondurmalı kurutucular;** Kurutulacak ürün dondurularak yüksek vakumlu odaya yerleştirilip ürün bünyesindeki suyun buhar fazına geçmesi sağlanır (Topbaş, 1992; Güngör, 1997).

### 1.6.2.3 Radyasyon tip kurutucular

Kurutulacak olan ürünün, bünyesindeki nemin atılması için gerekli olan ısı infraruj ışın kaynağından gerekli ısıyı alarak kurutma sağlanır. Radyasyon yöntemi ile birim

yüzeve transfer edilen ısı yükü konveksiyon yöntemi ile yapılan ısı transfer yükünde fazladır. Bu tür kurutucular ürün yükleme ve alma yöntemleri yapısal olarak konveksiyon ve temas tip kurutuculara benzemektedir (Topbaş, 1992; Güngör, 1997).



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bu bölümde günümüze kadar yapılan benzer çalışmalar incelenmiş ve bu çalışmalar özet olarak aşağıda verilmiştir.

Hanson (1961), 1945 yılından sonra Amerika' da kurutma teknolojisi ile ilgili çalışmaların başlatıldığını, 1951 yılında çalışmalara İngiltere' nin katıldığını, 1960' lı yıllarda Almanya ve Hollanda' da kurutulmuş gıdalarla ilgili araştırmalara girerek ilginin arttığını ifade etmiştir.

Joslyn vd (1975), gıdaların en eski saklama yönteminin kurutma işlemi olduğunu, insanların çoğunlukla hasat ettiği ürünlerini kurutarak sakladığını tekniğin ilerlemesiyle de kurutulan ürün çeşitlerinin ve kurutma yöntemlerinin geliştirildiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, II. Dünya savaşında ordu ihtiyaçlarının ön plana çıkmasının konuya olan ilgiyi artırdığını tekniğin önemli gelişmeler kaydettiğini ve bunun sonucu olarak da kurutulmuş gıdaların birçok yerde pazar hâkimiyeti bulunduğunu da ifade etmişlerdir.

Lister vd (1994), Granny Smith elma çeşidinin kabuğunda kuersetin glikozidleri konsantrasyonunu 400–700 mg/100g ve Splendour çeşidinin kabuğunda 250–550 mg/100g arasında belirlemişler, en fazla görülen kuersetin glikozidleri sırasıyla kuersetin 3-galaktozid (hyperin), kuersetin 3- flavonolları arabinofuranozid (avikulari) ve kuersetin 3-ramnozid (quersitin) olduğunu ifade etmişlerdir.

Valles vd (1994)'nın yaptığı çalışmada; İspanya kökenli bazı elma çeşitlerinin sularındaki (+)-kateşin, (-)-epikatesin, flavan-3-ol polimerleri (prosiyanidinler), floridzin, floretin ksiloglukozit ve flavonol glukozitleri (izokuersitrin, hiperin, kuersitrin, avikularin ve rutin) gibi nötral fenolik bileşenleri belirlemişlerdir. Bunun için 3 farklı çeşit elma suyu etil asetatla ekstrakte edilip pH'sı 2,8 olan su ve metanolden oluşan mobil faz ile dizi diyod dedektör kullanılarak RP-HPLC metoduyla analiz edilmiştir. Sonuç olarak her bir elma suyunun içerdiği fenolik bileşenler tanımlanmış ve en çok bulunan fenolik bileşenlerin presinindin B2 (138,68 mg L-1,129,00 mg L-1,89,96 mg L-1), kateşin (69,54 mg L-1,46,18 mg L-1,36,00

mg L-1) , epikatesin (225,61 mg L-1, 193,84 mg L-1, 159,76 mg L-1) ve floridzin (82,79 mg L-1, 93,06 mg L-1, 196,13 mg L-1) olduğu belirlenmiştir.

Miller and Rice-Evens (1996), elma, portakal ve frenk üzümü sularında yaptıkları çalışmada askorbik asit miktarı ve toplam antioksidan aktivite tayini yapmışlardır. Antioksidan aktivite tayininde ABTS yöntemi kullanılmış ve toplam antioksidan aktiviteler troloks ekivalenti olarak belirlenmiştir. Elma, portakal ve üzüm sularının içerdikleri antioksidanlar ve derişimler dizi-diyod dedektör kullanılarak HPLC metoduyla tayin edilmiş ve her bir bileşenin antioksidan kapasiteye katkısı hesaplanmıştır. Bu analizlerin sonucunda uzun ömürlü elma suyunda klorojenik asit (274 µmol L-1), p-kumaroil kuinik asit (74 µmol L-1), floridzin (23 µmol L-1), floretin ksiloglukozit (35 µmol L-1), epikatesin (< 14µmol L-1) ve askorbik asit (51 µmol L-1) tayin edilmiştir. Bu elma suyunun toplam antioksidan kapasitesi de 728 µM Troloks olarak belirlenmiştir.

Versari vd (1997), yaptığı çalışmada; ticari elma, armut, çilek ve ahududu suları, püreleri ve nektarlarındaki kateşin, epikatesin, klorojenik asit, floretin glukozit (floridzin), floretin ksiloglukozit gibi bazı fenolik bileşenler dizi-diyod dedektörü kullanılarak ters faz HPLC (RP-HPLC) metoduyla tayin edilmiştir. Mobil faz olarak pH'sı 2,5 olan fosforik asit çözeltisi ve su-asetonitrilden oluşan gradient elüsyon kullanılmıştır. Yapılan bu HPLC analizleri sonucunda floretin glukozitleri, armut, çilek ve ahududu örneklerinde dedekte edilememiş ve bunların sadece elmaya özgü olduğu belirlenmiştir.

Lu ve Foo (1997), dondurularak kurutulmuş Gala elmasının posasında en fazla kuersetin-3- galaktozid ve floridzin, en az floretin-2'-xyloglukozid bileşenlerin bulunduğunu belirlemişler, toplam fenolik madde 7,24 g/kg KM belirlenmiş, bu miktarın yarısını kuersetin glikozidleri (4,46 g/kg KM) oluşturmuştur.

Sarsılmaz vd (2000), güneş enerjisi destekli döner sütunlu silindirik bir kurutucu geliştirerek farklı büyüklük ve kalitedeki kayısı meyvesinin optimum kurutucu hava hızı ve kurutucu devri ile homojen bir şekilde kurummasını sağlamışlardır.

Mengeş ve Aydın (2000), laboratuvar tipi bir kurutucu kullanarak farklı kurutma havası sıcaklıkları, hızları ve kurutma öncesi uygulanan ön işlemlerin Stanley çeşidi



eriklerin kuruması üzerine olan etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Denemelerde hava sıcaklığı olarak 60, 70 ve 80°C, hava hızı olarak 1, 2 ve 3 m/s uygulanmıştır. Erik örnekleri kurutma öncesinde hiçbir ön işlem uygulanmadan ve %2 sodyum hidroksit (NaOH) içeren çözeltiliye dandırıldıktan sonra kurutulmuştur. Denemeler sonucunda hava sıcaklığının, hava hızının ve uygulanan ön işlemin kuruma hızı üzerine etkilerini tespit etmişlerdir.

Gardner vd (2000) ise ticari elma sularında  $339 \pm 43$  mg GAE/L, toplam fenolik madde tespit etmişlerdir.

Arts vd (2000) tarafından Hollanda'da yapılan bir çalışma da farklı elma çeşitleri arasındaki kateşin miktarı taze ağırlık üzerinden 71,1-115,4 mg/kg arasında belirlenmiştir.

Butland vd (2000)'nin yaptıkları çalışmada ise her hafta yenen elma sayısı ile akciğer fonksiyonları arasında pozitif yönde bir ilişki bulunmuştur. Bu ilişki E ve C vitamin alımından bağımsız olarak elmadaki flavonoidler (quercetin) gibi elmanın diğer antioksidant oluşumlarıyla açıklanabileceği, elma tüketiminin akciğerin çalışmasında olumlu katkıları olduğu sonucuna varılmıştır. Elma ve armut tüketimi ile mevcut astımı ve bronşial hipereaktivitesi olan kişiler arasında da negatif bir ilişki görülmüştür. Araştırma sonunda elma ve armut tüketiminin astım ve bronşial hipereaktiviteye karşı koruyucu olabileceği, ancak bu ilişkiyi farklı yönlerden inceleyecek daha fazla araştırmanın yapılması gerekliliği vurgulanmıştır.

Amakura vd (2000), yaptığı çalışmada; ticari elma, üzüm, nar ve erik sularındaki fenolik asitlerin tayini dizi-diyod dedektör kullanılarak HPLC metoduyla yapılmıştır. Mobil faz olarak pH'sı 2,5 olan fosforik asit çözeltisi ve asetonytrilden oluşan izokratik elüsyon uygulanmıştır. Örnekler HPLC'ye enjekte edilmeden önce katı-faz ekstraksiyon kolonunda ön işleme tabi tutulmuştur. Bunun sonucunda elma suyunda klorojenik asit (16,6 µg g-1), kafeik asit (eser miktarda) ve ellagik asit (0,6µg g-1) belirlenmiştir.

Golding vd (2001), elma kabuğundaki flavanolların miktarlarının 99–300 mg/100g olduğunu bildirmişlerdir.

Van der Sluis vd (2002), Elstar, Golden Delicious ve Jonagold elma çeşitleri ile elde edilen elma sularında klorojenik asit ve kateşinin taze elmaya göre %50 ve %3 oranında azaldığını belirterek, işlemenin ürünlerin biyoaktivitesi üzerinde büyük etkisi olabildiğini bildirmişlerdir.

Kondo vd (2002), Fuji, Oorin ve Redfield elma çeşitlerinde DPPH yöntemi ile antioksidan aktivite tayini yaptıkları bir çalışmada; kabuklarında etine göre daha yüksek miktarda antioksidan bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Leong vd (2002)'un yaptıkları çalışmada; Singapur pazarlarında satılan 27 adet meyvenin (çilek, üzüm, greyfurt, portakal, limon, ananas, erik, kivi, elma, muz vb.) etlerinin toplam antioksidan kapasitesi tayin edilmiştir. Bunun için meyve eti örnekleri % 50 etanolla ekstrakte edilmiştir. Bu ekstraktların toplam antioksidan kapasitesi ABTS ve DPPH yöntemiyle tayin edilmiştir. Askorbik asidin de toplam antioksidan kapasiteye katkısı RP-HPLC metoduyla tayin edilmiş ve hareketli faz olarak % 2 asetik asit ve asetonitrilden oluşan gradient elüsyon kullanılmıştır. Toplam antioksidan kapasiteler 100 g meyvedeki askorbik asit ekivalenti olarak (AEAC) hesaplanmıştır. Bu meyveler içinde elmanın antioksidan kapasitesinin 78,9 mg 100 g<sup>-1</sup> miktarında ve orta düzeyde olduğu, askorbik asit içeriğinin de 2,1 mg 100 g<sup>-1</sup> miktarında ve toplam antioksidan kapasiteye katkısının % 2,7 olduğu belirlenmiştir.

Durmuş ve Kurtbaş (2002) Elazığ yöresinde kayısıların havalı güneş kolektörleriyle kurutulması ve kolektör verimi belirlenmesi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada havalı güneş kolektörü ondülin yüzey profilli yeni bir tip olarak tasarlanarak kurutma ortamındaki hava güneş enerjisi ile ısıtılarak ürünün kurutulması sağlanmıştır. Kurutma hava debisi ve sıcaklığı değiştirilerek; kurutma hızının kurutucu hava hızına, kolektör performansının da kurutucu hava sıcaklığına ürünün et kalınlığına ve temas eden yüzey büyüklüğüne bağlı olduğu belirlenmiştir.

Kavak-Akpınar ve Biçer (2003) konveksiyon yöntemiyle kurutma yapan siklon tip kurutucuyla elma dilimlerinin kurutulması ve kuruma eğrilerinin matematiksel modelinin literatür değerleri ile kıyaslanması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Siklon tip kurutucuda 60, 70 ve 80 °C kurutma havası sıcaklığında 1,0 ve 1,5 m/s kurutma havası hızında 12,5 ve 8 mm ürün tabaka kalınlığında denemeler

yapmışlardır. 12,5 mm ürün kalınlığında kuruma süresini 280- 540 dk. arasında, 8 mm ürün kalınlığında ise kuruma süresini 180- 320 dk. olarak belirlemişlerdir.

Wolfe ve Liu (2003), dört elma çeşidinden, Idared ve Roe Beauty elma çeşitlerinin kabuklarının en yüksek toplam fenolik madde (sırasıyla, 588,9 ve 500,2 mg GAE /100g ile en yüksek flavanoid konsantrasyonu (sırasıyla, 303,2 ve 306,1 KE mg/100g (Idared elma çeşidi en fazla antosiyanin miktarına sahip 26,8 mg/100g siyanidin 3-glikozid) gösterdiğini ve 312,2  $\mu\text{mol/g}$  C vitamin eşdeğeri antioksidan aktivitesine sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Hebbar vd (2004) sebzelerin kurutulması için infrared ve sıcak havalı kombine olarak çalışan kurutucu tasarımı yapmayı amaçlamışlar, kombin kurutmada 80° C kurutma havası sıcaklığında ve 1m/s kurutma hava hızında diğer yöntemlere göre kurutma süresinin %48 azaldığı ve ayrıca enerji tasarrufunun diğer koşullara göre %63 azaldığını gözlemlemişlerdir.

Nowak ve Lewicki (2004) eşit etki değerine sahip konveksiyonel ve infrared kurutucu kullanarak elma dilimlerinin kurutma karakteristiklerini incelemişlerdir. Bu çalışmada kurutma kinetiğinin infrared kaynağının mesafesine ve hava hızına bağlı olduğu belirlenmiştir.

Guo vd (2003), Banana Flavoured elmasında FRAP metodu ile antioksidan aktiviteyi taze ağırlık üzerinden C vitamin eşdeğeri olarak, pulpunda  $0,80 \pm 0,05$ , kabuğunda  $3,24 \pm 0,39$ , çekirdeğinde  $0,84 \pm 0,09$  mmol/100g olarak belirlemişlerdir.

Pellegrini vd (2003) FRAP, ABTS (TEAC) ve TRAP metotları ile Red Delicious ve Yellow Golden elma çeşitlerinin antioksidan aktivitelerini inceledikleri çalışmada, Red Delicious çeşidinde sırasıyla, FRAP, TRAP ve ABTS metotları ile antioksidan aktiviteyi, 3,84 mmol Fe<sub>2</sub> / kg TA, 2,23 mmol Trolox / kg TA, 1,59 mmol Trolox / kg TA; Yellow Golden çeşidinde ise 3,23 mmol Fe<sub>2</sub> / kg TA, 1,54 mmol Trolox / kg TA, 1,31 mmol Trolox / kg TA olarak belirlemişlerdir.

Schieber vd (2003), elma posasında, taze ve endüstriyel olarak kurutulduktan (50 – 60°C arası sıcaklığı asmayacak şekilde, infrared yöntemi ile) sonra fenolik bileşenlerin stabilitesini araştırmışlardır. Fraksiyonlar arasında yalnızca flavanoller

(kateşin, epikatesin, prosiyanidinler) kurutma işleminden olumsuz etkilenmiş, 318–406 mg/kg arasında bir azalma olmuştur. Bunun tersine flavonolların (hidroksisinnamatlar ve dihidrokalkonlar) miktarında bir değişiklik olmamış ayrıca kısmen artış gözlemlenmiştir. Flavonolların ve hidroksisinnamatların artışı, posanın homojen olmaması, farklı kaynaklardan alınmış olması ve analitik problemlerle açıklanmıştır.

Schieber vd (2003)'nin yaptıkları başka bir çalışmada, kurutulmuş elma posasında, flavonalları 673 mg / kg KM, flavanolları 318 mg / kg, dihidrokalkonları 861 mg / kg, hidroksisinnamatları 562 mg/kg olarak belirlemişlerdir.

Lotito ve Frei (2004)'nin yaptıkları araştırmalarda elma tüketiminden sonra plazmanın antioksidan kapasitesinin artmakta olduğunu, ancak bu etkinin elmadaki antioksidant flavonoidler yerine ürat üzerine früktozun metabolik etkisinden kaynaklandığını saptanmıştır. Çalışma diyetle tüketilen elma polifenollerinin insan plazmasının antioksidan koruyuculuğunu arttırdığı fikrini desteklememiştir.

Chinnici vd (2004), yaptığı çalışmada; organik ve organik olmayan Golden Delicious elma çeşitlerinin kabuk ve et kısmındaki polifenolik bileşenlerin tanımlanması ve bunların neden olduğu radikal süpürme aktivitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Elmanın et ve kabuğu % 95 metanolla ekstrakte edilmiştir. Ekstraktların HPLC analizi için diyod dizisi dedektör ve mobil faz olarak da % 0,5 metanol içeren 0,01 M sulu fosforik asit çözeltisi ve % 100 asetonitril gradienti kullanılmıştır. Ekstraktların radikal süpürme aktivitesi de DPPH yöntemiyle troloks ekvalenti olarak belirlenmiştir ve kabuk ekstraktları için organik olmayan koşullarda yetiştirilmiş elmanın toplam antioksidan kapasite değeri  $18,56 \text{ mM kg}^{-1}$  iken organik olanın  $14,96 \text{ mM kg}^{-1}$ ; et ekstraktları için de organik olmayanlar için  $7,12 \text{ mM kg}^{-1}$  iken organik olanlar için  $6,28 \text{ mM kg}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Bu çalışmalar sonucunda elmanın kabuk kısmında flavonoller, flavanoller, prosiyanidinler, dihidrokalkonlar ve hidroksisinnamik asitler tanımlanmıştır.

Vrhovsek vd (2004), Batı Avrupa'da en fazla kültürel yetiştiriciliği yapılan sekiz elma çeşidinin toplam polifenol içeriğinin çeşide bağlı olarak, 66,2 ve 211,9 mg/100g TA arasında değiştiğini bildirmiştir.

Manach ve Donovan (2004) tarafından derlenen verilere göre, elmaların polifenol içeriği 18-152 mg/200g arasında değişmekte olup, en yaygın hidroksisinnamik asitler (10-120 mg/200g) olup, bunu 4-8 mg/200g ile flavonollar ve 4-24 mg/200g ile kateşin ve proantosiyanidin içeren monomerik flavanolların izlediğini bildirmişlerdir.

Tsao vd (2005), elmada bulunan polifenollerin, kabukta meyve etine göre beş kat daha fazla olduğunu saptamıştır.

Karadeniz vd (2005), Amasya, Arapkızı, Cooper, Gloster, Golden Delicious, Granny Smith, Rome Beauty ve Starking elma çeşitlerinin antioksidan aktivitelerini  $\beta$ -karoten ağartma metodu ile incelemişler. Sonuçta;  $14,7 \pm 3,5$  ile  $40,7 \pm 0,9$  arasında belirlemişlerdir.

Hassimotto vd (2005), toplam fenolik konsantrasyonunu, Gala çeşidinin elma pulpunda  $82 \pm 10$ , kabuğunda  $309 \pm 5$  mg GAE /100g TA olarak belirlemişlerdir.

Mengeş vd (2005)'nin yaptıkları çalışmada Konya Bölgesi'nde yetiştirilen Golden çeşidi elmanın farklı kurutma koşullarındaki kuruma davranışı bir laboratuvar kurutucusunda yapılan denemeler ile incelenmiş ve nem içeriği değişimine farklı hava sıcaklığı ve hava hızlarının etkisi farklı modeller ile açıklanmaya çalışılmıştır.

Saçılık ve Eliçin (2006) tarafından ince dilimlenmiş organik elmaların konveksiyon yöntemiyle kurutularak kurutma karakteristikleri incelenmiştir. 5 ve 9 mm kalınlığında elma dilimlerinin 40, 50 ve 60 °C kurutma havası sıcaklığında konveksiyon kurutma denemeleri yapılmış ve ürün kuruma karakteristikleri üzerine kurutma hava sıcaklığı ve ürün dilim kalınlığının etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Thaipong vd (2006), antioksidan aktivite tayininde gerçekleştirilen analizlerden; ORAC, FRAP, TEAC veya ABTS ile DPPH metotlarını karşılaştırmışlardır. Sonuçta; FRAP tekniği, basit ve hızlı uygulanan, en yüksek tekrarlanabilirlik veren, askorbik asit ve toplam fenolik ile en yüksek korelasyon gösteren analiz olarak değerlendirilmiştir.

Heybeli ve Ertekin (2007), yaptıkları bir çalışmada, sanayi tipi prototip rafli kurutucusunda Starking Delicious (*Malus communis* L.) elma çeşidinin uygulanan kurutma hava sıcaklığının değişimi ile ürünün kuruma süresi, kuruma hızı, hacim

ağırlığı, hacimsel büzülme, yeniden su alma, renk ve duyuşsal özelliklerine etkisi incelenmiştir. 40, 50, 60, 70 ve 80°C de kurutma hava sıcaklığı uygulanmıştır. Renk değerleri olan L ve a değerleri kurutma havası sıcaklığından etkilenmemiştir. Örneklerin renk sapmasının, ön işlemler gören örneklerde kurutma havası sıcaklığının azalışı ile arttığı, fakat bu artışın 50°C de ön işlemler görmeyen örneklerde ise 40°C sıcaklıkta en yüksek değere ulaştığı görülmüştür.

Biedrzycka ve Amarowicz (2008), Jonathan ve Golden Delicious elma çeşitlerinin suyunda toplam fenolik madde, klorojenik asit eşdeğeri 12,7 mg/L ve 217 mg/L bulunduğunu belirtmişlerdir.

Wojdyło vd (2008), FRAP metoduyla analiz ettikleri 67 elma çeşidinin antioksidan aktivitesinin kuru ağırlık üzerinden ortalama 13-130 µmol/100g arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Stracke vd (2009) Beş farklı çiftçiden alınan Golden Delicious orijinli elmalarda antioksidan aktivitesi FRAP metodu ile 290-510 µmol/100g arasında değişmiştir.

Tarhan vd (2009) tarafından yapılan çalışmada Amasya elma çeşidi 5 mm kalınlığında dilimlenmiş ve farklı kimyasal çözeltilere bir dakika süreyle dandırıldıktan sonra kurutulmuştur. Kurutma yöntemi olarak doğal şartlarda kurutma, etüvde 65 °C sıcaklıktaki hava ile kurutma ve mikrodalgada kurutma uygulanmıştır. Kurutma işleminin çok uzun sürmesi (72 saat), dış ortamda kurutma ve meydana gelen kararmalar nedeniyle mikrodalga kurutma elma için uygun bulunmamıştır. % 2'lik sitrik asit çözeltilisine bandırılan elmaların yüksek sıcaklıkta (65 °C) havayla kurutulması gerek kalite ve gerekse kurutma süresi (5 saat) açısından en iyi sonucu verdiği için ticari amaçlı elma kurutma için uygun olacağı sonucu elde edilmiştir.

Aygün ve Ülgen (2009) Rize ilinde yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan 17 farklı Demir elma tipinde bazı morfolojik ve kimyasal özellikleri belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada meyve özelliklerinden; meyve ağırlığı, meyve çapı ve boyu, çekirdek sayısı, meyve eti sertliği, meyve et ve kabuk rengi, suda çözünen toplam kuru madde, pH, titre edilebilir asitlik miktarını incelemişlerdir. İncelenen tiplerde meyve ağırlığı 60,7 – 163,4 g, meyve boyu 51,4 – 66,6 mm, meyve eni 52,5 – 72,6

mm, titre edilebilir asitlik % 0,7 – 1,2 ve suda eriyebilir toplam kuru madde % 10,6 – 13,00 olarak belirlenmiştir.

Bayburt yabani ekşi elması beyaz etli, güzel kokulu ve aromalı bir meyve olup Bayburt ilindeki insanlar tarafından sevilerek tüketilmektedir. Bu araştırmada amacımız öncelikle antioksidan maddelerce potansiyel teşkil eden ve Bayburt'ta sevilerek tüketilen yabani ekşi elmanın antioksidan ve fenolik madde kapasitesini ve bunların farklı kurutma teknikleri ile interaksiyonunu incelenmektedir. Bununla birlikte bahse konu olan elma türünün farklı tekniklerle kurutulması durumunda meyvenin genel biyokimyasal özelliklerinde meydana gelecek değişiklikler araştırılmıştır. Bu kapsamda beş farklı kurutma yöntemi uygulanmıştır. Bunlar oda şartlarında kurutma, güneş altında kurutma, infrared sistem ile kurutma, sıcak hava şartlarında kurutma ve mikrodalga tekniği ile kurutmadır. Doğal ortamlardan toplanmış olan elma numuneleri bahsi geçen yöntemlerden faydalanılarak kurutulmuş ve her bir yöntem için ürünün fenolik madde ve antioksidan içeriğindeki değişimler belirlenerek karşılaştırılmıştır. Bu değerler aynı zamanda elmanın kurutulmamış halinde elde edilen sonuçlar ile kıyaslanmıştır. Bu yollarla meyvenin bölge dışında da tanıtılması ve ilde yaşayanların bu gelişmelerden faydalanması hedeflenmektedir.

### **3. MATERYAL ve YÖNTEM**

#### **3.1 Materyal**

Bu çalışma yabani elmanın doğal olarak bulunduğu Bayburt ilinde yürütülmüştür. Temin edilen yabani elmalar yıkanıp, dilimlenip ve çekirdekleri çıkartılıp pomolojik ve biyokimyasal çalışmalar yapılmıştır. Bazı kimyasal analizler için getirilen meyveler buzdolabına (+4°C) konulmuş ve vakit kaybetmeden ölçüm ve analizlere başlanmıştır. Biyokimyasal analizler için kullanılacak olan meyve örnekleri ise analiz yapılacağı zamana kadar -80°C buzdolabında muhafaza edilmiştir.

#### **3.2 Kullanılan kimyasal maddeler**

Kullanılan kimyasal maddeler; troloks (6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit) (Sigma-Aldrich), gallik asit (Sigma-Aldrich), neocuproin (2,9-dimetil-1,10-fenantrolin) (Sigma-Aldrich), % 96'lık etanol (Merck), metanol (Merck), 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (Sigma-Aldrich), copper (II) chloride dihydrate (Merck), Folin-Ciocalteus Phenolregnaz (Merck), Butylated hydroxyanisole (Merck), Tween 40 (Merck),  $\beta$ -karoten (Sigma-Aldrich), linoleik asit (Sigma-Aldrich), kloroform (Merck) sodyum asetat (Merck), sodyum karbonat (Merck).

#### **3.3 Yöntem**

##### **3.3.1 Pomolojik ölçümler**

Pomolojik analizler elma ağaçlarının çeşitli yönlerinden alınan 30 adet meyve üzerinde yapılmıştır.

##### **3.3.1.1 Meyve boyu ve eni (mm)**

Meyve boyu ve çapı 30 adet meyvede, 0,01 mm'ye duyarlı dijital kompas ile ölçülmüştür.



### **3.3.1.2 Meyve ağırlığı (g)**

Denemedeki çeşit ve tiplere ait 30 adet meyve, 0,05 g'a duyarlı dijital teraziyle ölçülmüştür.

### **3.3.1.3 Meyve hacmi (cm<sup>3</sup>)**

Meyvelerin ölçülü silindirde taşıdıkları su miktarına göre meyve hacmi belirlenmiştir.

### **3.3.1.4 Çekirdek ağırlığı (g)**

Denemedeki elmalara ait meyvelerin çekirdekleri 0,05 g'a duyarlı dijital teraziyle tartılarak 25 adet meyvede belirlenmiştir.

### **3.3.1.5 Et / çekirdek oranı**

30 adet meyvede, et/çekirdek oranı, meyve eti ağırlıklarının çekirdek ağırlıklarına bölünmesiyle elde edilmiştir.

## **3.3.2 Biyokimyasal analizler**

### **3.3.2.1 Suda çözünebilir kuru madde içeriği (SÇKM) (%)**

Meyvelerin suda çözünen kuru madde miktarı (SÇKM) dijital refraktometresi (Model Ra 250HE, Kyoto Electronics Manufacturing Co. Ltd. Japon) kullanılarak ölçülmüştür.

### **3.3.2.2 pH tayini**

Meyvelerden elde edilen meyve sularının pH değerleri Jenco Electronics, 6173 marka pH metre yardımıyla ölçülmüştür. Ölçüm esnasında elektrotlar pH değeri sabitleninceye kadar örnek içerisinde yaklaşık 1-2 dakika tutularak sonuçlar belirlenmiştir (Cemeroğlu, 1982).

### **3.3.2.3 Renk tayini**

Konu kapsamında ele alınan meyve örneklerinde renk tayinleri Minolta CR-300 renk tayin cihazı kullanılarak L (100: beyaz, 0: siyah), a (+: kırmızı, -: yeşil, b (+: sarı, -: mavi) değerleri cinsinden ölçülmüştür. Tesadüfen seçilen 30 adet meyvenin kabuğu ve meyve suyu rengi için okuma yapılmıştır. Ölçüm değerlerinin ortalamaları alınarak meyvelerin renk değerleri tespit edilmiştir.

### **3.3.2.4 Vitamin C tayini (Askorbik asit)**

Meyvelerin askorbik asit içeriği, 'RQflex plus 10' (MERCK, Germany) cihazı ile askorbik asit kiti kullanılarak reflektometrik olarak tespit edilmiştir.

### **3.3.2.5 İndirgen şeker tayini**

İndirgen şeker test kiti kullanılarak 'RQflex plus 10' (MERCK, Germany) cihazı ile reflektometrik olarak tespit edilmiştir.

### **3.3.2.6 Toplam asitlik**

Meyvelerin toplam asitlik içeriği de, 'RQflex plus 10' (MERCK, Germany) cihazı ile reflektometrik olarak tespit edilmiştir.

### **3.3.2.7 Malik asit ve glikoz tayini**

Meyvelerin malik asit ve glikoz içeriği de, 'RQflex plus 10' (MERCK, Germany) cihazı ile reflektometrik olarak tespit edilmiştir.

### **3.3.2.8 Su aktivitesi (aw)**

Taze ve kurutulmuş örneklerin su aktivitesi sıcaklık kontrollü AquaLab marka (Decagon Devices, Inc., Pullman, WA) su aktivitesi cihazıyla belirlenmiştir. Yaklaşık olarak 5 g elma örneği cihazın özel plastik kaplarına yerleştirilmiş ve 25 °C' de ölçüm yapılmıştır. Su aktivitesi gıdadaki saf suyun kısmi buhar basıncının aynı sıcaklıktaki saf suyun kısmi buhar basıncına oranıdır.

### **3.3.3 Kurutma yöntemleri**

Elmalara kurutmadan önce ön işlem olarak yıkama, dilimlere ayırma ve çekirdek çıkarma işlemleri uygulanmıştır.

#### **3.3.3.1. Dondurarak kurutma (Liyofilizasyon)**

Yaş elma dilimlerini kurutma işlemi, Heto CD4 marka liyofilizatör ile yapılmıştır. Dondurucudan çıkan elmalar tepsilere konarak liyofilizatöre yerleştirilmiştir. Liyofilize işlemi -55 °C'de >0,5 mbar altında gerçekleşmiş ve nem içeriği ~%9'a kadar kurutulmuştur. Kurutma süresi yapılan ön denemeler sonucu belirlenmiştir.

#### **3.3.3.2 Oda sıcaklığında kurutma**

Elmalar dilimlenip birbirine karışmayacak şekilde dizilerek oda sıcaklığında kurutulmaya bırakılmıştır.

#### **3.3.3.3 Etüvde kurutma**

Elma dilimleri 65° C de sabit tartıma gelinceye kadar kurutulmuştur.

#### **3.3.3.4 İnfared kurutma**

Elma dilimleri yaklaşık 50 cm mesafede yerleştirilen 2500 kw gücündeki infrared ısıtıcı kullanılarak kurutulmuştur.

### **3.3.4 Antioksidan aktivite**

#### **3.3.4.1 Meyve örneklerinin ekstraksiyonu**

Bayburt ilinden rasgele temin edilen meyveler daha sonra bunları temsil edecek şekilde alınan 100 g meyve örneği blender (karıştırıcı) kullanılarak homojen bir hale getirilmiştir ve Çolak vd (2015)' na göre hazırlanmıştır. Buradan alınan örnek çözültisi kullanılarak bir saat boyunca tüpler içerisinde ekstraksiyonu sağlanmıştır. Filtre edilen solüsyon diğer aşamalarda yapılan toplam fenolik ve antioksidan

kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Fenoik ve antioksidan aktivite UV spektrofotometre (Shimadzu, UV-1800, Kyoto, Japonya) ile okunmuştur.

#### **3.3.4.2 Beta karoten ağartma metodu**

Elde edilen meyve örneğinin etanol ekstresinde total antioksidan aktiviteleri Beta karoten ağartma metodu (Kaur ve Kapoor, 2002) ile belirlenmiştir. Standart madde olarak butylated hydroxyanisole (BHA) kullanılmıştır.

#### **3.3.4.3 FRAP analizi (Ferric Reducing Antioxidant Power)**

FRAP analizi için 0,1 mol/L asetat (pH 3,6), 10 mmol/L TPTZ, and 20 mmol/L demir klorid çözeltileri (10:1:1) oranlarında karıştırılarak tampon hazırlanmıştır. Son olarak 30 µL meyve ekstraktına 2,97 mL hazırlanan buffer karıştırılarak absorbans 10 dakika sonra spektrofotometrede 593 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerleri Trolox (10–100 µmol/L) standart eğim çizelgesi ile hesaplanarak µmol Trolox eşdeğeri/g yaş meyve olarak sunulmuştur (Benzie ve Strain, 1996).

#### **3.3.4.4 DPPH analizi (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) (Serbest radikal giderme)**

Çolak vd (2015)'e göre yapılmıştır. UV Spektrofotometresi'nde 515 nm de absorbansı okunmuştur.  $4,0 \times 10^{-3}$  ve  $2,0 \times 10^{-2}$  g/L konsantrasyon aralığında DPPH standartı kullanılarak hazırlanan aşağıdaki kalibrasyon denklemi kullanılarak reaksiyon ortamındaki DPPH konsantrasyonu (g/L) hesaplanmıştır.

$$A_{517nm} = 27,07(DPPH)_t + 4,3 \times 10^{-3} \quad (r = 0,9999)$$

30 dakika sonucunda reaksiyon ortamında kalan DPPH miktarı ise aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanacaktır (IC50 mg/ml).

$$\% \text{ DPPH}_{kalan} = (DPPH)_{t=30} / (DPPH)_{t=0} \times 100$$

#### **3.3.4.5 CUPRAC yöntemi**

Apak vd (2006)' ya göre yapılmıştır. Metot Bakır II neocuprain kompleksine dayanmaktadır (Cu-II- Nc). 1ml Bakır II neocuprain ve NH4Ac buffer çözeltisi,

meyvenin asitlendirilmiş ve asitlendirilmemiş metanol ekstrakt çözeltisi (x, ml) ve su (1,1-x, ml) son hacim 4,1 ml olacak şekilde ilave edilmiş ve absorbands değeri 450 nmde köre karşı okunmuştur.

#### **3.3.4.6 Fenolik madde tayini**

Meyvelerdeki total fenolik bileşik tayini Folin-Ciocalteu reaktifi ile spektrofotometrik olarak tayin edilmiş ve standart olarak gallik asit kullanılmıştır. Sonuçlar gallik asit eş değeri ( $\mu\text{g GAE/mg}$  örnek) olarak verilmiştir.

Yukarıda bahsettiğimiz biyokimyasal analizler yapıldıktan sonra elmalar yıkanıp çekirdekleri çıkarıldıktan sonra dilim şeklinde doğranıp oda sıcaklığı, sıcak hava, infrared ve dondurarak (liyofilize) olmak üzere 4 farklı şekilde kurutulmuştur. 4 farklı kurutma işlemiyle kurutulan elmalara toplam kuru madde, renk tayini, su aktivitesi, antioksidan ve fenolik madde analizleri yapılmıştır. Aynı zamanda 4 farklı kurutma işlemine göre elmaların antioksidan ve fenolik madde içeriğinin değişimi incelenmiştir.

#### **3.3.5 Biyokimyasal ve Pomolojik Çalışmalarda İstatistiksel Analizler**

Araştırma tesadüf parselleri deneme desenine göre kurutulmuştur. Araştırmada ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testleri ile belirlenmiştir (SPSS 16.0).

#### 4. ANALİZLER ve BULGULAR

##### 4.1 Yabani-ekşi elma (*Malus sylvestris* MİLLER)'ya ait pomolojik ölçümler

Örneklerin bazı pomolojik özellikleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Meyvelerin eni 30,20 ile 36,01 mm arasında iken meyveleri boyu 26,16 ile 31,24 mm aralığındadır. Meyvelerin ağırlığı  $15,23 \pm 2,7$ , hacmi ise  $17,16 \pm 2,8$  olarak saptanmıştır. Çekirdek sayısı ise  $9 \pm 1$  olarak tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.1** Yabani-Ekşi Elma (*Malus sylvestris* MİLLER)'ya ait Pomolojik Özellikler

Pomolojik özellikler	Değerler
Meyve boyu (mm)	$28,82 \pm 1,56$
Meyve eni (mm)	$32,73 \pm 1,47$
Meyve ağırlığı (g)	$15,23 \pm 2,7$
Meyve hacmi (cm <sup>3</sup> )	$17,16 \pm 2,8$
Çekirdek sayısı (adet)	$9 \pm 1$



**Şekil 4.1** Yabani-ekşi elma



**Şekil 4.2** Yabani-ekşi elma

#### 4.2 Yabani-ekşi elma (*Malus sylvestris* MİLLER)'ya ait fizikokimyasal analizler

Çalışmada kullanılan Yabani-Ekşi Elma (*Malus Sylvestris miller*)'e ait kimyasal ve fizikokimyasal özelliklere ait değerler Çizelge 4.2'de verilmiştir.

**Çizelge 4.2** Yabani-Ekşi Elma (*Malus sylvestris* MİLLER)'ya ait Fizikokimyasal Özellikler

Fiziksel özellikler	Değerler
Kuru madde (%)	16,06±0,49
Suda Çözünebilir Kuru Madde (SÇKM %)	13,35±0,09
Askorbik asit (C vitamini) mg/100g	30,7±1,6
Toplam asitlik	2,95±0,01
Malik asit	9,6± 0,02
Glikoz(mg/L)	46,0±0,2
Su aktivitesi	0,93±0,01

Elmaların kuru madde içeriği 15,22 ile 16,48 arasında değişiklik göstermekle beraber ortalama 16,06±0,49 olarak tespit edilmiştir. Vieira vd (2009)'in elma örneklerinde buldukları değerler ile bulgular örtüşmektedir. Gökşen (2012)'nin yaptığı çalışmada elmaların suda çözünebilir kuru madde değerleri (SÇKM %) 13,35±0,09 olarak saptanmıştır. Abacı ve Sevindik (2014 ) Dervişbey ve Şah elması çeşitlerinin SÇKM içeriklerinin % 14, Mahara çeşidinin SÇKM içeriğinin ise % 10 olarak bildirmiştir. Jakopic vd (2007) Fuji elma çeşidinde SÇKM'nin % 15,6 olduğunu belirlemiştir. Özgen ve Tokbaş (2007), Amasya ve Fuji elmalarında yaptıkları çalışmada SÇKM içeriklerini % 14,6 ile 16,1 arasında saptamışlardır. Aygün ve Ülgen (2009), Rize ilinde yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan 17 farklı Demir elma



tipinde bazı morfolojik ve kimyasal özellikleri belirlemek amacıyla çalışma yapmışlardır. SÇKM değerleri % 10,6 – 13,00 olarak belirlenmiştir. Edizer ve Güneş (1997) yaptıkları çalışmada buldukları değerler (%10,10-12,80) ile uyum gösterirken yine Küden vd (1997) yaptıkları çalışmada buldukları değerler (%12,4-4,5) nispeten daha düşük olmuştur. Bu sonuç güneşlenmenin az olduğu bölgede kuru madde biriminin az olması ile açıklanabilir. Edizer ve Bekar (2007), suda çözünebilir kuru madde miktarı en fazla Gelin Elma (%16) çeşidi, en az Arapkızı (%9) çeşidinde bulmuştur. Özkan ve Celep (1995), Alyanak elma çeşidinde (%14,68), Gelin Elma çeşidinde (%10,3) değerlerini bulmuştur. Karlıdağ ve Eşitken (2006), %9,10 (Büyük) ile %13,80 (Kış, Karasakı ve Baba elmaları) değerlerini saptamıştır. Karadeniz vd (1996)'nın Ulus ve Maden çevresinde yürüttükleri bir çalışmada %10,0-17,12, Çorumlu (2010)' nun Çorum ili İskilip ilçesinde yaptığı bir çalışmada 32 mahalli elma çeşidinde %9,3-16,65, Ercişli vd (2001) G. Smith çeşidinde %22, G. Delicious'ta % 14,28, S. Delicious'ta % 13,76 ve Sakı çeşidinde ise % 14,05 olarak belirlenmiştir. Drogoudi *et al.* (2008) ise elma çeşitlerinin SÇKM miktarlarını %12,1-13,2 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Altı farklı elma çeşidinin kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir başka çalışmada toplam kuru madde içerikleri %15,24-19,55 arasında değişmiş ve en fazla kuru madde Fuji Suprema çeşidinde saptanmıştır (Vieira *et al.*, 2009).

Görüldüğü gibi kuru madde miktarları genel olarak Türkiye ve Dünyada yapılan çalışmalardaki bulgular ile paralellik göstermektedir. Elde ettiğimiz değerler literatür ile uyum içerisindedir.

Elma çeşitlerinin çok farklı değişken fiziksel ve kimyasal özellikler göstermesi farklı ekolojik koşullardan, rakımdan, türlerin çeşitliliğinden ve tarım uygulamalarından kaynaklandığı bildirilmiştir (Öztürkçi, 2003; Petkovsek *et al.*, 2007 ).

Çalışmamızda kullanılan elmada asitlik değeri %2,95 olarak bulunmuştur. Elmanın yetiştirildiği bölgedeki iklim faktörlerine bağlı olarak asitlik değeri değişiklik gösterebilmektedir (Iglesias vd, 2012). Asit içeriğinin yüksek olması elmanın yetiştirildiği Bayburt yöresi ikliminden kaynaklanmış olabilir. Karlıdağ ve Eşitken (2006), titre edilebilir asit miktarı %0,26 (Hışış) ile %0,73 (Büyük elma) arasında bulmuştur. Yine bulunan sonuçları mevcut çalışmalarla karşılaştırdığımızda,

Erzincan ilinde 1999-2000 yılları arası yetiştirilen Ak Sakı elma tiplerinin titrasyon asitliği sırasıyla %0,24-1,26 ve %0,28-1,05 değerleri arasında, Kara Sakı tiplerindeki sırasıyla %0,44-1,21 ve %0,67-1,10 değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir (Doğan, 2001). Elma genotiplerinin 2006 yılına ait titrasyon asitliği, Ak Sakılarda %0,402-0,991 arasında, Kara Sakılarda %0,395-0,991 arasında bulunmuştur (Öztürkçi, 2007).

İncelenen meyvelerin pH değerleri 2,8-3,1 arasında bulunmuştur. Bu değerler Akçay ve Hamarat (1997)' in bulduğu değerlere yakın değerler olup, Karadeniz vd (1996)' in bulduğu değerlerden daha düşük olarak tespit edilmiştir. Şenyurt vd (2015) incelenen çeşitlerde meyvelerin pH değerleri 3,50 (Ekşi-1) ile 4,87 (Amasya) arasında bulunmuştur. Benzer çalışmalarda bu değerler 3,09- 4,17 (Acar, 2007); 3,66-4,82 (Kazankaya vd, 2009); 3,60-4,82 (Gürel, 2010) arasında belirlenmiştir. Cemeroğlu (1982), elmanın pH değerinin ise 3,2-3,5 arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir. Ak Sakı elma tiplerinin 2007 yılındaki pH değerleri 3,14-3,87 arasında, Kara Sakı elma tiplerindeki pH değerleri 3,38-3,62 arasında bulunmuştur (Öztürkçi, 2007). Ak Sakı ve Kara Sakı elma çeşitlerinin pH değerleri uyum göstermektedir. Öztürk *et al.* (2010), sonbahar çeşitleri olan Golden Delicious, Granny Smith ve Starking Delicious elmalarının pH değerlerini sırasıyla 3,83, 4,11 ve 3,38 olarak tespit etmişlerdir. Wu *et al.* (2007), altı farklı çeşitteki elmaların pH değerlerinin 3,59-4,16 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Bu çalışmadan elde ettiğimiz pH değeri ile diğer araştırmaların pH değerlerinin uyum içinde olduğu görülmektedir.

Meyvelerde asitlik oranı arttıkça meyve tadı, tatlıdan ekşiye doğru değişmektedir. Bu elma çeşitlerinin tatlarının zaten ekşimsi (mayhoş) olması sonuçları makul olduğunun göstergesidir. Asitlik arttıkça mikroorganizmaların dayanıklılıklarının azaldığı bilinmektedir. Bu elma çeşitlerinin asitli olması kışa dayanıklı oluşlarının bir sebebidir. Nitekim bu çeşitlerin yıllardır varlıklarını korumaları, dayanıklı oluşları ve yetiştirildikleri mevsim dışında tüketilmeleri ile açıklanabilir.

Çalışmamızda kullandığımız Ekşi-Yabani elmalarının tatlarının ekşimsi yani asitliğinin yüksek olması toprak yapısından ya da yabani bir cins olmasından kaynaklanabilir.

Yaş meyvede  $30,7 \pm 1,6$  mg/100 g C vitamini tespit edilmiştir. Çalışmamızdakine benzer sonuçlar daha önce farklı elma çeşitleriyle yapılan araştırmalarda bildirilmiştir. Abacı ve Sevindik (2014) Ardahan bölgesinde yetiştirilen elmalarda yaptıkları analizde C vitamini değerlerini bulgularımızdan daha düşük değerde saptarken Kevers vd (2011) ise C vitaminini 11-35 mg/100 g arasında olduğunu bildirmiştir. Varming vd (2013), 71 Avrupa elma çeşidinde askorbik asit içeriğinin en yüksek 27 mg/100 g olduğunu ancak bazı çeşitlerde oranın 1 mg/100 g'ın altında olduğunu bildirmişlerdir. Portekiz'de yetiştirilen elma çeşitlerinin askorbik asit içerikleri 2,2-25 mg/100g arasında bulunmuştur (Vrhovsek vd, 2004; Feliciano vd, 2010). Planchon vd (2004), elma çeşitlerinin askorbik asit içeriklerinin 2,9-25,6 mg/100 g arasında bulunmuştur.

Elmaların su aktivitesi değerleri 0,92-0,93 aralığında tespit edilmiştir. Gıdalarda su aktivitesi kalite bozuklukları yanında sağlığa zararlı mikroorganizmalar ve bunların toksin üretimini kontrol eden önemli bir faktördür. Yüksek miktarda su içeren gıdaların kalitesi ve güvenliği, en iyi şekilde suyun kimyasal, biyokimyasal ve mikrobiyolojik etkilerini kontrol altında tutularak korunabilmektedir. Gıdalarda meydana gelen enzimatik olmayan esmerleşme, enzim aktivitesi, biyokimyasal reaksiyonlar, mikroorganizma faaliyetlerin yanında tat, koku, renk, tekstür açısından kabul edilebilirliği su aktivitesine bağlıdır (Özay vd, 1993). Çalışmamızda elma meyvesi yüksek nem içeriğine sahip gıda olarak tespit edilmiştir. Kurutma işlemi yapılarak su aktivitesi düşürülmüş ve kontrol altına alınmıştır.

Elmadaki glikoz miktarı 46 mg/L olarak bulunmuştur. Erdoğan (2010) yaptığı bir çalışmada elmadaki glikoz değerini 48,30 mg/L olarak saptamış olup bu değer çalışmamızda bulunan sonuçla uyum içerisindedir.

#### **4.3 Kurutma yöntemlerine göre yabani-ekşi elma (*Malus Sylvestris* MILLER)'in fizikokimyasal özellikleri**

Kurutmanın elmaların fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisini tespit etmek için yapılan analizlerde kodlama şu şekilde yapılmıştır.

IR: Infrared kurutma

O:Oda sıcaklığında kurutma

E: Sıcak havada kurutma

L:Dondurarak kurutma (Liyofilize)

Farklı yöntemlerle kurutulan Yabani-Ekşi Elma (*Malus sylvestris* MİLLER)'ya ait Kuru madde ve Renk değerleri Çizelge 4.3'de sunulmuştur. Kurutma sonucunda kuru madde değerleri %84 ile %95 arasında değişkenlik göstermektedir.

**Çizelge 4.3** Farklı yöntemlerle kurutulan Yabani-Ekşi Elma (*Malus sylvestris* MİLLER)'ya ait kuru madde ve renk değerleri

Koşullar	KM	L*	a*	b*
IR	95,38±0,35 <sup>a</sup>	47,79±0,97 <sup>bc</sup>	9,78±0,64 <sup>b</sup>	22,01±1,79 <sup>ab</sup>
O	90,42±0,34 <sup>c</sup>	48,78±1,24 <sup>b</sup>	8,39±0,85 <sup>c</sup>	23,46±0,54 <sup>a</sup>
L	91,79±0,17 <sup>b</sup>	61,18±0,53 <sup>a</sup>	5,47±0,52 <sup>d</sup>	21,66±0,31 <sup>ab</sup>
E	84,65±0,26 <sup>d</sup>	46,37±0,65 <sup>c</sup>	12,70±0,27 <sup>a</sup>	21,00±0,39 <sup>b</sup>

#### 4.3.1 Kurutulan elmaların kuru madde miktarlarında meydana gelen değişimler

4 farklı kurutma yöntemine bakıldığında en yüksek kuru madde miktarı infrared (IR) kurutma yönteminde (%95,38), en düşük kuru madde miktarı ise sıcak havada (E) kurutma yönteminde (%84,65) belirlenmiştir. Kuru madde miktarı elma meyvelerinin kurutularak ya da sofralık olarak tüketilebilirliğinin belirlenmesinde önemli bir ölçüdür. Yapmış olduğumuz çalışmada yabani-ekşi elma meyvesinin yüksek kuru madde miktarına sahip olduğu ve kurutma işlemi için uygun olduğu belirlenmiştir. Kurutulan elmaların nem değerleri ortalama %10' a kadar düşürülmüştür.

### 4.3.2 Kurutulan elmaların renk değerlerinde meydana gelen değişimler

Gıda ve tarımsal materyallerin kalite parametrelerinden birisi de renk özellikleridir. Kurutma sonunda meydana gelen renk değişimleri ürün kalitesini etkileyerek pazarlamayı olumsuz şekilde etkileyebilir (Nasıroğlu, 2007). Elde edilen bulgulara göre kurutma işlemi sonucunda  $L$ ,  $a$  ve  $b$  değerlerinin kurutma tipi ile önemli derecede değişmektedir. En az değişim ise  $b^*$  değerinde gözlenmiştir.  $a^*$  değeri esmerleşme ile doğrudan etkili olan sistem olmakla birlikte elma en yüksek  $a^*$  değerini E (sıcak havada kurutma) yönteminde, en düşük değeri ise L (dondurarak kurutma) yönteminde almıştır. 0-100 arasında değer alan L değeri (0-siyah, 100-beyaz) en yüksek değerini benzer şekilde dondurarak kurutma yönteminde almıştır. Diğer yöntemlere ait değerler 46-48 aralığında iken ortalama 61,18 ile diğer yöntemlere göre büyük farklılık göstermiştir. Dondurarak kurutma, dondurulmuş ürünün süblimasyon ile suyun uzaklaştırılması esasına dayanmaktadır ve düşük sıcaklık altında vakumla gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle olumlu renk değişimi gözlenmektedir.

Tarhan vd (2009)'nın yaptıkları bir çalışmada, etüvde kurutulan elmaların  $L$ ,  $a$ ,  $b$  değerleri sırasıyla; 81,38, 2,137 ve 28,11 bulmuştur. Dış ortamda gerçekleştirdikleri kurutmada ise sırasıyla 82,58, 1,38 ve 26,64 olarak saptanmıştır. Nasıroğlu (2007)'nin yaptığı çalışmada elma parçalarında, 500 W infrared lamba gücünde kurutulan parçaların  $L$  (parlaklık) değeri kurutma öncesi taze ürünün parlaklığından daha düşük olmuş, diğer kurutma koşullarının hepsinde  $L$  değeri kurutma öncesi değerden yüksek olmuştur. Kurutulmuş elma parçalarında toplam renk değişimi (PE) değerleri 9,25 ile 15,71 arasında değişiklik göstermiş ve en yüksek toplam renk değişim değeri 1,5 m/s hava hızında ve 500 W infrared lamba gücünde elde edilmiştir. Kurutulmuş elma parçalarının kroma, hue acısı,  $R(a/b)$  değerlerinin hepsi yaş elma parçalarının değerlerinde yüksek olmuştur.



**Şekil 4.3** Dondurularak kurutulan Yabani-ekşi elma



**Şekil 4.4** Etüvde kurutulan Yabani-ekşi elma



**Şekil 4.5** Oda sıcaklığında kurutulan Yabani-ekşi elma

#### **4.4 Farklı kurutma yöntemlerinin yabani-ekşi elma (*Malus sylvestris* MİLLER) biyoaktif bileşenleri üzerine etkisi**

Çalışmamızda 4 farklı kurutma yöntemi esas alınmıştır. Bunlar sıcak havada kurutma, Oda sıcaklığında kurutma, Dondurarak kurutma (Liyofilize) ve Infrared kurutmadır. Mikrodalga kurutma ve Güneşte kurutma işlemleri ön denemeler esnasında olumlu sonuç vermemiştir. Bu nedenle deney tasarımı yenilenerek yukarıda bahsi geçen tekniklerle çalışılmıştır.

Kurutma metotlarının elmaların toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan madde miktarı üzerine etkisi tespit edilmiştir.

Elmaların antioksidan aktivite analizlerinde DPPH, FRAP, CUPRAC ve Beta karoten- linoleik asit yöntemleri kullanılmış olup, ABTS yönteminden sonuç alınamamıştır. Farklı yöntemlerle kurutulan Yabani-Ekşi Elma (*Malus sylvestris* MİLLER)'nin Antioksidan ve Fenolik madde miktarı Çizelge 4.4'de sunulmuştur. Farklı yöntemlerle kurutulan Yabani-Ekşi Elma (*Malus sylvestris* MİLLER)'nin antioksidan ve fenolik madde miktarına ait varyans tablosu EK.1'de sunulmuştur.

**Çizelge 4.4** Farklı yöntemlerle kurutulan Yabani-Ekşi Elma (*Malus sylvestris* MİLLER)'nin Antioksidan ve Fenolik madde miktarı

<b>Kurutma yöntemi</b>	<b>Toplam Fenolik Madde (mgGAE/gK)</b>	<b>DPPH (<math>\mu\text{molT.E/KM}</math>)</b>	<b>FRAP (<math>\mu\text{molT.E/KM}</math>)</b>	<b>CUPRAC(<math>\mu\text{molT.E/KM}</math>)</b>	<b>Beta Karoten(%)</b>
<b>IR</b>	35,87±4,65	19,32±0,77 <sup>b</sup>	163,5±4,9 <sup>c</sup>	132,8±2,58 <sup>c</sup>	35,95±0,63 <sup>d</sup>
<b>O</b>	34,92±2,05	18,14±0,49 <sup>b</sup>	143,5±3,5 <sup>d</sup>	124,7±2,33 <sup>d</sup>	55,80±2,74 <sup>c</sup>
<b>L</b>	38,07±1,93	19,11±1,78 <sup>b</sup>	213,7±6,1 <sup>a</sup>	154,82±0,96 <sup>b</sup>	65,63±1,50 <sup>b</sup>
<b>E</b>	41,18±2,81	28,15±1,08 <sup>a</sup>	200,8±4,3 <sup>b</sup>	162,25±3,19 <sup>a</sup>	62,17±2,35 <sup>b</sup>
				<b>BHA</b>	92,06±0,14 <sup>a</sup>

Elma posası; elmanın meyve suyuna işlenmesiyle, meyve suyuna çok az geçen, çoğunlukla kabuklarda bulunan polifenollerin iyi bir kaynağıdır. Yüksek antioksidan aktivitesi, fenolik bileşenlerindeki flavanollar ve flavonollardan kaynaklanmaktadır (Garcia vd, 2009). Elma posasından, kateşinler, hidrokisinnamatlar, floretin glikozidleri, kursetin glikozidleri, prosiyanidinler gibi pek çok majör bileşenler izole edilmiş ve tanımlanmıştır (Foo ve Lu 1997,1998, 1999; Lommen vd, 2000; Schieber vd, 2001a).

Çalışmada kullanılan elmanın ortalama fenolik madde içerikleri 35,87-41,18 mg GAE/g KM arasında değişiklik göstermektedir. En yüksek değer 41,18 mg GAE/g KM ile Sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş elmalarda saptanırken elde edilen bulgular istatistik olarak değerlendirildiğinde kurutma yöntemleri ile fenolik madde miktarı arasında anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir ( $p>0.05$ ).

Toplam Fenolik madde içeriği ile Antioksidan aktivite yöntemleri arasında yapılan korelasyona göre ortalama fenolik madde içeriği değerleri CUPRAC, DPPH ve FRAP yöntemleriyle kısmi korelasyon göstermiştir ve r değerleri sırasıyla 0,711, 0,655, 0,587 olarak tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ).



En yüksek antioksidan kapasitesi değeri FRAP yöntemi ile (213  $\mu\text{molT.E/KM}$ ) elde edilmiştir. FRAP yöntemini CUPRAC yöntemi takip etmektedir. Elmalar antioksidan aktivite yöntemleri açısından değerlendirildiğinde DPPH sonuçları 18,14-28,15 arasında, FRAP sonuçları 143,5-213,7 arasında CUPRAC sonuçları ise 132,80- 162,25  $\mu\text{molT.E/KM}$  arasında tespit edilmiştir. Değerler arasındaki farklılıklar antioksidan yöntemlerinin dayandığı ilkelerin aynı olmamasından kaynaklanabilmektedir. Metotlar arasında yapılan bivariate korelasyon incelendiğinde CUPRAC metodu ile FRAP metodu arasında yüksek bir korelasyon olduğu saptanmıştır ( $r=0,939$ ,  $R^2=\%88$ ).

DPPH ile Beta karoten yöntemleri arasında negatif yüksek korelasyon tespit edilmiştir ( $r=0,866$ ,  $R^2=\%75$ ). Başka bir ifadeyle Dpph değerlerinde artış gözlemlendiğinde Beta karoten yönteminde elde edilen sonuçlarda azalma görülmektedir.

Beta karoten linoleik asit giderme yönteminde ise referans olarak kullanılan BHA'nın antioksidan aktivitesi %92 olarak tespit edilmiştir. Süre sonunda (90 dakika) dondurarak kurutma %65 ve sıcak havada kurutma ise %62 antioksidan aktivite gösterirken değerler arasında istatistik olarak fark bulunamamıştır ( $p>0.05$ ).

Antioksidan aktivite ve Fenolik madde miktarı (FRAP yönteminde elde edilen sonuçlar hariç) açısından en yüksek değer sıcak havada kurutma yöntem ile tespit edilmiştir. Bunun nedeni olarak Maillard reaksiyonu ile oluşan ara ürünler gösterilebilir. Maillard reaksiyonunda yüksek antioksidan kapasite, Maillard reaksiyonu ürünlerinin özellikle de melanoidinlerin oluşumu ile ilgilidir. Maillard reaksiyonu ürünlerinin antioksidan aktiviteleri; melanoidinlerin üstün radikal süpürme özellikleri, oksijenle reaksiyonları,  $\text{O}_2^-$  ve  $\text{OH}^-$  gibi ürünlerle reaksiyonları ile açıklanmaktadır (Hayase vd, 1989). Maillard reaksiyonu ara ürünlerinden hidroksi metil furfuralın da (HMF) antioksidan özelliği olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmektedir. Depolanan elma suyu konsantrelerinin enzimatik olmayan renk esmerleşmeleri üzerine yapılan bir çalışmada HMF miktarının arttığı görülmüştür (Burdurlu vd, 2003). Başka bir çalışmada sıcaklık, süre ve asitliğin artmasıyla beraber HMF miktarında da artma görüldüğü tespit edilmiştir (Küçük vd, 2007).

Drogoudi vd (2008) in yaptıkları bir çalışmada bu analizler sonucunda kabukta en yüksek antioksidan kapasiteye ve fenolik içeriğe sahip olan elma çeşidi olarak Starkimson (35,7 mg g<sup>-1</sup> ve 19,9 mg mg g<sup>-1</sup>) belirlenmiştir. Liyofilize kurutma yöntemi ile kurutulan üç elma posasında da TAA infrared ile kurutulan elma posalarına göre daha yüksek tespit edilmiştir. İnfrared yöntemi ile kurutmada uygulanan ısı ve bu ısıya maruz kalma süresi uzun olduğu için fenolik bileşenler daha fazla kayba uğramakta dolayısıyla TAA düşük çıkmaktadır. Manach ve Donovan (2004)'a göre elmaların polifenol içeriği 18-152 mg/200g arasında değişmektedir. Hassimoto vd, (2005), toplam fenolik konsantrasyonunu, Gala çeşidinin elma pulpunda  $82 \pm 10$ , Amasya, Arap Kızı, Cooper, Gloster, Golden Delicious, Granny Smith, Rome Beauty ve Starking elma çeşitlerinde toplam fenolik madde sırasıyla;  $1078 \pm 38,9$ ,  $1232 \pm 12,0$ ,  $876 \pm 21,2$ ,  $571 \pm 21,2$ ,  $1146 \pm 106,1$ ,  $541 \pm 23,3$ ,  $1110 \pm 21,2$ ,  $1333 \pm 3,5$  KE mg/kg TA, olarak bildirilmiştir. Batı Avrupa'da en fazla kültürel yetiştiriciliği yapılan sekiz elma çeşidinin toplam polifenol içeriği çeşide bağlı olarak, 66,2 ve 211,9 mg/100g TA arasında değişmiştir (Vrhovsek vd, 2004). Biedrzycka vd (2004)'nın atfen bildirdiğine göre Jonathan ve Golden Delicious elma çeşitlerinin suyunda toplam fenolik madde, klorojenik asit eşdeğeri 12,7 mg/L ve 217 mg/L bulunduğunu belirtmişlerdir. Thaipong vd (2006)'nın, antioksidan aktivite tayininde gerçekleştirdiği analizlerde; ORAC, FRAP, TEAC veya ABTS ile DPPH metotlarını karşılaştırmışlardır. Sonuçta; FRAP tekniği, basit ve hızlı uygulanan, en yüksek tekrarlanabilirlik veren, askorbik asit ve toplam fenolik ile en yüksek korelasyon gösteren analiz olarak değerlendirilmiştir. Elma polifenoller ve antioksidan özellikleri geniş şekilde pek çok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Robards vd, 1999; Lu ve Foo 2000; Van der sluis vd, 2001; Wolfe vd, 2003; Leja vd, 2003; Lee vd, 2003; Lata, 2007). Wojdyło vd (2008), altmış yedi elma çeşidinin FRAP metoduyla antioksidan aktivitesinin kuru ağırlık üzerinden 13-130  $\mu\text{mol}/100\text{g}$  arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Beş farklı çiftçiden alınan Golden Delicious orijinli elmalarda antioksidan aktivitesi FRAP metodu ile 290-510  $\mu\text{mol}/100\text{g}$  arasında değişmiştir (Stracke vd, 2009). Kondo vd (2002), Fuji, Oorin ve Redfield elma çeşitlerinin DPPH yöntemi ile antioksidan aktivitelerini kabuklarında etine göre daha yüksek miktarda bulunduğunu tespit etmişlerdir. Yellow Golden elma çeşitlerinin antioksidan aktivitelerini inceledikleri çalışmada, Red Delicious çeşidinde sırasıyla, FRAP, TRAP ve ABTS metotları ile

antioksidan aktiviteyi 3,84 mmol Fe<sup>2</sup> / kg TA, 2,23 mmol Trolox / kg TA, 1,59 mmol Trolox / kg TA; Yellow Golden çeşidinde ise 3,23 mmol Fe<sup>2</sup> / kg TA, 1,54 mmol Trolox / kg TA, 1,31 mmol Trolox / kg TA olarak belirlemiştir.

Karadeniz vd (2005), Amasya, Arapkızı, Cooper, Gloster, Golden Delicious, Granny Smith, Rome Beauty ve Starking elma çeşitlerinin antioksidan aktivitelerini B-karoten haşlama (beta-carotene bleaching) metodu ile incelemişler. Sonuçta; %14,7 ± 3,5 ile %40,7 ± 0,9 arasında belirlemiştir. Schieber vd (2003), elma posasında, taze ve endüstriyel olarak kurutulduktan (50 – 60°C) arası sıcaklığı aşmayacak şekilde, infrared yöntemi ile) sonra fenolik bileşenlerin stabilitesini araştırmışlardır. Fraksiyonlar arasında yalnızca flavanoller (kateşin, epikatesin, prosiyanidinler) kurutma işleminden olumsuz etkilenmiş, 318–406 mg/kg arasında bir azalma olmuştur. Bunun tersine flavonolların (hidroksisinnamatlar ve dihidrokalkonlar) miktarında bir değişiklik olmamış aksine kısmen artış gözlemlenmiştir. Schieber vd (2001b) ticari elma posası ile Jonagold ve Elstar elma çeşitlerinin posalarında fenolik bileşenleri incelemişler. Jonagold ve Elstar elma çeşitlerinin posalarına hava kurutma ve liyofilizasyon işlemi uyguladıktan sonra kuru madde üzerinden fenolik bileşen miktarları bulunmuş ve sonuçta elma posası, fenoliklerin umut verici bir kaynağı olarak görülmüş ancak fenolik bileşenlerin kurutma koşullarından etkilendiği belirlenmiştir. Liyofilize kurutma yöntemi ile kurutulan üç elma posasında da TAA infrared ile kurutulan elma posalarına göre daha yüksek tespit edilmiştir. İnfrared yöntemi ile kurutmada uygulanan ısı ve bu ısıya maruz kalma süresi uzun olduğu için fenolik bileşenler daha fazla kayba uğramakta dolayısıyla TAA düşük çıkmaktadır.

Elmanın fenolik içeriği çeşit, iklim, olgunluk derecesi, yetiştiği ortam, gerçekleştirilen tarımsal faaliyetler gibi birçok değişik faktörlere bağlıdır. Fenolik içeriğinin farklı olmasına ekstraksiyon işlemi de etki edebilir. Çözücünün yoğunluğunun, çeşidinin ve işlem süresinin farklılığa sebep olduğu düşünülebilir. Fenolik bileşik miktarlarındaki farklılık, elmanın genotip özelliği ve çeşidi, olgunluk derecesi, yıla ait iklimik koşulları (yağış, sıcaklık, bağıl nem vb), coğrafi yapısı, tarım uygulamaları gibi birçok değişik faktörler ile kanıtlanmaktadır (Wolfe *et al.*, 2003; Karadeniz *et al.*, 2005; Köksal 2008; Öztürk *et al.*, 2010; Kevers *et al.*, 2011)

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Meyve ve sebzeler yüksek oranda vitamin ve mineral içerdiklerinden dolayı insan beslenmesinde önemli bir rol oynamaktadırlar. Meyve ve sebzelerin içerdikleri yüksek oranda su ve bazı organik maddeler, mikrobiyolojik ve kimyasal bozulmaya yol açmaktadırlar. Bu bozulmaların önlenmesi için meyve sebzeler kendilerine uygun olan şartlarda muhafaza edilmelidir.

Bu çalışmada, Bayburt ilinde doğal olarak bulunan yabani-ekşi elma (*Malus sylvestris* MILLER) 'nın farklı şartlarda kurutulmuş, içermiş olduğu fenolik bileşiklerin, antioksidan aktivitenin ve toplam fenolik maddenin nasıl değiştiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yapılan bu çalışmaya ait bulgular literatürde elma veya diğer meyvelerde fenolik bileşikler ve antioksidanlar ile ilgili yapılan diğer çalışmalara ait bulgular ile karşılaştırılmıştır.

4 farklı kurutma yöntemine bakıldığında en yüksek kuru madde miktarı infrared (IR) kurutma yönteminde (%95,38), en düşük kuru madde miktarı ise sıcak havada (E) kurutma yönteminde (%84,65) belirlenmiştir. Kuru madde miktarı elma meyvelerinin kurutulmuş ya da soğuk olarak tüketilebilirliğinin belirlenmesinde önemli bir ölçüdür. Yapmış olduğumuz çalışmada yabani-ekşi elma meyvesinin yüksek kuru madde miktarına sahip olduğu ve kurutma işlemi için uygun olduğu belirlenmiştir.

Taze yabani-ekşi elma meyvelerinin pH değerleri 2,8-3,1 arasında bulunmuştur. Titrasyon asitliği ise %2,95 olarak belirlenmiştir.

Çalışmamızda yabani-ekşi elma meyvesinin glikoz miktarı 46mg/L olarak tespit edilmiştir. Meyvelerdeki şekerler tat ve kalite kriteri olmasından ve de bitki besin elementleriyle ilişkilerinin bulunmasından dolayı oldukça önem arz etmektedir. Elmaların şeker içeriğini meyvenin farklı olgunluk safhaları, muhafazanın etkisi, adi soğuk hava ve kontrollü atmosfer depo koşullarında muhafaza süresi gibi faktörler etkileyebilir. Ayrıca meyvelerin içerdikleri şeker miktarı üzerine; iklim, toprak ve bitki besin elementleri yanında bitkinin türü ve çeşidi, miktarı da etki etmektedir. Meyvelerde çoğunlukla glikoz, fruktoz ve sakkaroz şekerleri yüksek miktarlarda

galaktoz, ksiloz ve riboz şekerleri ise daha az miktarlarda bulunmaktadır. Meyvelerdeki şeker miktarı olgunlaşma arttıkça hızlı bir artış göstermektedir.

C vitamini miktarı 30,7 mg/100g olarak tespit edilmiştir. C vitamini antioksidan özellik gösteren bir vitamin olup, oksijen radikallerinin hücreye zarar vermesini engellemeye yardımcı olur. C vitamini demirin emilimini artırır, kemik, kan ve yara iyileşmesinde rol oynar.

Çalışmamızda farklı kurutma yöntemleri ile fenolik madde içerikleri 34,92 (Oda sıcaklığı) -41,18 (Sıcak havada kurutma) mg GAE/gKM arasında değiştiği saptanmıştır. Antioksidan aktiviteleri DPPH yöntemine; sıcak havada kurutma yöntemi diğer yöntemlere göre en yüksek değeri vermiştir. FRAP yöntemine göre “dondurarak kurutma > sıcak havada kurutma > infrared > oda sıcaklığı” şeklinde, CUPRAC yöntemine göre ise; “sıcak havada kurutma > dondurarak kurutma > infrared > oda sıcaklığı” şeklinde, Beta karoten yönteminde ise sıralama BHA> dondurarak kurutma > sıcak havada kurutma > oda sıcaklığı>infrared şeklinde değişim gösterdiği görülmüştür. CUPRAC metodu ile FRAP metodu arasında yüksek bir korelasyon olduğu saptanmıştır ( $r=0,939$ ,  $R^2=\%88$ ).

Elde edilen deneysel verilere göre, antioksidan ve fenolik madde içeriği açısından yabani-ekşi elma (*Malus sylvestris* MİLLER)’nin en iyi kurutma yöntemi sıcak havada kurutma yöntemi olarak tespit edilmiştir. Renk değerleri ve esmerleşme açısından ise en iyi yöntem dondurarak kurutma yöntemidir. Ancak bu yöntem diğer yöntemlere göre daha maliyetli bir teknik olması açısından endüstriyel anlamda kullanılması tercih edilmemesine neden olabilir. Diğer yöntemlerde renk değişiminin önüne geçebilmek için kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) ya da askorbik asit kullanılabilir. Antioksidan aktivite meyvenin yetiştiği iklim, toprak stres koşulları gibi faktörlerden, saklama koşulları ve süresinden etkilenebilir.

Bu çalışmada mikrodalga kurutma yönteminde ev tipi mikrodalga kullanıldığı için kurutma sırasında elmalardan uzaklaşan nemin kurutucudan dışarıya verilememesi, buna bağlı olarak elma meyvelerinde homojen bir kuruma işleminin gerçekleşemediği belirlenmiştir. Bu nedenle mikrodalga kurutmada verimli sonuçlar alınabilmesi için kurutma işleminde uygun mikrodalga kurutucunun kullanılması, kurutma sistemine vakum işleminin dahil edilmesi veya mikrodalga ile

diğer kurutma yöntemlerinin kombinasyonlu olarak kullanılması gerektiği düşünölmektedir.

Yapılan bu çalışma yabani-ekşi elma (*Malus sylvestris* MİLLER)'e ait ilk çalışma olup, literatüre veri sağlaması ağısından önemlidir. Yabani ekşi elmaya ait farklı çalışma konularının (fenolik madde dağılımının incelenmesi, enzim içeriğinin belirlenmesi gibi) bulunmaması literatürdeki eksiklikler olarak görölmüştür.

Sonuç olarak hem taze hem kurutulmuş yabani-ekşi elmanın beslenmemizde önemli bir yeri olduğu, içerdiği fenolik maddeler, C vitamini ve antioksidan kapasitesiyle serbest radikallerin zararlarına karşı vücudun savunma mekanizmasının güçlenmesinde ve dolayısıyla bazı hastalıkların önlenmesinde fonksiyonel bir özelliğe sahip meyve olduğu söylenebilir.

## KAYNAKLAR

- A., Yang M. and Rice E.C. (1999). *Antioxidant Activity Applying An Improved Abts Radical Cation Decolorization Assay*. **Free Radicale Biology And Medicine**. 26: 1231-1237.
- Abacı, Z.T. ve Sevindik, E. (2014). *Ardahan Bölgesinde Yetiştirilen Elma Çeşitlerinin Biyoaktif Bileşiklerinin Ve Toplam Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi*. **Yyü Tar Bil Derg** (Yyu J Agr Sci), 24(2): 175- 184.
- Abuşka, M. (2002). *Jeotermal Enerji Üzüm Kurutma Sistemi Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi.
- Acar, J. ve Gökmen, V. (2007). *Fenolik Bilesikler Ve Dogal Renk Maddeleri*. **Gıda Kimyası**. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 3. Baskı, 587s, Ankara
- Acar, J. ve Gökmen, V. (2007). *Fenolik Bileşikler Ve Doğal Renk Maddeleri*. **GıdaKimyası**. (Saldamlı,İ., -Ed.) Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 463-492. Ankara
- Aherne Sa, O'brien Nm (2002). **Dietary Flavonols: Chemistry, Food Content, And Metabolism**. **Nutrition**, 18(1):75-81.
- Akçay, M. ve Hamarat, N. (1997). *Konya Yöresinde Yetiştirilen Altın Çekirdek Elmasının Pomolojik Özellikleri Ve Döllenme Biyolojisi Üzerine Araştırmalar*. **Yumuşak Çekirdekli Meyveler Sempozyumu**, S 77-82. Yalova.
- Akkuş, İ. (1995), **Serbest Radikaller Ve Fizyolojik Etkileri**, Mimoza Yayınları, Konya, 134s.
- Akpınar, E. ve Biçer Y. (2007). *Modelling Of Thin Layer Drying Kinetics Of Sour Cherry In A Solar Dryer And Under Open Sun*. **Journal Of Scientific & Industrial Research**, Vol. 66, Pp. 764–771.

- Aksoy, M. (2007). **Ansiklopedik Beslenme**. Diyet Ve Gıda Sözlüğü, Hatiboğlu Yayınları, Ankara.
- Akyıldız, A. ve Öcal, N. (2006). *Effects Of Dehydration Temperatures On Colour And Polyphenoloxidase Activity Of Amasya And Golden Delicious Apple Cultivars*. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, 86:2363-2368.
- Albayrak, S., Sağdıç, O. ve Aksoy, A. (2010). *Bitkisel Ürünlerin Ve Gıdaların Antioksidan Kapasitelerinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler*. **Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri. Enstitüsü Dergisi**, 26(4):401-409.
- Alho, H., and Lemonen, J. (1999). *Total Antioxidant Activity Measured By Chemiluminescence Methods*. **Methods In Enzymology**, 299, 3-14.
- Ali, S.S., Kasoju, N., Luthra, A., Singh, A., Sharanabasava, H., Sahu, A. and Bora, U. (2008). *Indian Medicinal Herbs As Sources Of Antioxidants*. *Science Direct, Food Research*, 41:1-15.
- Amakura, Y., Okada, M., Tsuji, S. and Tonogai, T. (2000). *Determination Of Phenolic Acids In Fruit Juices By Isocratic Column Liquid Chromatography*. **Journal Of Chromatography A**, 891, 183-188.
- Ameye, L.G. and Chee, W.S. (2006). *Osteoarthritis And Nutrition. From Nutraceuticals To Functional Foods: A Systematic Review Of The Scientific Evidence*. **ArthritisResearch & Therapy**, 8(4), 127.
- Anonim, (2008a). Web Sitesi. <http://www.Bahce.Biz>
- Anonim, (2008b). <http://gidacidede.blogspot.com/2007.10.01.archive.html>
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M. and Karademir, S.E. (2004). *Novel Total Antioxidant Capacity Index For Dietary Polyphenols And Vitamins C And E, Using Their Cupric Ion Reducing Capability In The Presence Of Neocuproine: Cuprac Method*. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, 52 (26) 7970-7981.



- Arts Icw, Putte, B. and Hollman, P. (2000). *Catechin Contents Of Foods Commonly Consumed In The Netherlands. 1. Fruits, Vegetables, Staple Foods, And Processed Foods. J. Agric. Food Chem.*, 48: 1746-1751.
- Asami, D., Hong, Y., Barrett, D. and Mitchell, A. (2003). *Comparison Of The Total Phenolic And Ascorbic Acid Content Of Freeze-Dried And Air-Dried Marionberry, Strawberry, And Corn Grown Using Conventional, Organic, And Sustainable Agricultural Practices. J. Agric. Food Chem.*, 51: 1237–1241.
- Awad, M. and De Jager, A. (2002). *Relationships Between Fruit Nutrients and Concentrations Of Flavonoids And Chlorogenic Acid In Elstar Apple Skin, Scientia Hort.*, 93, 265-276.
- Awad, M., Wagenmakers, P. and De Jager, A. ( 2001). *Effects Of Light On Flavonoid and Chlorogenic Acid Levels In The Skin Of Jonagold Apples. Scientia Hort.*, 88, 289-298.
- Ayfer, M. (1991). *Kuru Meyvelerin Türkiye Ekonomisindeki Yeri Ve Geliştirme Çareleri. Kuru Ve Kurutulmuş Sebze Ve Meyve Endüstrisi Semineri, Milli Prodüktivite Merkezi Tarım Şubesi, Ankara, 150-158.*
- Aygün, A. ve Ülgen, S. A. (2009). *Rize’de Yetiştirilen Demir Elma (Malus Communis L.) Çeşidinin Bazı Meyve Özelliklerinin Belirlenmesi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* 2(2), 201-205.
- Balasundram, N. Sundram, K. Saman, S. (2006). *Phenolic Compounds In Plants And Agri Industrial By- Products: Antioxidant Activity, Occurrence, And Potential Uses. Food Chemistry*, 99: 191-203.
- Başer, K. H. C. (2003). *Industrial Plants As Sources Of Dietary Supplements. In Dietary Supplements Of Origin*, M. Maffei (Ed), Taylor And Francis., London, Pp. 31-42.

- Bayrak, T. (2011). *Yomra ve Granny Smith Elma Çeşitlerinin Modifiye Atmosfer Koşullarında Muhafaza Edilebilirliğinin Karşılaştırılması*. GÜFBED/GUSTIJ, 1 (1):37-43.
- Bchr, B., Besbes, S., Karoui, R., Attia, H., Paquot, M., and Blecker, C. (2012). *Effect Of Air-Drying Conditions On Physico-Chemical Properties- Osmotically Pre-Treated Pomegranate Seeds*. **Food Bioprocess Technology**, 5:1840-1852.
- Bebis, 2004. Ebispro Für Windows, Stuttgart, Germany; Turkish Version (Bebis-5), İstanbul, 2004.
- Bennion, M. ve Scheule, B. (2004). *Fruits And Fruit Preparation*. Introductory Foods Pearson Prentice Hall, New Jersey, 529-560..
- Benzie, İ.F.F. and Strain, J.J. (1996). *The Ferric Reducing Ability Of Plasma (Frap) As A Measure Of "Antioxidant Power": The Frap Assay*. **Anal. Biochem.**, 239 (1), 70-76.
- Betteridge, D.J. (2000). *What Is Oxidative Stress?* **Metabolism**, 49, 3–8.
- Biedrzycka, E. and Amarowicz, R. (2008). *Diet And Health: Apple Polyphenols As Antioxidants*. **Food Reviews International**, 24:235–251.
- Boğa, M. (2007). *Türkiye’de Yetişen Vinca Türlerinin Antioksidan Aktivitelerinin Tayini*. İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Analitik Kimya Anabilim Dalı, **Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul.
- Bolzan, D. A. and Bianchi, N. O. (1997). *Superoxide Dismutase, Catalase And Glutathione Peroxidase Activities In Human Blood: Age And Cigarette Smoking*. **Clin. Biochem.**, 30(6),449-454.
- Bortolomeazzi, R., Sebastianutto, N., Toniolo, R. and Pizzariello, A. (2007). *Comparative Evaluation Of The Antioxidant Capacity Of Smoke Flavouring Phenols By Crocin Bleaching Inhibition, Dpph Radical Scavenging And Oxidaton Potential*. **Food Chem.** 100:1481-1489

- Boyer, J. and Liu, R. H. (2004), *Apple Phytochemicals And Their Health Benefits. Nutrition Journal.*, 3, 1-15.
- Brunori, M. and Rotilio, G. (1984). **Biochemistry Of Oxygen Radical Species Method Enzymol**, 105, 22-35.
- Burak, M. ve Ergun, M. (2000). *Elma Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Bitkisel Üretim Özel İhtisas Komisyonu. Meyvecilik Alt Komisyonu Elma Raporu* Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Yayını, Ankara, 16-54.
- Burda, S., Oleszek, W. and Lee, C. (1990). *Phenolic Compounds And Their Changes In Apples During Maturation And Cold Storage. J. Agric. Food Chem.*, 38: 945-948.
- Burdurlu, H. S., Karadeniz, F. (2003). *Effect of storage on nonenzymatic browning of apple juice concentrates. Food Chemistry*, 80: 91–97.
- Butland, B., Fehily, A. and Elwood, P. (2000). *Diet, Lung Function, And Lung Function Decline In A Cohort Of 2512 Middle Aged Men. Thorax*, 55(2): cao
- Cadenas, E. and Packer, L. (2002). *Handbook Of Antioxidants*, Marcel Dekker, New York-Basel, 0-8247-0547-5.
- Cao, G. and Prior, R. L . (1999). *The Measurement Of Oxygen Radical Absorbance Capacity In Biological Samples. Methods In Enzymology* 299, 50-62.
- Cao, G. and Prior, R.L. (1998). *Comparison Of Different Analytical Methods For Assessing Total Antioxidant Capacity Of Human Serum, Clin. Chem.*, 44, 1309–1315.
- Cao, X., Wang, C., Pei, H. and Sun, B. (2009). *Separation And Identification Of Polyphenols In Apple Pomace By High-Speed Counter-Current Chromatography And High-Performance Liquid Chromatography Coupled With Mass Spectrometry. Journal Of Chromatography A*, 1216: 4268–4274.

- Cemeroğlu, B. (1982). **Meyve Suyu Üretim Teknolojisi**. Teknik Basım Sanayi Matbaası, Ankara.
- Cemeroğlu, B., Karadeniz, F. ve Özkan, M. (2003). **Meyve Sebze İşleme Teknolojisi**. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No: 28, 672-673. Ankara.
- Cemeroğlu, B. (2009). **Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi**. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:38, 2, Ankara.
- Ceylan, İ., Aktaş, M. ve Doğan, H. (2007). *Isı Pompalı Bir Kurutucuda Kerestelerin Kurutma Süresinin Belirlenmesi*. **Journal Of The Faculty Of Engineering And Architecture Of Gazi University**, Cilt 22, No 4, 847-85.
- Cheeseman, K.H. and Slater, T.F., 1993. **An Introduction To Free Radical Biochemistry**. Br. Med. Bull., Jul; 49(3), 481-93.
- Çinnıcı, F., Bendini, A., Gaiani, A. And Riponi, C. (2004). *Radical Scavenging Activities Of Peels And Pulps From Cv. Golden Delicious Apples As Related To Their Phenolic Composition*. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, 52, 4684-4689.
- Choa, K.J. ve Chou, S.K. (2003). *Low-Cost Drying Methods For Developing Countries*. **Trends In Food Science And Technology**. 14, 519-528.
- Choe, E. And Min, D. B. (2006). *Chemistry and Reactions Of Reactive Oxygen Species In Foods*. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, 46:1-22.
- Clifford, M. (1999). *Chlorogenic Acids And Other Cinnamates—Nature, Occurrence And Dietary Burden*. **J Sci Food Agric**, 79:362–72.
- Cowan, M. (1999). *Plant Products As Antimicrobial Agents*. **Clin. Microbiol. Rev.** 12: 564–582.
- Çolak, N., Zengin, A.Y. ve Ayaz, F.A. (2015). *The Effect Of Anthocyanin-Rich Bilberry Extract On The Antioxidant System In Roots Of Barley Cultvars Under Ionizing Radiation*. **Original Article**, 37:187.

- Çorumlu, M.S. (2010). *Çorum İli İskilip İlçesinde Yetiştirilen Bazı Yerel Elma (Malus Communis L.) Çeşitlerinin Fenolojik Ve Pomolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi*, Ordu Üniv. Fen Bil. Enstitüsü, Ordu, 92.
- Da Silva Porto, P., Laranjinha, J. and De Freitas, V. (2003). *Antioxidant Protection Of Low Density Lipoprotein By Procyanidins: Structure/ Activity Relationships. Biochemical Pharmacology*, 66, 947-954.
- Deaton C.M. and Marlin D.J. (2003). **Exercise-Associated Oxidative Stress**, Clin. Tech. Equine Pract, Vol 2, No 3, 278-291.
- Demir, D. (2010). *Kurutma İşlemi ve Öncesinde Uygulanan Farklı Haşlama Tekniklerinin Siyah Havucun Entioksidan Etkili Bileşikleri Üzeine Etkisi. Yüksek Lisan Tezi*, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Diamante, L. M. and Munro, P.A. (1991). *Mathematical Modeling Of Hot Air Drying Of Sweet Potato Slices. International Journal Of Food Science And Technology*, 26, 99- 109.
- Diplock, A. (1998). *Healty Lifestyles Nutrition and Physical Activity:Antioxidant Nutrients. ILSI Europe Concise Monograph Series*, 59p., Belgium.
- Dixon, R., Xie, D. and Sharma, S. (2005). *Proanthocyanidins–A Final Frontier In Flavonoid Research. New Phytologist*, 165: 9–28.
- Doğan, A. (2001). *Erzincan İlinde Yetiştiriciliği Yapılan Sakı Elma Çeşitlerinin Klon Seleksiyonu Yoluyla Islahı. Yüksek Lisans Tezi*. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Doymaz, D. ve Pala, M. (2002). *Hot-Air Drying Characteristics Of Red Pepper. Journal Of Food Engineering* 55, 331-335
- Drogoudı, D. P., Michailıdı, Z. and Pantelıdı, G. (2008), *Peel And Flesh Antioxidant Content And Harvest Quality Characteristics Of Seven Apple Cultivars. Scientia Horticulture*, 115, 149 - 153.

Durmus, A. ve Kurtbas, D. (2002). *Yeni Tasarlanan Havalı Kollektor Yardımı İle Elazığ Yoresi Kayisularının Kurutulması Ve Kollektor Verimi*. **Bahkesir Un.Iv. Muhendislik- Mimarlık Sempozyumu**

Ebeler, S. E., Breneman, C. A., Kim, G. S., Jewell, W. T., Webb, M. R., Chacon-Rodriguez, L., Macdonald, E. A., Cramer, A. C., Levi, A., Ebeler, J. D., Islas-Trejo, A., Kraus, A., Hinrichs, S. H. ve Clifford, A. J. (2002). *Dietary Catechins Delays Tumor Onset In Transgenic Mouse Model*. **Am J Clin Nutr**, 76, 865-872.

Eberhardt, M., Lee, C. and Liu, L. H. (2000). *Antioxidant Activity Of Fresh Apples*. **Nature**, 405, 903-904.

Edizer, Y. ve Bekar, T. (2007). *Tokat Merkez İlçede Yetiştirilen Bazı Yere Elma Çeşitlerinin Pomolojik ve Fenolojik Özelliklerinin Belirlenmesi*. **Ziraat Fakütesi Dergisi**, 24 (1), 1-8.

Edizer, Y. ve Güneş, M. (1997). *Tokat Yöresinde Yetiştirilen Yerel Elma Ve Armut Çeşitlerinin Bazı Pomolojik Özellikleri Üzerinde Bir Araştırma*. **Yumuşak Çekirdekli Meyveler Sempozyumu**, 53. Yalova.

Eitenmiller, R. and Lee, J. (2004). *Vitamin E: Food Chemistry, Composition, And Analysis*. Marcel Dekker, Inc, New York, Ny.

Ellefson, W., Lilla, Z. and Crowley, R. (2006). *Quantification And Evaluation Of Antioxidants In Food And Botanical Products, International Conference On Nutraceuticals And Functional Foods*, November 5-8, Reno, Nevada.

Erdoğan, S. (2010). *Elma Posası Tozunun Antioksidan Aktivitesi İle Fenolik Bileşenleri Belirlenerek Ekmek Yapımında Kullanım Olanaklarının Araştırılması*. **Doktora Tezi**, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Ergüneş, G. ve Tarhan, S. (2006). *Color Retention Of Red Pepper By Chemical Pretreatments During Greenhouse And Open Sun Drying*. **Journal Of Food Engineering**.

- Erlund, I. (2004). *Review Of The Flavonoids Quercetin, Hesperetin, And Naringenin, Dietary Sources, Bioactivities, Bioavailability And Epidemiology*. **Nutrition Research** 24: 851–874.
- Escarpa, A. and Gonzalez, M. C. (1998). *High-Performance Liquid Chromatography With Diode-Array Detection For The Determination Of Phenolic Compounds In Peel And Pulp From Different Apple Varieties*. **Journal Of Chromatography A**, 823, 331-337.
- Fantel, A.G. (1996). *Reactive Oxygen Species In Developmental Toxicity: Review and Hypothesis*. **Teratology**, 53, 96–217.
- Fao, 2003. Food Agriculture Organization Of The United Nations. Faostat Database, [Http: // Www.Fao.org](http://www.fao.org), [Ziyaret Tarihi 21 Ocak 200711].
- Fenton, G. and Kennedy, M. (1998). *Rapid Dry Weight Determination Of Kiwifruit Pomace And Apple Pomace Using An Infrared Drying Technique*. **New Zealand Journal Of Crop And Horticultural Science**, 26: 35-38.
- Foo, L. and Lu, Y. (1999). *Isolation And Identification Of Procyanidins In Apple Pomace*. **Food Chemistry**, 64: 511-518.
- Foster-Powell, K. Holt Sha, Brand-Miller, Jc. (2002). *International Table Of Glycemic Index And Glycemic Load Values*. **American Journal Clinical Nutrition**, 76: 5–56
- Garcia, Y., Valles, B. and Lobo, A. (2009). *Analytical Methods Phenolic And Antioxidant Composition Of By-Products From The Cider Industry: Apple Pomace*. **Food Chemistry**, 117 731–738.
- Gardner, P., White, T., Mcphail, D. and Duthie, G. (2000). *The Relative Contributions Of Vitamin C, Carotenoids And Phenolics To The Antioxidant Potential Of Fruit Juices*. **Food Chem.**, 68: 471–474.
- Ghiselli, A., Serafini, M., Natella, F. and Scaccini, C. (2000). *Total Antioxidant Capacity As A Tool To Assess Redox Status: Critical View And Experimental Data*. **Free Radical Biol. Med.**, 29, 1106- 1114.

- Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, <http://www.tarim.gov.tr>, 2015
- Golding, J., Mcglasson, W., Wyllie, S. and Leach, D. (2001). *Fate Of Apple Peel Phenolics During Cool Storage*. **J. Agric. Food Chem.**, 49: 2283-2289.
- Gökpinar, Ş., Koray, T., Akçiçek, E., Göksan, T. ve Durmaz, Y. (2006). *Algal Antioksidanlar*, **E.Ü. Su Ürünleri Dergisi**, 23: 85-89.
- Gökşen, G. (2012). *Ak Saki ve Kara Saki Elmalrın Fenolşk Bileşenlerinin HPLC ile Analizi*. **Yüksek Lisans Tezi**, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Guo, C., Yang, J., Wei, J., Li, Y., Xu, J. and Jiang, Y. (2003). *Antioxidant Activities Of Peel, Pulp And Seed Fractions Of Common Fruits As Determined By Frap Assay*. **Nutrition Research**, 23: 1719–1726.
- Guyot, S., Le Bourvellec C, Marnet, N. and Drilleau, J. (2002). *Procyanidins Are The Most Abundant Polyphenols In Dessert Apples At Maturity*. **Lebensm.-Wiss. U.-Technol.**, 35,289–291.
- Guyot, S., Marnet, N., Sanoner, P., Drilleau, J. (2003). *Variability Of The Polyphenolic Composition Of Cider Apple (Malus Domestica) Fruits And Juices*. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, 51, 6240-6247.
- Gülyüz, M., Ercişli, S. ve Erkan, E. (2001). *Erzincan Ovasında Yetiştirilen Bazı Elma Çeşitlerinin Meyve Gelişimi Dönemlerinde Meydana Gelen Fiziksel Ve Kimyasal Değişimler İle Bunlar Arasındaki İlişkiler*. **Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.**, 32 (1), 51-59.
- Güngör, A. (1997). **Endüstriyel Kurutma Sistemleri Kongre-Teskon97**
- Gürel, H. B. (2010). *Ordu Merkez İlçede Yetişen Elma (Malus Communis L.) Tiplerin Fenolojik, Pomolojik Ve Morfolojik Özellikleri*. **Yüksek Lisans Tezi**, Ordu Üniv. Fen Bil. Ens., Ordu, 99 S.



- Haffner, K., Baugherod, H., Andersen, L., Moskaug, J., Jacobs, D. and Blomhoff, R. (2002). *A Systematic Screening Of Total Antioxidants In Dietary Plants*. **Journal Of Nutrition**, 132: 461-471.
- Halliwell, B. and Gutteridge, J.M.C. (1984). *Oxygen Toxicity, Oxygen Radicals, Transition Metals And Disease*. **Biochem. J.**, 219, 1-14.
- Halliwell, B., Aeschbach, R., Löliger, J. and Aruoma, O. I. (1995). *The Characterization Of Antioxidants*. **Food And Chemical Toxicology**, 33, 601-617.
- Halliwell. (1999). *Antioxidant Defence Mechanisms: From The Beginning To The End (Of The Beginning)*. **Free Radic. Res.**, 31, 261-272.
- Halliwell, B. (1997). *Antioxidant And Human Disease: A General Introduction*. **Nutr. Rev.** 55(1),44-52.
- Halliwell, B. and Gutteridge, J. M. C. (1989). *Oxygen Radicals And Singlet Oxyge*. **Free Radicals In Biology And Medicine**, Oxford, Clarendon., 93-109.
- Hanson, S.W.F. (1961). *The Accelerated Freeze-Dryings (Afo) Method Of Food Preservation*. **London King Research Center**.
- Harborne, Jb. and Williams, C. (2000). *Advances In Flavonoid Research Since*. **Phytochem.**, 55: 481–504.
- Hassimotto, N., Genovese M., Lajolo, F. (2005). *Antioxidant Activity Of Dietary Fruits, Vegetables, And Commercial Frozen Fruit Pulps*. **J. Agric. Food Chem.**, 53: 2928- 2935.
- Hayase, F., Hirashima, S., Okamoto, G., Kato, H. (1989). *Scavenging of active oxygen by melanoidins*. **Agricultural Biology and Chemistry**, 53: 3383-3385.
- Hebbar, H. and Rostagi, N. (2001). *Mass Transfer During Infrared Drying Of Cashew Kernel*. **Journal Of Food Engineering**, 47: 1–5.

- Hebbar, H., Vishwanathan, K.H. ve Ramesh, M.N. (2004). *Development Of Combined Infrared And Hot Air Dryer For Vegetables*. **Journal Of Food Engineering**, 65, 557-563
- Henderson, S.M. (1974). *Progress In Developing The Thin Layer Drying Equation*. **Transactions Of The Asae**, 1167-1172.
- Herrmann, K., (1976). *Flavonols And Flavones In Food Plants:A Review*. **Journal Of Food Technology**, 11, 433.
- Hertog, M. G. L., Hollman, P. C. H. And Van De Putte, B. (1993a). *Content Of Potentially Anticarcinogenic Flavonoids Of Tea Infusions, Wines, And Fruit Juices*, **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, 41, 1242-1246.
- Hertog, M. Hollman, P. Katan, M. (1992). *Content Of Potentially Anticarcinogenic Flavonoids Of 28 Vegetables And 9 Fruits Commonly Used In The Netherlands J Agric. Food Chemistry*, 40: 2379- 2383.
- Hertog, M., Feskens, E., Hollman, P., Katan, M. ve Kromhout, D. (1999). *Dietary Antioxidant Flavonoids And Risk Of Coronary Heart Disease. The Zutphen Elderly Study*. *Lancet*, 342 (8878): 1007–11.
- Heybeli, N. ve Ertekin, C. (2007). *Elma Dilimlerinin İnce Tabaka Halinde Kuruma Karakteristiği*. **Tarım Makinaları Bilim Dergisi**, 3 (3), 179-187.
- Huang, D., Ou, B. and Prior, R.L. (2005). *The Chemistry Behind Antioxidant Capacity Assays*. **Journal Of Agriculture Food Chemistry** 53:4303-4310
- Huang, L., Zhang, M., Yan, Wq., Mujumdar, As. and Sun, Df. (2009). *Effect Of Coating On Postdrying Of Freeze-Dried Strawberry Pieces*. **Journal Of Food Engineering**, 92: 107–111
- Hudson, B. J. (1990). *Food Antioxidants*. **USA:Elsevier Science**.
- Husain, A., Chen, C.S., Clayton, J.T. and Whitney, L. F. (1972). *Mathematical Simulation Of Mass And Heat Transfer In High Moisture Foods*. **Transactions Of The Asae**, 732-736

Hvattum, E., Halvorsen, B., Holte, K., Myhrstad, M., Barikmo, I., Remberg, S., Wold, A., Haffner, K., Baugerod, H., Andersen, L., Moskaug, J., Jacobs, D. and Blomhoff, R. (2002). *A Systematic Screening Of Total Antioxidants In Dietary Plants*. **Journal Of Nutrition**, 132: 461-471.

Iglesias, I., Echeverría, G. and Lopez, M. L. (2012). *Fruit Color Development, Anthocyanin Content, Standard Quality, Volatile Compound Emissions And Consumer Acceptability Of Several 'Fuji'apple Strains*. **Scientia Horticulturae**, 137, 138-147.

*Influences Of Drying And Storage Of Lycopene- Rich Carrots On The Carotenoid Content*. **Drying Technology**, 23, 989–998.

Işıksoluğu, K. (2001). *Flavonoidler*. **Flavonoidler ve Sağlık**. Damla Matbaacılık: Ankara, 86-100

Jakopic, J., Veberic, R. and Stampar, F. (2007). *The Effect Of Reflective Foil And Hail Nets On The Lighting, Color And Anthocyanins Of 'Fuji'apple*. **Scientia Horticulturae**, 115(1), 40-46.

Joslyn, M.S., Maynard, A., and Heid, J.I. (1975). *Fundamentals Of Food Processing Operations Ingredients Methods And Packaging*. **The Avı Publishing Company, Inc West Port Connecticut**.

Kingsly, A. R. P., Singh, D. B., Manikantan, M. R., and Jain, R. K. (2006). *Moisture Dependent Physical Properties Of Dried Pomegranate Seeds (Anardana)*. **Journal Of Food Engineering**, 75:492-496.

Karaaslan, S. (2008). *Sebze Ve Endüstri Bitkilerinin Mikrodalgayla Kurutulması Üzerine Çalışmalar*. **Doktora Tezi**, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Karademir, R. Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M. ve Altun, M. (2005). *Total Antioxidant Capacity Assay Of Human Serum Using Copper(I)-Neocuproine As Chromogenic Oxidant: The Cuprac Method*. **Free Radical Res.**, 39, 949-961.

- Karademir, S. E. (2005). *Bazı Polifenolik Bileşiklerin Antioksidan Aktivitelerinin Tayini, İstanbul Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, İstanbul
- Karadeniz, F. ve Eksi, A. (2001). *Elma Suyunda Fenolik Madde Dağılımı Üzerine Arastırma. Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(3): 135-141.
- Karadeniz, F., Burdurlu, H., Koca, N., and Soyer, Y. (2005). *Antioxidant Activity Of Selected Fruits And Vegetables Grown In Turkey*. Halvorsen, B., Holte, K., Myhrstad, M., Barikmo, I., Hvattum, E., Remberg, S. and Wold, A. **Turk Journal Agricultural For.** 29: 297-303.
- Karadeniz, T., Gökalp, G. Ve Kabay, T. (1996). *Ulus Ve Maden Çevresinde Yetiştirilen Mahalli Elma Çeşit Ve Tipleri Üzerinde Pomolojik Ve Morfolojik Çalışmalar*. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, 6(2); 115-125.
- Karlıdağ, H. ve Eşitken, A. (2006). *Yukarı Çoruh Vadisinde Yetiştirilen Elma Ve Armut Çeşitlerinin Bazı Pomolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. Y.Y.Ü.Z.F. Tarım Bilimleri Dergisi*, 16(2), 93-96 Van.
- Kaska, N., Güteryüz, M., Kaplankıran, M., Kafkas, S., Ercişli, S., Eştken, A., Aslantas, R., Akçay, E. (2007). *Türkiye Meyveciliginde Üretim Hedefleri*, www.zmo.org.tr, 12.01.2007.
- Kaur, C. and Kapoor, H.C. (2002). *Anti-Oxidant Activity And Total Phenolic Content Of Some Asian Vegetables. Inter. J. Food Sci. And Tech.*, 37, 153-161.
- Kavak-Akpınar, E. ve Biçer, Y. (2003). *Modeling And Experimental Study On Drying Of Apple Slices In A Convection Cyclone Dryer. Journal Of Food Process Engineering* 26, 515-541
- Kawaii, S., Tomono, Y., Katase, E., Ogawa, K. and Yano, M. (1999). *Quantitation Of Flavonoid Constituents In Citrus Fruits. J. Agric. Food Chem.*, 47: 1365-3571
- Kazankaya, A., Yonar, Y., Başer, S., Doğan, A., Çelik, F. ve Yaviç, A. (2009). *Erciş Ve Muradiye Yörelerinde Doğal Olarak Yetişen Mahalli Elma Çeşitlerinin*

*Bazı Meyve Ve Ağaç Özellikleri. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2 (2):89-94, Karaman.

Keskin, H. Ve Erkmen, G. (1987). *Besin Kimyası* (5. Baskı),Güryay Matbaacılık, İstanbul.

Kevers, C., Pincemail, J., Tabart, J., Defraigne, J. O. and Dommes, J. (2011). *Influence Of Cultivar, Harvest Time, Storage Conditions, And Peeling On The Antioxidant Capacity And Phenolic And Ascorbic Acid Contents Of Apples And Pears. Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 59(11), 6165-6171.

King, A. and Young, G. (1999). *Characteristics And Occurrence Of Phenolic Phytochemicals. Journal Of The American Dietetic Association*, 99:213-218

Kingsly, A. R. P., Singh, D. B., Manikantan, M. R., and Jain, R. K. (2006).

Kondo, S., Tsuda, K., Muto, N. and Ueda, J. (2002). *Antioxidative Activity Of Apple Skin Or Flesh Extracts Associated With Fruit Development On Selected Apple Cultivars. Scientia Hortuculturae*, 96: 177-185.

Köksal, G. (2008). *Şeftali Meyvesinde Fenolik Madde Dağılımı Ve Pulpa İşleme Sırasında Değişimi. Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

Krbeček, L., Inglett, G., Holik, M., Dowling, B., Wagner, R. and Riter, R. (1968). *Dihydrochalcones. Synthesis Of Potential Sweetening Agents J. Agric. Food Chem.*, 16: 108–112.

Küçük, M., Kolaylı, S., Karaoğlu Ş.A., Şahinbaş, E., Baltacı, C. (2007). *Biological activities of three different Turkish honey. Food Chemistry*, 100: 526- 534

Küçükkömürler, S. Ve Karakuş, S., Ş. (2009). *Elma Ve Sağlık. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 2 (1):183-186.Content: Year And Cultivar Variation. Journal Of Agricultural And Food Chemistry*,55(3), 663-671.

- Küden, A., Kaşka, N., Sırış, Ö. ve Gülen, H. (1997). **Elma Çeşit Denemeleri. Yumuşak Çekirdekli Meyveler Sempozyumu**, 13-20. 2-5 Eylül, Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yalova.
- Lakenbrink, C., Lapczynski, S., Maiwald, B. and Engelhardt, U. (2000). *Flavonoids And Other Polyphenols In Consumer Brews Of Tea And Other Caffeinated Beverages*. **J. Agric. Food Chem.**, 48: 2848-2852.
- Lee, K., Kim, Y., Kim, D., Lee, H. and Lee, C. (2003). *Major Phenolics In Apple And Their Contribution To The Total Antioxidant Capacity*. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, 51, 6516-6520.
- Lee, K., Kim, Y., Kim, D., Lee, H. ve Lee, C. (2003). *Major Phenolics In Apple And Their Contribution To The Total Antioxidant Capacity*, **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, 51, 6516-6520.
- Leja, M., Mareczek, A. and Ben, J. (2003). *Antioxidant Properties Of Two Apple Cultivars During Longterm storage*. **Food Chemistry**, 80 303–307.
- Leong, L. P. and Shui, G. (2002), *An Investigation Of Antioxidant Capacity Of Fruits In Signapore Markets*. **Food Chemistry**, 76, 69-75.
- Leontowich, M., Gorinstein, S., Leontowich, H., Krezeminski, R., Lojek, A., Katrich, E., Ciz, M., Martin-Belloso, O., Solivafortuny, R., Haruenkit, R. ve Trakhtenberg, S. (2003). *Apple And Pear Peel And Pulp And Their Influences On Plasma Lipids And Antioxidant Potential In Rats Fed Cholesterol-Containing Diets*. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, 51, 5780-578
- Liggins, J., Bluck, Jc., Runswick, S., Atkinson, C., Coward, W. and Bingham, S. (2000). *Daidzein And Genistein Contents Of Vegetables*. **British Journal Of Nutrition**, 84: 717-725.
- Lister, C., Lancaster, J. and Sutton, K. (1994). *Developmental Changes In The Concentration And Composition Of Flavonoids In Skin Of A Red And A Green Apple Cultivar*. **J. Sci. Food Agric.**, 64: 155-161.

- Lommen, A., Godejohann, M., Venema, D., Hollman, P. and Spraul, M. (2000). *Application Of Directly Coupled Hplc-Nmr-Ms To The Identification And Confirmation Of Quercetin Glycosides And Phloretin Glycosides In Apple Peel.* **Anal. Chem.**, 72:1793-1797.
- Lotito, S. and Frei, B. (2004). *Relevance Of Apple Polyphenols As Antioxidants In Human Plasma: Contrasting In Vitro And In Vivo Effects.* **Free Radical Biology & Medicine**, 36 (2): 201 – 211.
- Lu, Y. and Foo, L. (1997). *Identification And Quantification Of Major Polyphenols In Apple Pomace.* **Food Chem.**, 59:187–194.
- Lu, Y. and Foo, L. (1998). *Constitution Of Some Chemical Components Of Apple Seed.* **Food Chemistry**, 61: 29-33.
- Lu, Y. and Foo, L. (2000). *Antioxidant And Radical Scavenging Activities Of Polyphenols From Apple Pomace.* **Food Chemistry**, 68: 81-85.
- Luby, J. (2009). **Botany, Production And Uses.** Taxonomic Classification And Brief History, Apples Ferree Dc, Warrington Ij.(Edit) Cabl Publishing, Cambridge, 1-11.
- Magalhaes, L.M., Segundo, M.A., Reis, S., Lima, J.L.F.C. (2008). *Methodological Aspects About In Vitro Evaluation Of Antioxidant Properties.* **Anal. Chim. Acta.**, 613;1-19.
- Manach, C. and Donovan, J. (2004). *Pharmacokinetics And Metabolism Of Dietary Flavonoids In Humans.* **Free Radic. Res.**, 38: 771–785.
- Mazur, W., Duke, J., Wahala, K., Rasku, S. and Adlercreutz, H. (1998). *Isoflavonoids And Lignansin Legumes: Nutritional And Health Aspects In Humans.* **Nutritional Biochemistry**, 9:193–200.
- Mccord, J. M. (1993). *Human Disease, Free Radicals And The Oxidant/Antioxidant Balance,* **Clin. Biochem.**, 26, 351- 357.

- Meier, R. (1985). **Fruit And Vegetable Processing, Vegetable Dehydration. Food.** 23- 25.62
- Menges, H., O. ve Aydın, C. (2000). *Konya Bölgesinde Yetistirilen Stanley Çeşidi Eriklerin Sıcak Hava İle Kurutulmasında Kuruma Üzerine Etki Eden Faktörler. Tarımsal Mekanizasyon 19. Ulusal Kongresi*, 324-331, 1-2 Haziran 2000, Erzurum.
- Mengeş, H., Ertekin, C. ve Aydın C. (2005). *Elma Dilimlerinin Konveksiyonla Kurumasına Uygun Kuruma Modelinin Belirlenmesi. Tarım Makinaları Bilim Dergisi*, 1(3), 229-236.
- Meram, İ. Köylüoğlu, O. ve Tarakçioğlu, M. (2001). *E Vitamini ve Klinik Önemi. İbniSina Tıp Dergisi* 2, 66-72.
- Miller, N. J. and Rice-Evans, C. A. (1997). *The Relative Contributions Of Ascorbic Acid And Phenolic Antioxidants To The Total Antioxidant Activity Of Orange And Apple Fruit Juices And Blackcurrant Drink, Food Chemistry.* 60 , 331-337.
- Miller, N. J. and Rice-Evans, C. A. (1996). *The Relative Contributions Of Ascorbic Acid And Phenolic Antioxidants To The Antioxidant Activity Of Orange And Apple Fruit Juices And Blackcurrant Drink. Food Chemistry*, 60, 331-337
- Moisture Dependent Physical Properties Of Dried Pomegranate Seeds (Anardana). Journal Of Food Engineering*, 75:492-496.
- Molyneux, P. (2004). *The Use Of The Stable Free Radical Diphenylpicrylhydrazyl (Dpph) For Estimating Antioxidant Activity, Songklanakarın J. Sci. Technol.*, 26 (2), 211- 219.
- Mot, C.A., Dumitrescu, S.R. and Sarbu, C. (2011). *Rapid And Effective Evaluation Of The Antioxidant Capacity Of Propolis Extracts Using Dpph Bleaching Kinetic Profiles, Ft-Ir And Uv-Vis Spectroscopic Data. Journal Of Food Composite And Analysis*, 24:516-522.



- Naczek, M. and Shahidi, F. (2004). **Extraction And Analysis Of Phenolics In Food. J. Chromatography A**, 1054, 95-111.
- Nasıroğlu, Ş. (2007). *Kırmızı Biber, Elma Ve Pırasanın Kurutulmasında İnfrared Kurutma Tekniğinin Kullanılması. Yüksek Lisans Tezi*, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Nishikimi, M. (1975). *Biosci. Biophys. Res. Commun.*, 63, 463 Wheeler, G. L., Jones, M. A. and Smirnoff, N. (1998). *The Biosynthetic Pathway Of Vitamin C In Higher Plants. Nature*, New York-Basel, 0-8247-0547-5393, 365-369,.
- Nicholas, J. J., Richard Forget, F. C., Goupy, P. M., Amiot, M. J. ve Aubert, S. Y. (1994). *Enzymatic Browning Reactions In Apple And Apple Products, Crit. Rev. Food Sci.*, 34, 109-157.
- Nordberg, J. and Arnér, E.S.J. (2001). *Reactive Oxygen Species, Antioxidants, And The Mammalian Thioredoxin System. Free Radical Biol. Med.*, 31, 1287–1312.
- Nowak, D. ve Lewicki, P. P. (2004). *Infrared Drying Of Apple Slices. Innovative Food Science And Emerging Technologies* 5, 353-360.
- Oliveira, P. A., Pereira, J. A., Andrade, P. B., Valenta, P., Seabra, M. R. and Silva, B. M. (2008). *Organic Acids Composition Of Cydonia Oblonga Miller Leaf. Food Chemistry*, 111,393-399.
- Ögel, B. (1985). **Meyveler**. Türk Kültür Tarihine Giriş Iı. Kültür ve Turizm Bankalığı Yayınları. Ankara. S:279-322.
- Özay, G., Pala, M. Ve Saygı, B. (1993). *Bazı Gıdaların Su Aktivitesi Yönünden İncelenmesi. TÜBİTAK*, Marmara Araştırma Merkezi, 18(6), 377-383.
- Özgen, M. ve Tokbaş, H. (2007). *Işıklanma Ve Meyve Dokusunun Amasya Ve Fuji Elmalarında Antioksidan Kapasitesine Etkisi. Gazi Osmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2): 1-5.

- Özkan, Y. ve Celep, C. (1995). *Tokat İlinde Yetistirilen Yerel Elma Çesitlerinin Pomolojik Özellikleri Üzerine Bir Arastırma*. *Goü Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12/1: 8-14, Tokat.
- Öztekin, S., Bastencelik, A. ve Soysal, Y. (1999). *Crop Drying Programme İn Turkey*. **Renewable Energy**, 16, 789-794.
- Öztürk, I., Bastaban, S., Ercisli, S. and Kalkan, F. (2010). *Physical And Chemical Properties Of Three Late Ripening Apple Cultivars*. **International Agrophysics**, 24(4), 357-361.
- Öztürk, M., (2008). *Micromeria Ciliuca Ve M. Juliana Türlerinde Antioksidan Bileşiklerin Hplc İle Analizi Ve Yapılarının Aydınlatılması*. İstanbul
- Öztürkci, C. (2007). *Erzincan Yöresinde Yetişen Sakkı Elmalarının Seleksiyonu*. **Yüksek Lisans Tezi**, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Özyürek, M., Güçlü, K. ve Apak R. (2011). *The Main And Modified Cuprac Methods Of Antioxidant Measurement*. *Trends İn Analy. Chem.*, Vol:30, 4:652-664
- Pearson, D., Tan, C., German, J., Davis, P. and Gershwin, M. (1999). *Apple Juice İnhibits Human Low Density Lipoprotein Oxidation*. **Life Sci.**, 64: 1913–1920.
- Peckenpaugh, Nj. ve Poleman, Cm. (2003). *Nutrition Essentials And Dieth Therephy*. Elsevier, Philadelphia.
- Pellegrini, N., Serafini, M., Colombi, B., Del Rio, D., Salvatore, S., Bianchi, M. and Brighenti, F. (2003). *Total Antioxidant Capacity Of Plant Foods, Beverages And Oils Consumed İn Italy Assessed By Three Different In Vitro Assays*. **J. Nutr.**, 133: 2812-2819.
- Peng, Y., Liu, F., Peng, Y. and Jiannong, Y. (2005). *Determination Of Polyphenols İn Apple Juice And Cider By Capillary Electrophoresis With Electrochemical Detection*. **Food Chemistry**, 92, 169-175.

- Peterson, J. and Dwyer, J. (1998). *Flavonoids: Dietary Occurrence And Biochemical Activity*. **Nutrition Research**, 18: 1995-2018.
- Petkovsek, M. M., Stampar, F. and Veberic, R. (2007). *Parameters Of Inner Quality Of The Apple Scab Resistant And Susceptible Apple Cultivars (Malus Domestica Borkh.)*. **Scientia Horticulturae**, 114(1), 37-44.
- Petkovsek, M., Usenik, V. and Stampar, F. (2003). *The Role Of Chlorogenic Acid In The Resistance Ofapples To Apple Scab (Venturia Inaequalis (Cooke) G. Wind. Aderh.)*. **Zb. Bioteh. Fak. Univ. Ljublj. Kmet**, 81: 233–242.
- Planchon, V., Lateur ,M., Dupont, P. and Lognay, G. (2004). *Ascorbic Acid Level Of Belgian Apple Genetic Resources*. **Scientia Horticulturae**. 100: 51-61.
- Prior, R.L. and Cao, G. (1999). *In Vivo Total Antioxidant Capacity: Comparison Of Different Analytical Methods*, **Free Radical Bio. Med.**, 27, 1173–1181.
- Prior, R.L., Wu, X. and Karen S. (2005). *Standardized Methods For The Determination Of Antioxidant Capacity And Phenolics In Food And Dietary Supplements*. **Journal Of Agriculture. Food Chemistry**, 53:4290-4302.
- Regier, M., Mayer-Miebach, E., Behsnilian, D., Neff, E. ve Schuchmann, H.P. (2005).
- Reinders, R., Biesterveld, S. and Bijker, P. (2001). *Survival Of Escherichia Coli O157:H7 Atcc 43895 In A Model Apple Juice Medium With Different Concentrations Of Praline And Caffeic Acid*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 67: 2863–2866
- Reiter, R, J. (1998). **Oxidative Damage In The Central Nervous System: Protection By Melatonin Progress In Neurobiology**, 56, 359-384.
- Rhee, S.G. (1999). **Redox Signaling: Hydrogen Peroxide As Intracellular Messenger**. *Exp. Mol. Med.*, 31, 53-59.
- Rice-Ivens, C. A., Miller, N. J.and Paganga, G. (1997). *Antioxidant Properties Of Phenolic Compounds*. **Trends In Plant Science**, 2, 152-159.

- Robards, K., Prenzler, P., Tucker, G., Swatsitang, P. and Glover, W. (1999). *Phenolic Compounds And Their Role In Oxidative Processes In Fruits*. **Food Chemistry**, 66: 401–436.
- Saçılık, K. ve Eliçin, A.K. (2006). *The Thin Layer Drying Characteristics Of Organic Apple Slices*. **Journal Of Food Engineering**, 73(3) 281-289.
- Sahbaz, F. (1994). *Hava Akıs Hızı Ve Sıcaklığın Patatesin Kuruma Hızına Etkisi*. **J. Of Engineering And Environmental Sciences**, Cilt: 18, Sayfa: 163–168.
- Sanchez-Moreno, C. (2002). *Review. Methods used evaluate the free radical scavenging activity in biological systems*. **Food sci. Tech. Int.**, 8(3): 121-137.
- Sarsılmaz, C., Yıldız, C. ve Biçer, Y. (2000). *Drying Of Apricots In A Rotary Column Cylindrical Dryer (RCCD) Supported With Solar Energy*. **Renewable Energy**, 117-127.
- Sebze Ve Meyve Kurutulmasında Güneş Enerjisi Destekli Döner Sütunlu Silindirik Kurutucu Dizaynı*. **Termodinamik**. 70, 74–83.
- Sawa, T., Nakao, M., Akaike, T., Ono, K. ve Maeda, H. (1999). *Alkylperoxyl Radical Scavenging Activity Of Various Flavonoids And Other Phenolic Compounds; Implications For The Anti-Tumor Promoter Effect Of Vegetables*. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, 47, 397-402.
- Scalzo, R.L. (2008). *Organic Acids Influence On Dpph Scavenging By Ascorbic Acid*, **Food Chem.**, 107, 40–43.
- Schieber, A, Hilt, P, Streker, P., Endre, H., Rentschler, C. and Carle, R. (2003). *A New Process For The Combined Recovery Of Pectin And Phenolic Compounds From Apple Pomace*. **Innovative Food Sci. Emerging Technol.**, 4: 99–107.
- Schieber, A., Keller, P. And Carle, R. (2001b). *Determination Of Phenolic Acids And Flavonoids Of Apple And Pear By High-Performance Liquid Chromatography*. **Journal Of Chromatography A**, 910: 265–273.

- Schieber, A., Stintzing, F. and Carle, R. (2001a). *By-Products Of Plant Food Processing As A Source Of Functional Compounds Recent Developments. Trends In Food Science & Technology*, 12: 401–413.
- Shahidi, F. (1996). *Natural Antioxidants, Chemistry, Health Effects and Applications*, Aocs Press, Campaign, Illinois
- Sharma, Gp., Verma, R. and Pathare, P. (2005). *Thin-Layer Infrared Radiation Drying Of Onion Slices. Journal Of Food Engineering*, 67: 361–366.
- Simonian, N, A. and Coyle, J. T. (1996). *Oxidative Stress In Neuro Degenerative Diseases. Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.*, 36, 83-106.
- Somogyi, A., Rosta, K., Pusztai, P., Tulassay Z. and Nagy, G. (2007). *Antioxidant Measurements, Physiol. Meas.*, 28, R41–R55.
- Song, O. (2004). *Oxidative Stress: A Theoretical Model Or Biological Reality?. C. R. Biologies.*, 327, 649-662.
- Soysal, Y. (2004). *Microwave Drying Characteristic Of Parsley. Biosystems Engineering*, 89:(2)167-173.
- Spanos, G., Wrolstad, R. (1992). *Phenolics Of Apple, Pear, And White Grape Juices And Their Changes With Processing And Storage-A Review. J. Agric. Food Chem.*, 40: 1478-1487.
- Stracke, B., Rufer, C., Weibel, F., Bub, A. and Watzl, B. (2009). *Three-Year Comparison Of The Polyphenol Contents And Antioxidant Capacities In Organically And Conventionally Produced Apples (Malus Domestica Bork. Cultivar 'Golden Delicious')*. *J. Agric. Food Chem.*, 57: 4598–4605.
- Sun, J., Chu, Y., Wu, X., Liu, R. H. (2002). *Antioxidant And Antiproliferative Activities Of Common Fruits. Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 50, 7449-7454.
- Sun, J., Hu, X., Zhao, G., Wu, J., Wang, Z., Chen, F. and Liao, X. (2007). *Characteristics Of Thin-Layer Infrared Drying Of Apple Pomace With And*

*Without Hot Air Pre-Drying. Food Science And Technology International*, 13: 91-97.

Şenyurt, M., Kalkışım, Ö. ve Karadeniz, T. (2015). *Gümüşhane Yöresinde Yetiştirilen Bazı Sandart Ve Mahalli Elma Çeşitlerrnin Pomolojik Özellikleri. Akademik Ziraat Dergisi*, 4(2), 59-64.

Tarhan, S., Ergüneş, G., Güneş, M.ve Mutlu, A. (2009). *Farklı Kurutma Koşullarının Amasya Elmasının Kuruma Süresi Ve Kalitesi Üzerine Etkisi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2(2): 1-6.

Temple, J. N. (2000). *Antioxidants And Disease: More Question Than Answers. Nutrition Research*, 20,449-459.

Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L. and Byrrec, L. (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

Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L. and Byrrec, L. (2006). *Comparison Of Abts, Dpph, Frap, And Orac Assays For Estimating Antioxidant*

The Netherlands. Bernonville, T., Guyot, S., Paulin, J., Gaucher, M., Loufrani, L., Henrion, D., Derbre. S., Guilet, D., Richomme, P., Dat, J. and Brisset, M. (2010). *Phytochemistry* 71: 443–452.

Togrul, T. (2001). *Kurutmada Konik Yogunlastırıcılı Bir Günes Enerjisi Sisteminin Kullanılması. Doktora Tezi*, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı.

Toğrul, H. (2006). *Suitable Drying Model For Infrared Drying Of Carrot. Journal Of Food Engineering*, 77, 610-619.

Tomás-Barberán, F. and Clifford, M. (2000). *Flavanones, Chalcones And Dihydrochalcones Nature, Occurrence And Dietary Burden. Sci Food Agric.*, 80:1073-1080.

- Topbaş, M.A. (1992). **Endüstri Fırınları Kitabı**. Yıldız Tek.Un.
- Tsao, R., Yang, R., Xie, S., Sockovie, S. and Khanizadeh, S. (2005). *Which Polyphenolic Compounds Contribute To The Total Antioxidant Activities Of Apple*. **J. Agric. Food Chem.**, 53: 4989–4995.
- Tubaro, F., Ghiselli, A., Papuzzi, P., Maiorino, M. and Ursini, F. (1998). *Analysis Of Plasma Antioxidant Capacity By Competition Kinetics*, **Free Radical Biology Medicine**, 24, 1228-1234.
- Tural S. ve Koca I. (2008). *Physico-Chemical And Antioxidant Properties Of Cornelian Cherry Fruits (Cornus mas L.) Grown In Turkey*. **Sci. Horticulturae** 116:362-366.
- Türkoğlu, A., Duru, M.E., Mercan, N., Kıvrak, G. and Gezer, K. (2006). *Antioxidant And Antimicrobial Activities Of Laetiporus Sulphureus (Bull.) Murrill*. **Food Chemistry**, 101 (1): 267-273
- Uslu, H. ve Erkan, M. (2005). *Sıcak Hava Uygulamalarının ‘Granny Smith’ Elmalarında Yüzeysel Kabuk Yanıklığı (Superficial Scald) Gelisimi Ve Derim Sonrası Fizyolojisi Üzerine Etkileri*, **Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 18 (1), 41-50.
- Valkonen, M. and Kuusi, T. (1997). *Spectrophometric Assay For Total Radical-Trapping Antioxidant Potential In Human Serum*. **Journal Of Lipid Research**, 38:823-833.
- Valles, S. B., Victorero, J. S., Alonso, J. J. M. and Gomis, D. B. (1994). *High-Performance Liquid Chromatography Of The Neutral Phenolic Compounds Of Low Molecular Weight In Apple Juice*. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, 42, 2732-2736.
- Van Der Sluis, A., Dekker, M., Skrede, G. and Jongen, W. (2002). *Activity And Concentration Of Polyphenolic Antioxidants In Apple Juice.I. Effect Of Existing Production Methods*, **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, 50, 7211-7219.

- Van Der Slui S, A., Dekker, M., De Jager, A., and Jongen, W.( 2001). *Activity And Concentration Of Polyphenolic Antioxidants In Apple: Effect Of Cultivar, Harvest Year, And Storage Conditions*. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, 49, 3606-3613.
- Van Der Sluis Aa, Dekker, M., Verkerk, R. and Jong W. (2000). *An Improved, Rapid In Vitro Method To Measure Antioxidant Activity. Application On Selected Flavonoids And Apple Juice*. **J. Agric. Food Chem.**, 48: 4116-4122.
- Van Der Sluis Aa. (2005). *A Chain Analysis Of The Production Of 'Healthy' Apple Juice. The Case Of Polyphenolic Antioxidants*. **Phd Thesis**, Wageningen University,
- Varming, C., Petersan, A., Toldam- Andersen ,B. (2013). *Ascorbic Acid Content In Danish Apple Cultivars And Commercial Apple Juices*. **Food Science Tecnology**. 54: 597-599.
- Versari, A., Biesenbruch, S., Barbanti, D. and Farnell, P. J. (1997). *Adulteration Of Fruit Juices : Dihydrochalcones As Quality Markers For Apple Juice Identification*. **Lebensm.-Wiss. U.-Technol.**, 30, 585-589.
- Vieira, F. G. K., Borges, G. D. S. C., Copetti, C., Amboni, R. D. D. M. C., Denardi, F. and Fett, R. (2009). *Physico-Chemical And Antioxidant Properties Of Six Apple Cultivars (Malus Domestica Borkh) Grown In Southern Brazil*. **Scientia Horticulturae**, 122(3), 421-425.
- Vinson, J.A., Su X., Zubik, L. ve Bose, P. (2001). *Phenol Antioxidant Quantity And Quality In Foods: Fruits*, **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, 49(11):5315–5321.
- Voutilainen, S., Nurmi, T., Mursu, J. and Rissanen, T.H. (2006). *Carotenoids And Cardiovascular Health*. **Am J Clin Nutr**, 83, 1265-1271.
- Vrhovsek, U., Rigo, A., Tonon, D. and Mattivi, F. (2004). *Quantitation Of Polyphenols In Different Apple Varieties*. **J. Agric. Food Chem.** 52: 6532–6538.



- Wang, J. and Sheng, K. (2006). *Far Infrared And Microwave Drying Of Peach*. **Lebensmittel-Wissenschaft Und-Technologie**, 39, 247-255.
- Wang, Z., Sun, J., Liao, X., Chen, F., Zhao, G., Wu, J. and Hu, X. (2007). *Mathematical Modeling On Hotair Drying Of Thin Layer Apple Pomace*. **Food Research International**, 40: 39–46.
- Wardlaw, Gm., Hampl, Js. ve Disilvestro, Ra. (2004). **Carbohydrates**. Perspectives In Nutrition. Mc Graw Hill: New York, 137-176.
- Wheeler, G. L., Jones, M. A. Ve Smirnoff, N. (1998). *The Biosynthetic Pathway Of Vitamin C In Higher Plants*. **Nature**, 393, 365-369.
- Weiss, S. J. (1986), *Oxygen, Ischemia And Inflammation*, *Acta Physiol. Scve*, 548,9-13
- Bilinski, T., Litwinska, J., Blaszczyński, M. and Verzej, B. (1989). *Süperoxide Dismutase Deficiency And The Toxicity Of The Products Of Auto Oxidation Of Poly Unsaturated Fatty Acid In Yeast*. **Biochimica Et Biophysica Acta.**, 1001, 102-106
- Wettasinghe, M. and Shahidi, F. (2000). *Scavenging Of Reactive Oxygen Species and Dpph Free Radicals By Extracts Of Borage And Evening Primose Meals*. **Food Chemistry**, 70, 17-26.
- Weyant, M., Carothers, A., Dannenberg, A. Ve Bertagnolli, M. (2001). *Catechin Inihbits İntestinal Tumor Formation And Suppresses Focal Adhesion Kinase Activation In The Min. Mouse*, **Cancer Res**, 61, 118-125
- Whitehead, T. P., Thorpe, G. H. G. and Maxwell, S. R. J. (1992). *Enhanced Chemiluminescent Assay For Antioxidant Capacity In Biological Fluids*. **Analytica Chimica Acta**, 266, 265-277.
- Wickens, A.P. (2001). *Ageing And Free Radical Theory*. **Respiration Physiology**, 128, 379–391.
- Winterbourn, C.C. (1995). **Toxicity Of Iron And Hydrogen Peroxide: The Fenton Reaction**. *Toxicol. Lett.*, 82–83, 969–974.

- Winston, G.W., Regoli, F., Dugas, A.J., Fong, J. H. and Blanchard, K.A. (1998). *A Rapid Gas Chromatographic Assay For Determining Oxiradical Scavenging Capacity Of Antioxidants Anf Biological Fluids*. **Free Radical Biology Medicinal**, 24:480-493.
- Wojdylo, A., Oszmianski, J. and Laskowski, P. (2008). *Polyphenolic Compounds And Antioxidant Activity Of New And Old Apple Varieties*. **J. Agric. Food Chem.**, 56; 6520–6530.
- Wolfe, K. and Liu, R. (2003). *Apple Peels As A Value-Added Food Ingredient*. **J. Agric. Food Chem**, 51: 1676-1683.
- Woodall, A.A. and Ames, B. N. (1997). *Diet And Oxidative Damage To Dna: The Importance Of Ascorbate As An Antioxidant*. **Vitamin C İn Health And Disease**, Markel Dekker, New York, 193-203.
- Wu, J., Gao, H., Zhao, L., Liao, X., Chen, F., Wang, Z. and Hu, X. (2007). *Chemical Compositional Characterization Of Some Apple Cultivars*. **Food Chemistry**, 103(1), 88-93.
- Yen, G. C. and Wu, J. Y. (1999). *Antioxidant And Radical Scavenging Properties Of Extracts From Ganoderma Tsugae*. **Food Chemistry**, 65,375-379.
- Yıldız, L. (2007). *Bazı Bitki Örneklerinde Antioksidan Kapasitenin Spektrofotometrik ve Kromatografik Tayini*. **Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul Üniversitesi.
- Yınrog, L., Foo, L. Y. (2000). *Antioxidant And Radical Scavenging Activities Of Polyphenols From Apple Pomace*. **Food Chemistry**, 68, 81-85.
- Zulueta, A., Esteve, M. J. and Frigola, A. (2009). *Orac And Teac Assays Comparison To Measure The Antioxidant Capacity Of Food Products*. **Food Chem.**, 114,310-316.

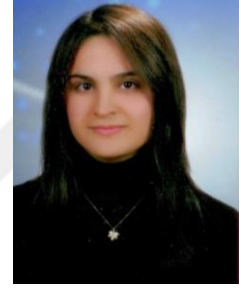
**EKLER**

**Ek 1** Farklı yöntemlerle kurutulan Yabani-Ekşi Elma (*Malus Sylvestris miller*)'nın Antioksidan ve Fenolik madde miktarına ait varyans çizelgesi

Varyans kaynağı (S.D=3)	Değişken	K.O	F
Tip	Toplam Fenolik Madde	23,131	2,468
	DPPH	65,660	50,575**
	FRAP	3170,661	140,536**
	CUPRAC	949,086	163,099**
	Betakaroten	527,729	134,428**

## ÖZGEÇMİŞ

**Kübra Güldemir**



1991 yılında Elazığ' da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Elazığ' da tamamladıktan sonra 2009 yılında Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. Elazığ İl Kontrol Laboratuvarı, Elazığ Elet Fabrikası ve İstanbul Elvan Çikolata ve Şeker Fabrikası'nda staj yaptı. 2013 yılında mezun oldu. 2013 yılında Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümü yüksek lisans eğitimine hak kazandı. Halen yüksek lisans eğitimine devam etmektedir. Yabancı dili İngilizcedir.