



**ANADOLU ÜNİVERSİTESİ**



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI  
ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü  
Kimya Mühendisliği  
Anabilim Dalı**

**FARKLI ÖN İŞLEMLERİN VE UYGULANAN FARKLI  
KURUTMA YÖNTEMLERİNİN ELMADA TOPLAM  
FENOL MİKTARI VE ANTİOKSİDAN AKTİVİTE  
ÜZERİNE ETKİLERİ**

**Banu YOKUŞ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Tez Danışmanı**

**Yrd. Doç. Dr. Alev AKPINAR BORAZAN**

**BİLECİK, 2014**

**Referans No: 10049360**



**ANADOLU ÜNİVERSİTESİ**



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI  
ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü  
Kimya Mühendisliği  
Anabilim Dalı**

**FARKLI ÖN İŞLEMLERİN VE UYGULANAN FARKLI  
KURUTMA YÖNTEMLERİNİN ELMADA TOPLAM  
FENOL MİKTARI VE ANTİOKSİDAN AKTİVİTE  
ÜZERİNE ETKİLERİ**

**Banu YOKUŞ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Tez Danışmanı**

**Yrd. Doç. Dr. Alev AKPINAR BORAZAN**

**BİLECİK, 2014**



**ANADOLU UNIVERSITY**



**BİLECİK SEYH EDEBALI  
UNIVERSITY**

**Institute of Science  
Chemical Engineering  
Department**

**EFFECTS OF DIFFERENT PRETREATMENTS AND  
IMPLEMENTED DRYING METHODS ON TOTAL  
PHENOLIC CONTENT AND ANTIOXIDANT ACTIVITY  
IN THE APPLE**

**Banu YOKUŞ**

**Master's Thesis**

**Thesis Advisor**

**Asst. Prof. Dr. Alev AKPINAR BORAZAN**

**BİLECİK, 2014**



BİLECİK ŞEYH EDEBALI  
ÜNİVERSİTESİ

BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS

JÜRİ ONAY FORMU

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 03/07/2014 tarih ve 31... sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 24/07/2014 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Banu YOKUŞ'un "FARKLI ÖN İŞLEMLERİN VE UYGULANAN FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN ELMADA TOPLAM FENOL MİKTARI VE ANTIOKSİDAN AKTİVİTE ÜZERİNE ETKİLERİ" başlıklı tez çalışması Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

### JÜRİ

ÜYE : Yrd. Doç. Dr. Alev AKPINAR BORAZAN  
(TEZ DANIŞMANI)

ÜYE : Doç. Dr. Berrin BOZAN

ÜYE : Yrd. Doç. Dr. Omca DEMİRKOL

### ONAY

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

## TEŐEKKÜR

Tezli Yüksek Lisans eğitimin boyunca bilgisinden faydalandığım, insani ve ahlaki değerleri ile de örnek edindiğim, yanında çalışmaktan onur duyduğum ve ayrıca tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı değerli hocam, sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Alev Akpınar BORAZAN' a,

Yüksek Lisans eğitiminin her aşamasında benimle yakından ilgilenen ve hiçbir zaman desteğini eksik etmeyen sayın hocam Doç. Dr. Çağlayan AÇIKGÖZ' e,

Göstermiş olduğu anlayıştan dolayı sayın hocam Öğr.Gör.Ferhat BORAZAN' a,

Yüksek Lisans'ta tanıdığım ve çok sevdiğim, her zaman yanımda olan ve olmasını istediğim arkadaşım Tevhide Derya ÇARIKÇI' ya,

Yüksek Lisans'a başladığım ilk günden bitirdiğim son güne kadar isteklerimi geri çevirmeyen Ebru İNHAN' a ve göstermiş olduğu sabırdan dolayı İNHAN ailesine,

Hayatımın her döneminde maddi ve manevi desteğini esirgemeyen ve her zaman benim yanımda olan babam Rıdvan YOKUŞ' a, benim için fazla fazla mesai yapan annem Semra YOKUŞ' a ve en büyük destekçim abim Kaan YOKUŞ' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Banu YOKUŞ

Haziran-2014

## ÖZET

Bu çalışma sağlık açısından önemli maddelerden fenolik maddelerin ve antioksidan aktivitenin korunduğu çerez gıda, elma cipsi üretimi amacıyla yapılmıştır. Hammadde olarak 2012 ve 2013 yılı hasadından temin edilen *Starking delicious*, *Lutz golden* türü elmalar kullanılmıştır. Her iki elma türüne ait numunelerin pH, kül, nem, protein, yağ miktarı, °Briks ve refraktif indeks tayin ve analizleri yapılmıştır. Araştırmada elma türününün, elma kabuğunun, daldırma çözeltisinin, kurutucu tipinin elma diliminin kuruma hızına etkisi belirlenerek, fenolik maddelerin ve antioksidan aktivite kaybının minimum olduğu süreç tasarlanmaya çalışılmıştır. Mikrodalga, Liyofilizatör ve Vakumlu kurutucu olmak üzere 3 farklı kurutucu araştırmada kullanılmıştır. Daldırma çözeltileri askorbik asit ve sitrik asit çözeltileriyle hazırlanmıştır.

Elma cipsi üretiminde elma türü, uygulanan ön işlemler ve seçilen kurutucu tipi ürün kalitesini, kurutma süresini ve maliyeti farklı oranlarda etkilemiştir. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre en hızlı kurutma Mikrodalga kurutucu ile sağlanmış, ancak fenolik madde ve antioksidan aktivite açısından en iyi kalite vakum kurutucu kullanımı ile elde edilmiştir. Fenolik maddelerin ve antioksidan aktivite kaybının en az olduğu vakum kurutucuda kuruma hızıda diğer iki yönteme göre kabul edilebilir olması nedeniyle kabuksuz 1:6 konsantrasyonda daldırma çözeltisi uygulanmış *Lutz golden* elmalar, cips üretimi için en uygun hammaddeyi oluşturmuştur. Yapılan analizlerde süreçte fenolik maddeler ve antioksidan aktiviteye göre en vasat ürünü kabuksuz *Starking delicious* ön işlemsiz Mikrodalga kurutma ile elde edilen elma cipsleri oluşturmuştur.

### **Anahtar Kelimeler**

Elma, Kurutma, Toplam Fenol miktarı, Antioksidan Aktivite, Mikrodalga, Liyofilizatör, Vakumlu Kurutucu

## ABSTRACT

The present study had been carried out in order to produce apple crisps where phenolic substances that are critical for health and antioxidant activity are maintained. In this study, *Starking delicious*, *Lutz golden* apples from 2012 and 2013 harvest had been used as raw material. For both of the apple types, pH, ash, humidity, protein, fat amount, °Briks and refractive index determinations and similar analyses had been carried out. In the study, the effects of the apple species, dipping solution, drier type on drying time of apple slice had been determined and tried to design a process where phenolic materials and antioxidant activity loss shall remain minimum. In the study, three different driers had been used, these are Microwave, Vacuum drier and Freeze driers. Dipping solutions had been prepared with ascorbic acid and citric acid solutions.

In apple crisps production, the apple type, pre-treatments applied, selected drier type is effecting the product quality, production time and costs in different ratios. According to the information obtained from the study, the fastest drying had been performed by microwave drier but the best quality in terms of phenolic substance and antioxidant activity had been ensured by use of freeze drier. Since the drying time in vacuum drier where phenolic substances and loss of antioxidant activity is the least, is acceptable when compared with the other two methods, *Lutz golden* apples without peel for which 1:6 dipping solution concentration applied was the most appropriate raw material for crisps production. In the analysis carried out, in terms of phenolic substances and antioxidant activity, the average product was the apple crisps produced by using *Starking delicious* without peel, dried in microwave without being subjected to pre-treatment.

### Key Words

Apple, Drying, Total Phenol Amount, Antioxidant Activity, Microwave, Freeze drier, Vacuum Drier

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. ELMA</b> .....	<b>3</b>
<b>3. FENOLİK BİLEŞİKLER</b> .....	<b>6</b>
3.1. Fenolik Asitler .....	<b>6</b>
3.1.1. Hidroksisünamik Asitler .....	<b>8</b>
3.1.2. Hidroksibenzoik Asitler .....	<b>8</b>
3.2. Flavonoidler (Flavan türevleri) .....	<b>8</b>
3.3. Fenolik Bileşiklerin Tayin Yöntemleri .....	<b>9</b>
3.3.1. Kromatografik yöntemler .....	<b>9</b>
3.3.1.1. Yüksek Basınç Sıvı Kromatografisi (HPLC).....	<b>9</b>
3.3.1.2. Gaz Kromatografisi (GC).....	<b>11</b>
3.3.1.3. Kapiler Elektroforez .....	<b>12</b>
3.3.2. Spektrofotometrik Yöntemler .....	<b>13</b>
3.3.2.1. Folin-Ciocalteu (FC) Yöntemi .....	<b>13</b>
3.3.2.2. 1,10-Fenantrolin Yöntemi .....	<b>14</b>
3.3.3. Enzimatik Yöntemler .....	<b>15</b>
3.3.4. Biyosensörük Yöntemler .....	<b>16</b>
<b>4. ANTİOKSİDAN</b> .....	<b>20</b>
4.1. Antioksidan Aktivite Tayin Yöntemleri.....	<b>21</b>
4.1.1. ORAC: Oksijen Radikali Absorplama Kapasitesi.....	<b>22</b>
4.1.2. TRAP: Toplam Radikal Kapanı Antioksidan Parametresi .....	<b>22</b>
4.1.3. TOCS: Toplam Oksidan Yakalama Aktivitesi .....	<b>23</b>
4.1.4. CL: Kemiluminesans (Chemiluminescence) .....	<b>23</b>

4.1.5. Krosin veya Beta Karoten Ağartma Metodu.....	24
4.1.6. LDL: Düşük Yoğunluklu Lipoprotein Oksidasyonu .....	26
4.1.7. FRAP: Demir (III) İndirgeyici Antioksidan Aktivite .....	26
4.1.8. CUPRAC: Bakır(II) İndirgeyici Antioksidan Aktivitesi .....	26
4.1.9. TEAC veya ABTS Metodu.....	27
4.1.10. DPPH Metodu .....	27
4.1.11. İndirgeme Potansiyeli Metodu .....	28
4.1.12. Linoleik Asit Emülsiyonu veya Demir-Tiyosiyanat Metodu.....	28
4.1.13. Metal Şelatlama Aktivitesi .....	29
<b>5. KURUTMA .....</b>	<b>30</b>
5.1. Kurutucuların Sınıflandırılması .....	31
5.1.1. Mikrodalga Teknolojisi .....	33
5.1.2. Vakumlu Kurutma.....	36
5.1.3. Dondurarak Kurutma (Liyofilizatör).....	37
5.1.4. İletim ile Kurutma .....	38
5.1.5. Taşınım ile Kurutma.....	38
5.1.5.1. Tünel Kurutucular .....	38
5.1.5.2. Tepsi ve Kabin Tipi Kurutucular .....	39
5.1.5.2. Döner Kurutucular .....	39
5.1.6. Sprey Kurutucular.....	40
5.1.7. Akışkan Yataklı Kurutma.....	42
5.1.8. Alevli (flaş) Kurutma.....	42
5.2. Kuruma Hızını Etkileyen Faktörler.....	43
5.2.1. Sıcaklık.....	44
5.2.2. Kurutma Havaasının Hızı.....	44
5.2.3. Kurutulan Gıdanın Yüzey Alanı.....	45
5.2.4. Ortamın Nem İçeriği.....	46
5.2.5. Uygulanan Ön İşlemler .....	47
5.2.5.1. Kükürtleme.....	48
5.2.5.2. Alkali Çözelti Uygulaması.....	49
5.2.5.3. Haşlama .....	49

5.2.5.4. Tuzlama .....	50
5.2.5.5. Değişik Çözeltilerin Uygulanması .....	51
5.2.6. Gıdanın Bileşimi.....	51
5.3. Kurutma Sırasında Meydana Gelen Başlıca Değişiklikler .....	52
5.3.1. Fiziksel Değişiklikler.....	52
5.3.1.1. Çözünür Madde Göçü.....	53
5.3.1.2. Kabuk Oluşumu .....	53
5.3.1.3. Yapıda Büzülme ve Çekme .....	53
5.3.1.4. Kitle Yoğunluğunda Değişmeler .....	54
5.3.1.5. Kurutma Sırasında Oluşan Boyut ve Şekil Değişiklikleri .....	55
5.3.1.5. Rehidrasyon Kapasitesi.....	55
5.3.2. Kimyasal Değişiklikler.....	56
<b>6. LİTERATÜR BİLGİSİ.....</b>	<b>58</b>
6.1. Elmada Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite Üzerine Yapılan Çalışmalar .....	58
6.2. Ön İşlem Uygulaması Üzerine Yapılan Çalışmalar.....	62
6.3. Kurutma Üzerine Yapılan Çalışmalar.....	62
<b>7. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>70</b>
7.1. Materyal.....	70
7.2. Yöntem.....	71
7.2.1. Nem Miktarı Tayini.....	70
7.2.2. Kül miktarı Tayini.....	70
7.2.3. pH Tayini.....	71
7.2.4. Protein Analizi.....	71
7.2.5. Çözünmüş Kuru Madde (°Briks) ve Kırılma İndisi (Refraktif indeks) Tayini.....	71
7.2.6. Çözücü Ekstraksiyonu ile Yağ Miktarı Tayini.....	72
7.2.7. Elma Dilimleri Kuruma Hızı Tayini.....	72
7.2.8. Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde Tayini İçin Ekstraksiyon Yöntemi.....	73
7.2.8.1. Ham Fenolik Ekstresinin Hazırlanması .....	73
7.2.8.2. Ekstraksiyon Veriminin Hesaplanması.....	73

7.2.8.3. Toplam Fenol Miktar Tayini .....	73
7.2.8.4. DPPH Üzerinden Serbest Radikal Süpürücü Etki Tayini .....	74
<b>8. DENEYSEL BULGULAR ve TARTIŞMA .....</b>	<b>76</b>
8.1. Genel Analizler .....	76
8.2. Elma Dilimleri Kuruma Hızı Bulguları .....	78
8.3. TP Değerlerinin Belirlenmesi .....	85
8.4. EC <sub>50</sub> ve %'de İnhibisyon Değerinin Belirlenmesi .....	89
<b>9. SONUÇLAR.....</b>	<b>95</b>
<b>10. KAYNAKLAR .....</b>	<b>98</b>

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
<b>Çizelge 3.1:</b> Biyosensörlerle Tayin Edilebilen Bazı Maddeler .....	18
<b>Çizelge 8.1:</b> LGK ve LGKsz Hammaddelerinin Bileşim Oranları .....	76
<b>Çizelge 8.2:</b> SDK ve SDKsz Hammaddelerinin Bileşim Oranları .....	76
<b>Çizelge 8.3:</b> Farklı Kurutucularda, Ön İşlemlili ve Farklı Ön İşlem Uygulamalı Elma Dilimlerinin Kuruma Hızları .....	78
<b>Çizelge 8.4:</b> Taze Elmaların TP Değerleri .....	85
<b>Çizelge 8.5:</b> Kurutulmuş Elmaların TP Değerleri .....	85
<b>Çizelge 8.6:</b> Taze Elmaların %'de İnhibisyon Değerleri .....	89
<b>Çizelge 8.7:</b> Kurutulmuş Elmaların %' de İnhibisyon Değerleri .....	90
<b>Çizelge 8.8:</b> Taze Elmaların EC <sub>50</sub> Değerleri .....	90
<b>Çizelge 8.9:</b> Kurutulmuş Elmaların EC <sub>50</sub> Değerleri .....	90

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
<b>Şekil 2.1:</b> Ülkelere Göre Elma Üretimi.....	4
<b>Şekil 2.2:</b> Türkiye’de Üretilen Ürünler.....	5
<b>Şekil 3.1:</b> Sağlık Etkisi Olan Bazı Fenolik Fitokimyasalların Sınıflandırılması.....	7
<b>Şekil 3.2:</b> Flavonoidlerin Genel Kimyasal Yapısı.....	9
<b>Şekil 5.1:</b> Elektromanyetik Dalga Spektromu.....	33
<b>Şekil 5.2:</b> Magnetronun İç Yapısı.....	34
<b>Şekil 5.3:</b> Sprey Kurutma Tekniğinin Çalışma Prensibinin Şematik Gösterimi.....	40
<b>Şekil 5.4:</b> Kurutma Tekniklerinin Gıdalarda Farklı Kullanılma Alanları.....	41
<b>Şekil 5.5:</b> Gıdanın Yapısı ve Nem İlişkisi.....	43
<b>Şekil 5.6:</b> Kurutulmuş Gıdanın Nem İçeriğinin Bağıl Nem ile İlişkisi.....	56
<b>Şekil 7.1:</b> Araştırma Hammaddeleri Elma Türleri a) Lutz Golden b) Staking Delicious.....	69
<b>Şekil 7.2:</b> Gallik Asit Konsantrasyonu-Absorbans Kalibrasyon Eğrisi.....	74
<b>Şekil 7.3:</b> DPPH Konsantrasyon- Absorbans Kalibrasyon Eğrisi.....	75
<b>Şekil 8.1:</b> Elma Türü ve Ön İşlemlerin DK’da Elma Dilimlerinin Kuruma Hızına Etkisi.....	79
<b>Şekil 8.2:</b> Elma Türü ve Ön İşlemlerin MDK’da Elma Dilimlerinin Kuruma Hızına Etkisi.....	80
<b>Şekil 8.3:</b> Elma Türü ve Ön İşlemlerin VK’ da Elma Dilimlerinin Kuruma Hızına Etkisi.....	81
<b>Şekil 8.4:</b> Daldırma Çözeltisinin MDK’ da Kuruma Hızına Etkisi.....	82
<b>Şekil 8.5:</b> Daldırma Çözeltisinin DK’ da Kuruma Hızına Etkisi.....	83
<b>Şekil 8.6:</b> Daldırma Çözeltisinin VK’ da Kuruma Hızına Etkisi.....	84
<b>Şekil 8.7:</b> Farklı Kurutucuların LG Elma Dilimi Toplam Fenol Miktarına Etkisi.....	86
<b>Şekil 8.8:</b> Farklı Kurutucuların SD Elma Dilimi Toplam Fenol Miktarına Etkisi.....	86
<b>Şekil 8.9:</b> Elma Türü ve Ön İşlemlerin DK’ da Elma Cipslerinin Toplam Fenol Miktarına Etkisi.....	87
<b>Şekil 8.10:</b> Elma Türü ve Ön İşlemlerin MDK’ da Elma Cipslerinin Toplam Fenol Miktarına Etkisi.....	88
<b>Şekil 8.11:</b> Elma Türü ve Ön İşlemlerin VK’ da Elma Cipslerinin Toplam Fenol Miktarına Etkisi.....	89

<b>Şekil 8.12:</b> Farklı Kurutucuların Elma Cipslerinde % İnhibisyon Gücüne Etkisi.....	91
<b>Şekil 8.13:</b> Farklı Kurutucuların Elma Cipslerinde EC <sub>50</sub> Değerine Etkisi.....	91
<b>Şekil 8.14:</b> Daldırma Çözeltisinin Liyofilizatörde Kurutulmuş Elma Cipsinin a) % İnhibisyonu Miktarına b) AOC Etkisi.....	92
<b>Şekil 8.15:</b> Daldırma Çözeltisinin MDK' da Kurutulmuş Elma Cipsinin a) % İnhibisyonu Miktarına b) AOC etkisi.....	93
<b>Şekil 8.16:</b> Daldırma Çözeltisinin Vakumlu Kurutucuda Kurutulmuş Elma Cipsinin a) % İnhibisyonu Miktarına b) AOC Etkisi.....	94

## KISALTMALAR DİZİNİ

$\mu\text{mol}$	: Mikromol
A.B.D.	: Amerika Birleşik Devletleri
a/h	: Ağırlık/Hacim
AAPH	: 2,2'-azobis(2 amidinopropan)dihidroklorit
ABTS	: 2,2'-azonobis(3-etilbenzothiazoline-6-sulfona)
AE	: Anti-Radikal Etkinlik
AEAC	: Askorbik Asit Ekvivalenti
AEEO	: Etil Oleat
AMP	: Adenozin Monofosfat
AOAC	: Association of Official Analytical Chemists
AOC	: Antioksidan Kapasite
ARP	: Anti-Radikal Güç
AS1	: 1 oranında (%0,1'lik, a/h, suda) asetik asit çözeltisinin, 3 oranında (%0,3'lik, a/h, suda)
AS2	: 1 oranında (%0,1'lik, a/h, suda) asetik asit çözeltisinin, 6 oranında (%0,3'lik, a/h, suda)
ATP	: Adenozin trifosfat
C <sub>6</sub>	: Basit Fenoller
CH <sub>4</sub>	: Metan
CL	: Kemiluminesans (Chemiluminescence)
cm	: Santimetre
Cu(I)	: Bakır(I)
Cu(II)	: Bakır(II)
CUPRAC	: Bakır(II) İndirgeyici Antioksidan Aktivitesi
CZE	: Kapiler Bölge Elektforezi
db	: Desibel
DK	: Dondurarak Kurutucu, Liyofilizatör
dk.	: Dakika
DNA	: Deoksiribonükleik Asit
DPPH	: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil

e-	: Elektron
EC <sub>50</sub>	: Başlangıç DPPH konsantrasyonunu %50 azaltmak için gereken antioksidan miktarı
ET	: Elektron Transferi
F <sup>-</sup>	: Florür
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü
FC	: Folin Ciocalteu
Fe(II)	: Demir(II)
Fe(III)	: Demir(III)
Fe <sup>2+</sup> -TPTZ	: Ferröz Kompleksi
Fe <sup>3+</sup> -TPTZ	: Tripiridiltriazin Kompleksi
FL	: Floressein
FRAP	: Demir (III) İndirgeyici Antioksidan Aktivite
g	: Gram
GC	: Gaz Kromatografisi
GHz	: Gigahertz (10 <sup>9</sup> )
H	: Hidrojen
H <sub>2</sub> O	: Su
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	: Hidrojen Peroksit
ha	: Hektar
HAT	: Hidrojen Atomu Transferine
HPLC	: Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
Hz	: Hertz
İTO	: İstanbul Ticaret Odası
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	: Potasyum Karbonat
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	: Potasyum Karbonat
K <sub>3</sub> Fe(CN) <sub>6</sub>	: Potasyum Ferrisiyanid
kb	: Kabuklu
kbsz	: Kabuksuz
kg	: Kilogram
kg/kg	: Kilogram/Kilogram
KH	: Kuruma hızı

KMBA	: Keto-&-methiobütrik asit
kPa	: KiloPascal
kV	: Kilo Volt ( $10^3$ )
LDL	: Düşük yoğunluklu lipoprotein oksidasyonu
LG	: Lutz Golden
LGkb	: Lutz Golden Kabuklu
LGkbz	: Lutz Golden Kabuksuz
LPI	: Lipit peroksidasyonunu inhibe
M	: Mol
m/min	: Metre/Dakika
m/s	: Metre/Saniye
m <sup>3</sup> /dk	: Metre <sup>3</sup> /Dakika
m <sup>3</sup> /h	: Metre <sup>3</sup> /Saat
MDK	: Mikrodalga Kurutucu
mg	: Miligram
MHz	: Megahertz ( $10^6$ )
min	: Minimum
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
mM	: Milimolarite
mm Hg	: Milimetre Civa
mmol	: Milimol
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	: Sodyum Karbonat
NaOH	: Sodyum Hidroksit
NH <sub>3</sub>	: Amonyak
nm	: Nanometre
NO	: Azot Monoksit
O <sub>2</sub>	: Oksijen Gazı
°C	: Celsius
-OH	: Hidroksil Grubu
ORAC	: Oksijen Radikali Absorplama Aktivitesi
ppm	: $10^6$

PPO	: Polifenoloksidaz
R-PE	: Rfikoeritrin
RP-HPLC	: Ters Faz Kromotoğrafisi
SD	: Starking Delicios
SDkb	: Starking Delicious Kabuklu
SDkbz	: Starking Delicious Kabuksuz
sn	: Saniye
SO <sub>2</sub>	: Kükürt Dioksit
TAC	: Toplam Antioksidan Kapasite
TEAC	: Troloks Eşdeğer Antioksidan Kapasite
Tg	: Geçiş Sıcaklığı
TOCS	: Toplam Oksidan Yakalama Aktivitesi
TOSC	: Toplam Oksidan Yakalama Aktivitesi
TP	: Toplam Fenol miktarı
TRAP	: Toplam Radikal Yakalama Antioksidan Parametresi
UV	: Ultraviyole
VK	: Vakum Kurutucu
W	: Watt
β-PE	: β-fikoeritrin
μ	: Mikro

## 1. GİRİŞ

Ülkemiz önemli bir sebze ve meyve üretim potansiyeline sahiptir. Bol miktarda üretilen bu meyve ve sebzeleri saklama yöntemlerinden birisi de, güneşte ve yapay kurutucularda kurutmaktır. Ancak doğada kurutma, güneşte gerçekleşmekte olduğundan, kurumanın her yerde ve her zaman bu yolla sağlanması olanaksızdır. Ayrıca, kurutma süresinin uzun olması ve genel olarak kurutulmuş ürün kalitesinin düşük olması nedeniyle her ürünün güneşte kurutulması doğru da değildir. Bu yüzden birçok ürünün kurutulması için diğer yöntemler geliştirilmiştir.

Geleneksel kurutma sistemlerinde ısı materyal yüzeyinden iç kısımlarına doğru kademeli olarak iletildiğinden önce kurutulan maddenin yüzeyi daha sonra iç kısımları kurumakta ve dış yüzeyde oluşan sert tabaka büzülmeye yol açarak ısı ve nem transferini engellemektedir. Bu da yığın yoğunluğunda artışa, tabakalar arasında oluşan boşluklar nedeniyle de üründe daha hızlı bozulmaya sebep olmaktadır.

Mikrodalga ile kurutmada ise materyal bir bütün olarak ısıtıldığından materyal bünyesindeki su çok kısa bir sürede ısınarak buharlaştırılmakta ve nem transferi içten dışa doğru olmaktadır. Geleneksel konvektif kurutma sistemleri ile karşılaştırıldığında mikrodalga kurutma sistemleri birçok üründe ürün kalitesinde bozulma olmadan, kurutma süresini önemli ölçüde kısaltabilmektedir. Mikrodalga kurutma işlemi sırasında kurutulan ürün sıcaklığı yüksek kalitede kuru ürün elde etme bakımından anahtar bir rol oynamaktadır.

Vakum kurutma alternatif bir kurutma metodu olup, özellikle meyveler gibi uzun sürede kuruyan gıda ürünleri için kullanılan önemli bir yöntemdir. Vakum gıdada bulunan suyun düşük sıcaklıklarda atmosferik koşullardan daha kolay buharlaşmasını sağlamakta bu da kurutma işlem süresini diğer metodlara nazaran kısaltmaktadır. Daha da önemli bir diğer nokta, suyun uzaklaştırılması esnasında ortamda hava bulunmadığı için oksidasyon reaksiyonlarını azaltmaktadır. Vakum kurutucularda kurutulmuş olan ürünlerde renk, tekstür ve aroma iyi bir şekilde korunabilmektedir.

Ürün özelliklerini taze forma en yakın şekilde korumayı başaran bir kurutma metodu olan dondurarak kurutma, dondurulmuş üründe bulunan suyun sublimasyon ile uzaklaştırılması temeline dayanmaktadır. İşlem gıdada sıvı su bulunmamasını ve düşük sıcaklıkları gerektirmektedir. Böyle koşullarda mikrobiyal ve diğer bozulmalar

durdurulduğu için son üründe yüksek kalite sağlanmaktadır. Dondurarak kurutma esnasında suyun katı formda olması ürün şeklini korumaktadır. Dondurarak koruma çok fazla avantaja sahip olmasına rağmen, pahalı bir sistem olması kullanımını azaltmaktadır (Erbay, 2008).

Bitkisel kaynaklı besinler az ya da çok miktarda fenolik madde içermektedir. Özellikle meyve ve sebzelerin rengi, lezzeti ve dayanıklılığı üzerine etkili olan fenolik maddeler başta antioksidan olmak üzere çok yönlü aktiviteler gösterdikleri ve sağlık üzerine olumlu etkilerinden dolayı fonksiyonel gıda olarak değerlendirilmektedir. Fenolik bileşenlerin bulunma oranları ürün çeşidine, yetiştirilme şartlarına ve toplanma zamanına bağlıdır. Bu parametrelere ilave olarak elde edilen ürünlerde işleme şartları, saklanma koşulları, gıdalara katılması sırasındaki işlem basamakları, polifenolik bileşenlere ve dolayısı ile antioksidan aktivitesine etki eden diğer parametrelerdir.

## 2. ELMA

Türkiye birçok bitki türünün yetiştiriciliği açısından, sahip olduğu ekolojik koşullar ile zengin bir gen potansiyeline sahiptir. Çoğunluğu Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Araştırma Enstitüleri ve belirli oranlarda da Ziraat Fakülteleri bünyesinde yürütülen çalışmalar sonucu birçok türde koleksiyon ve seleksiyon çalışmaları tamamlanmıştır. Bu türlerden en önemlilerinden biri olan elma (*Malus x domestica* Borkh.) yetiştirme alanları, üretim miktarı ve ihracattaki payı ile önemli bir meyve olarak dikkat çekmektedir. *Rosaceae* familyasının *Pomoidae* alt familyasında yer alan elma *Malus* cinsi, içerisinde türler arası bir hibrit kompleksi olmakla birlikte dünyada bilinen önemli bir meyve türüdür. Geneolojisi günümüzde hala tam olarak açıklanamasa da, yerel Çin türleri olan *M. prunifolia*, *M. baccata*, *M. mandshurica*, *M. sieboldii* ile batının yerel türleri olan *M. sylvestris* ve *M. orientalis* ile hibritleşerek *Malus x domestica* kompleksinin ortaya çıktığı düşünülmektedir (Akpınar, 2009).

Epidimiyolojik çalışmalar, elmanın fazla miktarda tüketilmesiyle fitokimyasallarca zengin olan yapısının ve kuvvetli antioksidan aktivitesinin bazı kanser türlerinin, kardivaskiyolar hastalıkların, astım, diabet gibi hastalıkların oluşma riskini azaltıcı ve lipid oksidasyonunu, kolestrolü düşürücü etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

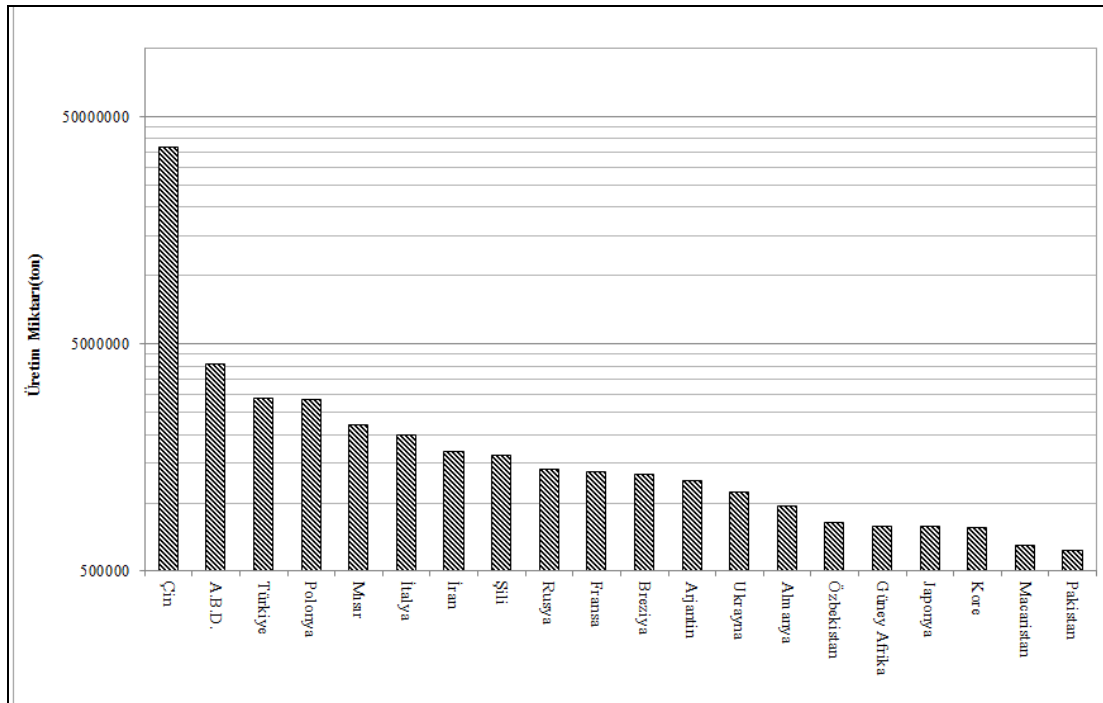
Elmalar; kuarsetin, kateşin, florizin, klorojenik asit gibi kuvvetli antioksidan olan birçok fitokimyasalları içermektedir. Elmaların fitokimyasal kompozisyonları türüne göre büyük farklılıklar göstermiş buna karşın meyvenin olgunlaşma sürecinde ve sonrasında küçük farklar meydana gelmiştir. Depolama elma fitokimyasallarının üzerinde çok az ya da hiç etki göstermezken işleme yöntemlerinin elma fitokimyasallarında büyük farklar meydana getirdiği belirlenmiştir (Boyer vd., 2004; Ardağ 2009; Erdoğan, 2010; Çelen, 2010).

Ekolojik şartların uygunluğu ve gen merkezi olması nedeniyle elma, yurdumuzun hemen her yerinde çok eski yıllardan beri yetiştirilmektedir. Fakat en uygun kültür merkezleri, yabanisinin yayılma alanlarına paralel olarak, Kuzey Anadolu'da bulunmaktadır. İnsanlık tarihinin ilk meyvesi sayılmaktadır (İTO, 2003; Cemeroğlu, 2004).

Türkiye'deki tarım alanlarının %5,5'i meyve-zeytin-bağ alanı olarak değerlendirilmekte ve yılda 11,9 milyon ton meyve üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu

üretimin %25,7'lik kısmını yumuşak çekirdekli meyveler oluşturmaktadır. Yumuşak çekirdekli meyveler içerisinde ağaç sayısının %68,2'sini ve üretim miktarının %81,7'sini elma oluşturmaktadır.

Elma, Dünya üzerinde çok geniş yayılma alanı gösteren ve değişik ekolojiler de üretimi yapılabilen bir türdür. Bu nedenle Dünya'da elma üretimi yaklaşık 57 milyon ton civarında gerçekleşmektedir. Şekil 2.1'de gösterildiği gibi, 2012 yılında yapılan araştırmalara göre en fazla üretim 37 milyon ton ile Çin'de gerçekleştirilmekte, A.B.D. 4,11 milyon tonla ikinci sırada, Türkiye 2,889 milyon ton elma üretimi ile Dünyada üçüncü sırada yer almaktadır (FAO, 2012).



Şekil 2.1.Ülkelere Göre Elma Üretimi (FAO, 2012).

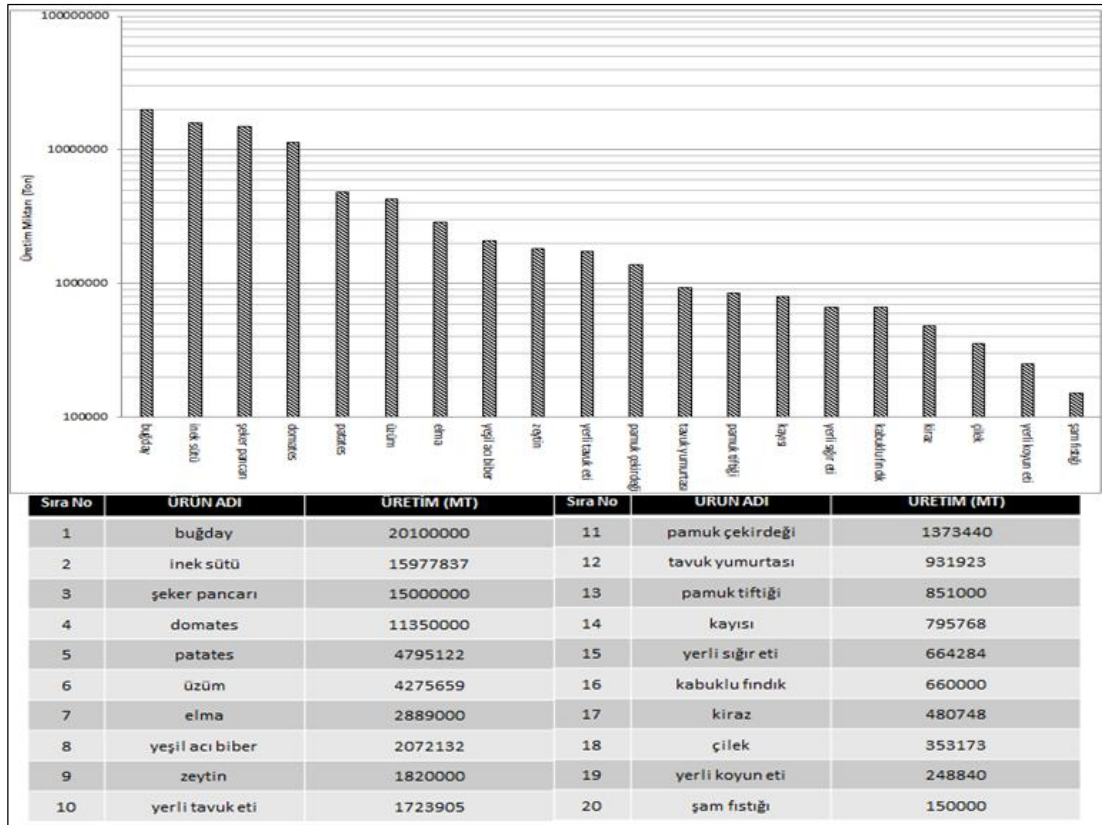
Dünyada elmanın da içinde yer aldığı yumuşak çekirdekli elmanın üretim alanı 7 287 210 ha olup, 75 315 918 ton' luk üretimi vardır. Elma ise 5 428 069 ha' lık alanda ve 57 938 065 ton' luk üretimiyle grup içerisinde %76.93'lük oranı ile birinci sırayı alırken, dünya meyve üretimi içerisindeki payı ise % 9.48'dir.

Elma, çok eskiden beri yetiştirilen ılıman iklim meyveleri arasında en başta gelmektedir. Her yıl dünyada ıslah yoluyla, çeşitli hastalık ve zararlılara dayanıklı, iyi muhafaza edilebilen yüksek kaliteli elma çeşitleri elde edilmektedir. Kaşka' nın 1997

yılında yaptığı çalışmada görülmüştür ki, ülkemiz bu meyve türünde geniş bir çeşit zenginliğine sahiptir.

Ülkemizde elma üretiminin coğrafik dağılımına bakıldığında, Marmara Bölgesi (Bursa, Balıkesir ve Çanakkale illeri); Karadeniz-İç Anadolu geçit bölgesi (Kocaeli, Kastamonu, Amasya, Tokat illeri); Akdeniz-İç Anadolu geçit bölgesi (Isparta, Burdur, Denizli illeri) ve kurak ekolojik koşullara sahip İç Anadolu Bölgesi (Karaman, Niğde, Nevşehir, Konya illeri) elma yetiştiriciliğinin yoğun yapıldığı merkezleri oluşturmaktadır (Özçağırın vd., 2004).

Türkiye’de üretilen ürünler arasında elma 2.889.000 ton ile yedinci sırada yer almaktadır. Türkiye’de üretilen ilk 20 ürün sıralaması ise Şekil 2.2’ de verilmiştir.



Şekil 2.2. Türkiye’de üretilen ürünler (FAO, 2012).

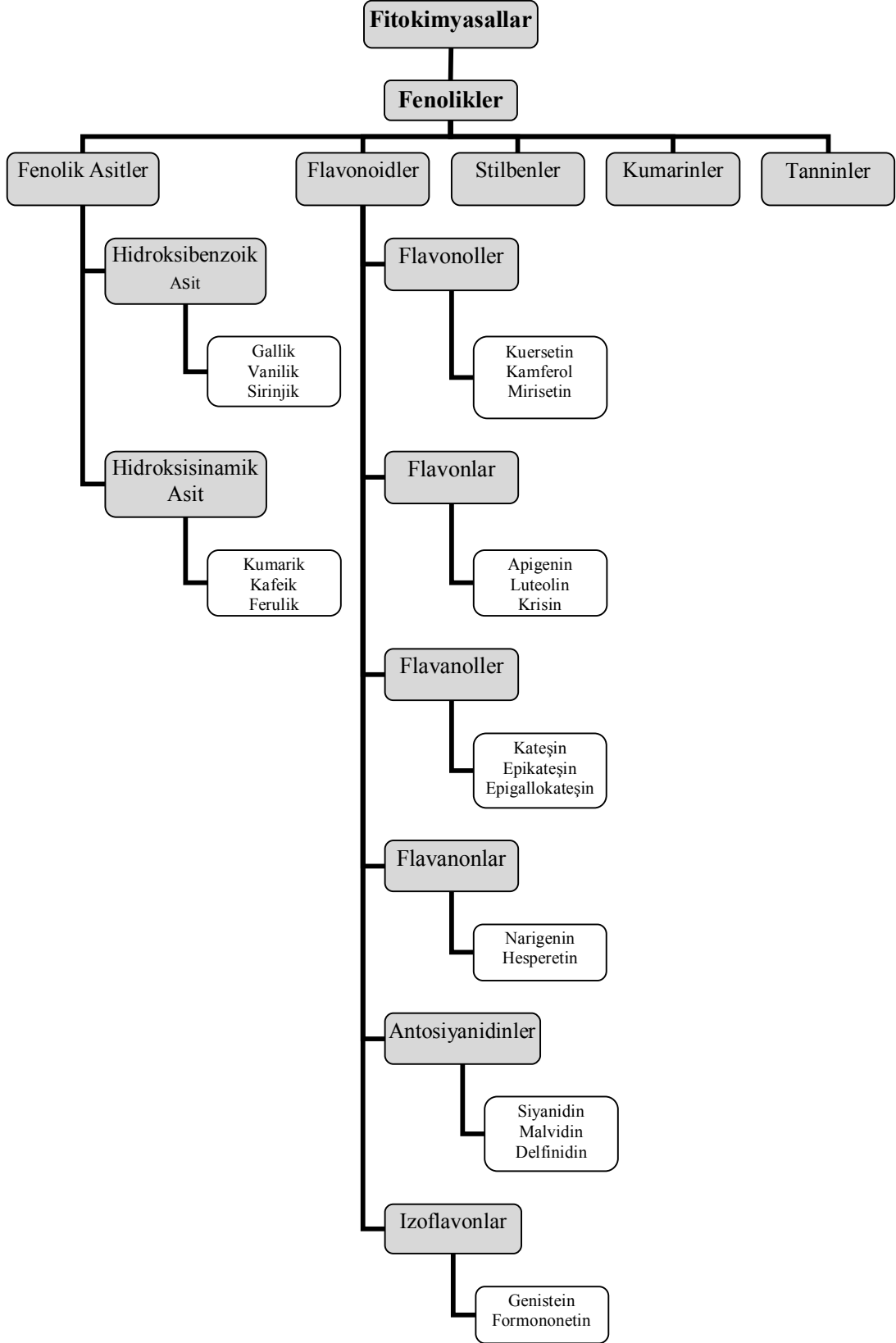
### 3. FENOLİK BİLEŞİKLER

Fenolik bileşiklerin, bitkilerde aromatik aminoasit metabolizması sırasında sentezlenen yan bileşiklerden oluşan ikincil metabolitler oldukları varsayılmaktadır. 8000' den fazla farklı bitkisel fenolik tespit edilmiştir. Doğal ve sentezlenen bitkisel fenoliklerin miktarı ve dağılımları bitki türüne, doku tipine, bitkinin yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Fenolik bileşikler meyve ve sebzelerin kendine özgü buruk tadı verirler. Kalıcı olan bu algılama fenolik bileşiklerin ağız mukusundaki protein ve polisakkaritlerle gerçekleşen tepkimelere bağlanmaktadır. Bazı fenolik bileşiklerin acı tadın oluşmasında da rol aldıkları bilinmektedir. Fenolik bileşikler gıdada renk değişimlerine neden olurlar. Bunlar arasında en önemlisi enzimatik esmerleşmelerdir. Fenolik bileşiklerin oksidasyonuna neden olan bu reaksiyonları katalize eden enzimlere genel olarak polifenoloksidaz enzimleri (PPO) adı verilmektedir. Gıdalarda enzimatik esmerleşme, genellikle kalite kaybı olarak değerlendirilmekte ve bu nedenle meyve ve sebzelerin işlenmeleri sırasında fenolik maddelerin oksidasyonları çeşitli yöntemlerle önlenmeye çalışılmaktadır. Fenolik bileşiklerin, bitkilerde aromatik aminoasit metabolizması sırasında sentezlenen yan bileşiklerden oluşan ikincil metabolitler olduğu var sayılmaktadır (Saldamlı, 1998; Wahle vd., 2010).

İkincil (Sekonder) bitki metaboliti olan fenolikler farklı sayıda hidroksil grubuna sahip aromatik halka sayısına göre karakterize edilirler. Şekil 3.1.'de bazı fenolik fitokimyasalların genel sınıflandırılması gösterilmiş ve grupların kısa tanımlamaları aşağıda verilmiştir.

#### 3.1. Fenolik Asitler

Fenolik asitler; hidroksisüsinamik asitler ve hidroksibenzoik asitler olmak üzere iki grupta incelenirler. Fenolik asitler genel olarak serbest halde bulunmazlar. Karboksil grupları karbohidratlar, glikozidler, aminoasitler veya proteinlerle reaksiyona girebilirler ve alkollerle fenol esterler, amino bileşikleriyle de amidleri oluştururlar. Fenolik asitlerin, fenolik hidroksil grupları da çok aktif olup, şekerlerle birleşerek glikozitleri oluştururlar.



**Şekil 3.1.**Sağlık etkisi olan bazı fenolik fitokimyasalların sınıflandırılması (Wahle vd., 2010)

### 3.1.1. Hidroksisinamik asitler

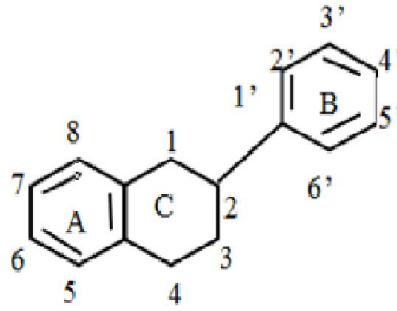
Fenolik asitlerden hidrosisinamik asitler C<sub>6</sub>-C<sub>5</sub> fenilpropan yapısındadır. Bitkisel gıdalarda yaygın olarak bulunan hidrosisinamik asitler; ferulik asit, kafeik asit, o-kumarik asit ve p-kumarik asit hidroksilasyon ve metilasyon reaksiyonları sonucunda oluşurlar. Örneğin elmanın çok önemli fenolik bileşiği olan klorojenik asit, o-kuanik asitin kafeik asit esteridir. Meyvelerde ayrıca p-kumarik asitin kuinik asitle olan esteride yaygındır (Wahle vd., 2010).

### 3.1.2. Hidroksibenzoik asitler

Hidroksi benzoik asitler C<sub>6</sub>-C<sub>1</sub> fenilpropan yapısındadır . Yapılarında ki hidroksi ve metoksi gruplarının yerleşimi ve sayılarına göre çeşitlenirler bunlardan birkaçı gallik asit, vanilik asit, şiringik asit, protakateşuik asittir. Mono hidroksi benzoatlar etkili hidroksil radikal süpürücülerdir. Çünkü hidroksillenmeye ve hidroksil radikallere yüksek reaktivite göstermeye eğilimlidirler. Fenolik halka ile karboksil grubu arasına metilen grubu girmesiyle oluşan fenil asetik asitlerle orto ve meta hidroksi türevleri 1 Mm'a yakın antioksidan aktivite gösterirler (Rice-Evans, 1996).

### 3.2. Flavonoidler (Flavan türevleri)

Flavonoidler C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> difenilpropan yapısındadır ve fenil grupları arasındaki üçlü karbon köprüsü, oksijenle halka oluşturmaktadır. Değişik flavonoidler arasındaki farklar; bağlanan hidroksil gruplarının sayısından, doymamışlık derecesinden ve üçlü karbon segmentinin oksidasyon düzeyinden kaynaklanmaktadır. 6 C'lu A, B ve C halkalarından oluşan heterosiklik bileşikler, hetero halkanın yükseltgenme derecesine göre farklılaşırlar. Aromatik halkalar A ve B, hetero halka ise C olarak ifade edilir. Karbon atomları C halkasındaki oksijenden başlayarak, B halkasındaki karbon atomları ise üssü (') rakamlarla numaralandırılır (şekil 3.2).



**Şekil 3.2.**Flavonoidlerin genel kimyasal yapısı

Flavonoidler, fenolik ve furan halkalarından oluşan benzo- $\gamma$ -furan türevleridir. Bu bileşikler; A, B ve C halkalarından oluşan halka yapısında çeşitli hidroksil, metoksi ve glikozit yan grupları içerirler. Halkalar arasındaki yapısal değişiklikler flavonoidleri çeşitli sınıflara ayırmaktadır. Bu sınıflar; Flavonlar, Flavonlar, Flavanonlar, Flavanonlar, Antosiyanidinler, İzoflavonlardır(Rice-Evans, 1996; Saldamlı, 1998).

### 3.3. Fenolik Bileşiklerin Tayin Yöntemleri

Fenolik bileşiklerin tayininde; kromatografik, spektrofotometrik, enzimatik ve biyosensörük yöntemler kullanılmaktadır. Son yıllarda da biyosensörlere dayalı analizler, araştırmaların yoğunlaştığı bir alandır. Fenolik bileşiklerin günümüzde en çok kullanıldığı tayin yöntemleri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

#### 3.3.1. Kromatografik yöntemler

Fenolik bileşiklerin tayininde kullanılan kromatografik yöntemlerin başlıcaları, Yüksek Basınç Sıvı Kromatografisi (HPLC), Gaz Kromatografisi (GC), Kapiler Elektroferez gibi yöntemlerdir.

##### **3.3.1.1. Yüksek basınç sıvı kromatografisi (HPLC)**

HPLC, çevre ve besin örneklerinde fenolik bileşiklerin tayini için sıkça kullanılmaktadır. HPLC metotlarının oldukça hassas ve spesifik olması gibi önemli avantajları yanında, zaman alıcı bazı ön işlemlere ve pahalı sistemlere ihtiyaç duyması gibi dezavantajları da vardır. Buna yönelik bir çalışmada bazı elma türlerinde ve elmadan elde edilen ürünlerde bulunan fenolik bileşikler HPLC kullanılarak belirlenebilir (Markowski ve Plorcharski, 2006).

Sıvı kromatografisi yönteminin özel bir uygulaması olan yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) yönteminde, sabit faz olarak kullanılan parçacık boyutlarının önemli ölçüde küçültülmesi sonucu hareketli faz ile etkileşen sabit faz yüzey alanı büyür ve böylece kolonun etkinliği artırılmış olur. Çok sıkı olarak doldurulmuş kolondan hareketli fazın belirli bir hızla geçebilmesi için bir basınç uygulanması gerekir. Bu yüksek verimdeki kolonların ve oldukça yüksek basınçların kullanıldığı HPLC, element türlendirilmesinde en yaygın biçimde uygulanan kromatografi türüdür. HPLC günümüzde kimya, biyokimya, biyoteknoloji, farmakoloji, tıp kimyası, bitki kimyası, tarım ve kimya mühendisliğini içeren alanlarda ayırma ve analiz için vazgeçilmez bir araç olarak kabul edilmektedir. Bilhassa diğer kromatografik tekniklere uygun olmayan bileşiklerin ayrılması ve analizi için uygundur. Çevre sıcaklığında termal olarak kararsız bileşikleri ve yüksek polarlıktaki bileşikleri herhangi bir türevlendirme olmaksızın ayırabilir ve analiz edebilir.

HPLC'nin sıvı kromatografisinin diğer türlerinden üstünlükleri şunlardır:

- HPLC kolonu, rejenerasyon olmaksızın pek çok kez kullanılabilir. Böyle kolonlarda gerçekleştirilen ayırma, eski yöntemlerle elde edilenden çok daha çeşitlidir.
- Bu teknik kullanıcının becerisine daha az bağımlıdır ve tekrarlanabilirlik daha yüksektir.
- Nicel analiz amaçları için de kullanılabilir.
- Analiz süresi çok kısadır.
- Duyarlık çok yüksektir, 10 µg lık bir örnek bile, floresans veya elektron yakalama dedektörleri kullanılarak tayin edilebilir.

Cihazın başlıca kısımları: Pompa, Örnek enjektörü, Kolon, Dedektör, Kaydedici

Örnek Hazırlanması

- Kıta örnekler: Bir örneği HPLC sistemine vermek için, bu örneğin, hareketli faz olarak kullanılan çözücüde çözünmesi gerekir. Örneğin, metanol/su karışımı bir hareketli fazla ile analiz yapılacaksa, örnek metanolde, suda veya metanol/su karışımında çözülmelidir. Eğer örnek böyle bir çözücüde çözünmüyorsa, diğer bir çözücüde çözünmeli, fakat bu durumda kullanılan çözücü kesinlikle hareketli fazla karışabilir olmalıdır. Örnek bileşenlerinin, mobil faz çözücüsünde çökmemesine de dikkat edilmelidir.

•Sıvı örnekler: Sıvı örneklerde çözücü, sistem ile uyumluysa, doğrudan enjekte edilebilir. Eğer örnekler istenen çözücüde değilse veya enjekte edilecek kadar derişik değilse, kurutulmalıdır veya deriştirilmelidir. Daha sonra hareketli fazda tekrar çözünmelidir.

Örneklerin süzülmesi: Hareketli faz akışında azalmaya, geri basıncında artmaya, kolon veriminde azalmaya ve istenmeyen piklere neden olabilecek çözünmeyen maddelerin kolona girmesini önlemek için, örneğin enjeksiyondan önce süzülmesi tavsiye edilir.

### **3.3.1.2. Gaz kromatografisi (GC)**

Gaz kromatografisi, diğer kromatografiler gibi bir karışımda bulunan maddeleri ayırmaya yarar. Diğer kromatografilere göre avantajı sonuçların çabuk elde edilmesi ve ucuz olmasıdır. Gaz kromatografisi ikiye ayrılır.

Gaz-Katı Kromatografisi:

Bu kromatografide de iki faz vardır. Sabit faz olarak yarıçapı küçük uzun bir kolon içine yerleştirilmiş geniş yüzeyli dolgu maddeleri (adsorban=silikajel,alümina vb.), hareketli faz olarak da dolgu maddelerinin arasından kolaylıkla geçebilen gaz kullanılır. Genellikle taşıyıcı gaz olarak azot veya helyum gazları kullanılır.

Gaz-Sıvı Kromatografisi:

Burada sabit faz, gaz-katı kromatografisindeki geniş yüzeyli dolgu maddelerine emdirilmiş bir sıvı (yüksek mol kütleli polimerler) ve hareketli faz gazdır.

Gaz kromatografi aleti oldukça basittir. Sistem belli başlı 5 kısımdan oluşur.

Ayırımı istenen karışım, bir enjektör yardımıyla enjeksiyon kısmına enjekte edilir. Enjektör bölümü ısıtılmış durumdadır, karışım hemen buharlaşır ve buhar halinde inert taşıyıcı gaz ile birlikte kolona girer. Kolonda her bileşik kaynama noktasına, moleköl büyüklüğüne ve kolondaki sabit faz ile etkileşimine bağılı olarak kolonda farklı hızlarda göç ederek devamlı taşınırlar ve böylece birbirlerinden ayrılarak farklı

zamanlarda kolondan çıkarlar. Kolondan çıkan her bir bileşen dedektöre girer, dedektörde bileşenlerin miktarı ile orantılı olarak belirlenir ve kaydedicide grafik olarak çizilir. Her bileşik alıkonma zamanı ile belirlenir. Alıkonma zamanı bir bileşiğin enjekte edilmesinden dedektörden çıkışına kadar geçen süredir. Bu süre her bileşik için farklıdır.

### **3.3.1.3. Kapiler elektroforez**

Kapiler elektroforez, seperasyon tekniklerinde yeni bir girişimdir. Fiziki temelleri diğer tür elektroforezlerle aynı olmasına karşın, teknik ve gerektirdiği ekipman çok farklıdır. Duyarlılığı, test maliyetinin düşüklüğü, otomasyona uygunluğu, test çeşitliliği gibi avantajlarıyla çok yaygın kullanım alanı bulacağı şüphesizdir. Kapiller elektroforez küçük çaplı (25-75  $\mu\text{m}$ ), 100 cm uzunluğunda 'fused' silika bir kapiller boru kullanılarak gerçekleştirilen bir yöntemdir. Tipik bir sistem ince silika kapiller bir boru, iki elektrolit tampon haznesi, bir yüksek voltaj güç kaynağı ve bir veri değerlendirme birimiyle ilişkili detektörden oluşmaktadır. Dar çaplı tüplerde çalışmanın avantajları, konvansiyonel elektroforezle kıyaslandığında artmış ısı dağılımı, azalmış örnek hacmi gerektirmesi ve otomasyona daha uygunluğudur. Düzelmış ısı dağılımı 25-30 kV'luk voltaj aralığında bir uygulamaya izin verir. Bu derecede yüksek bir voltaj daha kaliteli bir seperasyona, çok daha fazla sayıda fraksiyonun elde edilmesine ve azalmış seperasyon zamanına neden olur. Seperasyon süresi 1 dakikadan az olabilir. Örnek hacmi pL-nL düzeyindedir. Kapillerin sonundan yüksek bir voltaj uygulandığında örnek moleküller, iç kapiller yüzeyde aşırı (+) iyonların katoda doğru hareketinin sonucunda oluşan bir hacim akışı olan elektroozmotik akışla ayrılır. Örnekte bulunan yüke bakmaksızın bir kapillerdeki elektro-ozmotik akış normalde tüm iyonları katoda taşıyacak kadar güçlüdür. Bu nedenle örnek kapillere anodik uçtan verilir. Net hareket katoda doğru olduğundan seperasyon anoda doğru geri migrasyon hızlarındaki farklılıklara dayanır. Yüzey yükü yalnızca kapillerin duvarında olduğundan elektro-ozmotik akış profili bir piston gibi düzdür. Migrasyon süresince sölütler kolaylıkla geriye ve ileriye difüze olur. Termal etkilere bağlı olarak kapiller duvarı ile merkezi arasındaki viskozite farklılıkları bulunur. Her iki faktör tüm kapiller boyunca uniform migrasyona katkıda bulunur ve dolayısıyla zon genişlemesini önler. Örnekteki (+) iyonlar, elektroozmotik akış ve iyon hareketinin aynı yönde olması nedeniyle kapiller

çıkışa daha erken gelirler. Örnekteki (-) iyonlar, aynı zamanda kapiller çıkışa hareket ederler, ama hızları daha yavaştır. Örnek iyonları kapiller çıkışa doğru göçtüğünden optik, kondüktimetrik, elektrokimyasal, kitle spektroskopik veya radyoaktivite dedektörleri gibi farklı detektör tipleriyle saptanabilir.

Kapiller elektroforezin konvansiyonel elektroforez ve HPLC'ye üstünlükleri; kısa analitik zaman, seperasyon gücü, düşük reaktif (sadece tampon) sarfiyatı ve mikroörnek volümleridir. nL düzeylerinde örnek kullanılarak, moleküllerin kompleks karışımları teorik olarak 1 milyona yakın fraksiyona ayrılabilir. Seperasyonlar çok yüksek uygulanabilen voltajla 10 dakikadan az bir sürede tamamlanabilir. Yüksek voltajın uygulanması kapiller duvar boyunca verimli ısı değişimine izin veren kapillerin yüksek yüzey/hacim oranıyla olasıdır. Günümüzde protein, hemoglobin elektroforezleri ile immünoabstraksiyon esasına dayanan IFE uygulamaları rutin kullanıma girmiştir. Kapiller elektroforezin enstrümental avantajları; otomasyonda kolaylık sağlaması ve detektör kullanımında çeşitliliğe izin vermesidir. Işık absorpsiyonu, floresans, elektrokimyasal, radyometrik ve kütle spektrometrik tekniklere dayalı metotlar geliştirilmiştir ve 10-20 kadar küçük madde miktarların bile saptamak olası olmaktadır (Tanbay, 2010)

### **3.3.2. Spektrofotometrik yöntemler**

#### **3.3.2.1. Folin-ciocalteu (FC) yöntemi**

Bu yöntemde, numune içindeki toplam fenol miktarı folin reaktifi kullanılarak kolorimetrik olarak tayin edilir. Değişen renklerin absorbansı 750 nm'de spektrofotometre de okunarak tayin edilmiştir (Öztürk vd., 2002).

Gıdaların içeriğinde bulunan toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi, antioksidan aktiviteyi sağlayan hidroksil grupları hakkında fikir vermesi açısından önemlidir. FC metodu doğal ürünlerde toplam fenolik madde ölçümü için kullanılmaktadır. Ancak aynı zamanda temel mekanizma oksidasyon redüksiyon reaksiyonlarına dayandığı için diğer bir antioksidan kapasite belirleme metotlarından biri olarak kullanılabilir. Genellikle toplam fenol içeriği ve antioksidan aktivitesi arasında oldukça iyi bir lineer korelasyon görülür.

Bu metot basit, duyarlı ve kesinliği yüksek bir metottur. Ancak reaksiyon asidik pH' ta yavaştır ve spesifikliğini kaybeder. Metodun en önemli dezavantajı, ortamda bulunan ekstrakte edilebilir proteinleri de ekstrakte etmesidir. Bu nedenle spesifik bir metot olarak kabul edilmemektedir. Ayrıca metodun diğer bir dezavantajı da analiz sırasında ortamda bulunan askorbik asit gibi indirgen maddelerle etkileşime uğramasıdır.

Fenol referans standardı olarak gallik asit kullanılır. Fakat bazı kaynaklarda farklı standartlara da rastlanmıştır (Öztan, 2006).

### **3.3.2.2. 1,10-Fenantrolin yöntemi**

Gıda maddelerindeki antioksidanların tayini besin maddelerinin kalitesini ortaya koyarken insan kan plazmasındaki antioksidan kapasitesinin ölçülmesi de çeşitli hastalıkların saptanması, kontrolü ve tedavisi için önemlidir. Toplam antioksidan tayini, bunların katıldıkları çeşitli reaksiyonların dönüşüm verimine veya hızlarına ya da her ikisine bağlı olarak yapılır. Literatürde verilen antioksidan tayinlerinde temel sınıflandırma reaksiyon tipidir. Antioksidan tayinleri elektron transferine (ET) veya hidrojen atomu transferine (HAT)'ne dayanır.

Antioksidanların sağlığa yararlı etkilerinin bunların sinerjik kombinasyonlarıyla da sağlandığını göz önüne alarak her ortama uygulanabilen toplu bir antioksidan kapasite tayin yöntemine ihtiyaç vardır. Dolayısıyla besin yoluyla alınan polifenoller, C ve E vitaminleri, flavonoidler ve glukozidleri ile plazma antioksidanları için geçerli olabilecek hem hidrofilik hem de lipofilik maddeler için elverişli, basit, ucuz, pratik, seçici ve duyarlı bir antioksidan kapasite tayin yöntemini tanımlamaktır. Bu amaçla geliştirilen spektrofotometrik metot, antioksidan çözeltisinin, bakır (II) klorür çözeltisi, neokuproinin alkoldeki çözeltisi ve pH:7,0 amonyum asetat sulu tampon çözeltisi ile karıştırılması ve ardından oluşan Cu(I)-neokuproin kelatının absorbansının 450 nm'de okunmasını içerir.

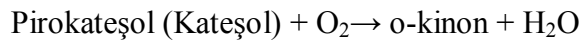
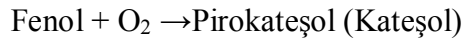
Tayinde radikalik türler olmamasına rağmen örneğin toplam antioksidan gücünü etkin bir şekilde doğrudan yansıtır (Apak vd., 2004; Hasançebi, 2008).

1,10-Fenantrolin ve türevleri çok dişli ligand özelliği gösterdiğinden, geçiş metallere çoğu ile kararlı koordinasyon bileşikleri oluşturur ve bu özelliğinden dolayı literatürlerde pek çok çalışmaya konu olmuştur. 1,10-fenantrolinin düzlemsel

heterohalkalı bir yapıya sahip olmasından dolayı, geçiş metalleriyle oluşturduğu kararlı kompleksleri alan etkili transistörler, ışık yayan diyotlar, lazerler ve fotovoltaiik piller gibi pek çok elektronik cihaz tasarımında yaygın olarak kullanılmaktadırlar. 1,10-fenantrolin, sahip olduğu yüksek yük transfer hareketliliği, mor ötesi spektral bölgedeki güçlü soğurumları, parlak ışık yaymaları, iyi foto aktif özelliklerinden dolayı lüminesans bazlı optik sensörlerin geliştirilmesinde de kullanılmaktadır (Şerbetçi ve Alkan, 2008, Hasançebi, 2008).

### 3.3.3. Enzimatik yöntemler

Fenolik bileşiklerin tayini için gaz kromatografi ve spektrofotometri gibi yöntemler mevcuttur (Lupetti vd., 2004; Bagheri vd., 2004). Ancak, bu yöntemler karışık örnek hazırlama işlemleri içerir ve yerinde uygulamalar için uygun değildir. Elektrokimyasal yöntemler, özellikle amperometrik biyosensörler, enzimlerin varlığından dolayı seçici özellik gösterir. Bunlar düşük yapım ve depolama maliyeti, küçültülebilme ve otomasyona uyum gibi özelliklerinden dolayı büyük oranda kullanılmaktadır (Liu vd., 2003; Wang vd., 2002). Polifenol oksidaz (tirozinaz) (Shan vd., 2009; Wang vd., 2009; Rajesh vd., 2004), lakkaz (Vianello vd., 2004, Gupta vd., 2003; Quan and Shih 2004; Timur vd., 2004) veya peroksidaz (Serra vd., 2001; Imabayashi vd., 2001; Yang vd., 2006) enzimleri kullanılarak pirokateşol, fenol, hidrokinon, m-krezol, p-krezol, o-krezol, o-klorofenol, dopa, dopamin ve 4-metil kateşol gibi çeşitli fenolik bileşiklerin tayini için pek çok biyosensör geliştirilmiştir. Ancak, polifenol oksidaz enzimi fenole daha duyarlıdır ve fenolik bileşiklerin tayini için daha sıklıkla kullanılan enzimdir (Ameer and Adeloju 2009). Mantar tirozinazı en iyi bilinen iki bakırlı polifenol oksidazdır ve moleküler oksijen varlığında monofenollerin o-difenol oluşturmak üzere hidrosilasyonunu ve odifenollerinde o-kinonlara yükseltgenmesini katalizler:

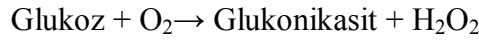


Pirokateşolün amperometrik tayini, genellikle enzimatik reaksiyon sonucu oluşan okinonun, hiçbir elektron medyatörü olmaksızın, düşük potansiyellerde indirgenmesi sırasında oluşan akımının belirlenmesi üzerine temellenmektedir (Liu vd., 2003).



### 3.3.4. Biyosensörük yöntemler

Bütün canlılar yaşadıkları ortamdaki değişimleri derhal algılayıp yaşamlarını sürdürebilmek için değişimlere uymaya çalışırlar. İşte bu algılama mekanizması biyosensörlerin hücre dışı [invitro] kullanımı için temel oluşturmuştur. Biyosensör, biyolojik olaylardaki biyokimyasal değişimleri algılayarak, biyolojik olayın teşhisine imkan tanıyan bir ölçme sistemi olarak tanımlanabilir. Biyosensörlerin tarihi 1950'li yılların ortalarında L.C. Clark'ın kandaki glukoz seviyesini ölçmesiyle başladı. Clark ve Lyons'un geliştirdiği birinci nesil biyosensörlerde elektron alıcı olarak oksijen kullanılırken, ikinci nesil biyosensörlerde elektron alıcı olarak redoks medyatörleri kullanılmaya başlanmıştır.



Üçüncü nesil biyosensörlerde enzimin indirgenme yükseltgenme merkezi ile elektrot yüzeyi arasında doğrudan elektriksel iletişim sağlanmış ve indirgenme yükseltgenme medyatörlerine gereksinim kalmamıştır. Biyosensörlerde biyobileşen olarak enzimler yanında doku kültürleri, mikroorganizmalar, organeller, antikolar ve nükleik asitler de kullanılabilen ve ölçme tekniğine göre amperometrik, potansiyometrik, termal, piezoelektrik, akustik veya optik sensörler olarak adlandırılmaktadırlar.

Biyosensörlerin yüksek spesifikliğı yanında, renkli ve bulanık çözeltilerde geniş bir derişim aralığında doğrudan ölçmeye olanak sağlamak gibi üstünlükleri vardır. Fakat reseptör olarak adlandırılan biyobileşenlerin pH, sıcaklık, iyon şiddeti gibi ortam koşullarından etkilenmesi biyosensörün kullanım ömrünü kısaltmaktadır .

Medyatörler ve özellikleri: Medyatörler oksidoredüktazların koenzimlerinin yenilenmesinde önemli rol oynarlar. Enzim çözünmüş şekilde değilse koenzimin hareketi azalır ve elektronların elektrot ve koenzim arasında taşınması için bir medyatöre gereksinim duyulur.

Medyatörün tatmin edici bir fonksiyon gösterebilmesi için aşağıdaki özellikleri de sağlaması gerekir.

- Kolay indirgenip yükseltgenebilmesi,
- Yükseltgenmiş ve indirgenmiş şeklinin kararlı olması,
- Çözeltideki oksijen ile tepkime vermemesi,
- Hücre içi uygulamalar için zararlı olmaması.

Ferrosen yukarıda belirtilen bütün şartları sağlayan bir maddedir. Medyatörler inert veya elektroaktif bir polimer ile immobilize edilir. İyon değiştirici polimerler (nafyon gibi) ve iletken polimerler (polipiroller, polianilinler, poliindoller gibi) bu amaçla kullanılır . Son zamanlardaki yapılan çalışmalarda biyosensörlerde enzimin indirgenme yükseltgenme merkezi ile elektrot yüzeyi arasında doğrudan elektriksel iletişim sağlamış olduğundan redoks medyatörlerine gereksinim kalmamıştır.

Biyosensörler çeşitleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

1. Elektrokimyasal Biyosensörler
  - a. Amperometrik Biyosensörler
  - b. Potansiyometrik Biyosensörler
  - c. Kondüktometrik Biyosensörler
2. Optik Biyosensörler
3. Kalorimetrik Biyosensörler
4. Piezoelektrik Biyosensörler

**Çizelge 3.1.**Biyosensörlerle tayin edilebilen bazı maddeler (Pişkin, 1986)

<b>Analizi Yapılan Maddeler</b>	<b>Örnekler</b>
Amino Asitler	Alanin, arginin, asporjin, aspartik asit, sistin, glutamin, glutamik asit, glutation, histidin, levsin, lizin, metionin, fenil, alenin, sarkosin, serin, tayrosin, teitofan, valin
Gazlar	NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , SO <sub>2</sub> , NO
Kofaktörler	AMPT, ATP, NAD(P)H
Amidler ve Aminler	Aminopirin. Anilin, aromatik aminler, asetil kolin, kreatin, kreatinin, guanidin, guanosin, penisilin, spermin, ürik asit, üre, zantin
Karboksilik Asitler	Asetik asit, formik asit, glukonik asit, izositrik asit, askorbik asit, laktik asit, malik asit, okzalit asit, pruvik asit, süksinik asit
Kompleks Maddeler	Antibiyotikler, mutajenler, vitaminler
İnorganik İyonlar	F <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> , SO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , Hg <sup>+2</sup> , Zn <sup>+2</sup>

Biyosensörler tıp, tarım, gıda, eczacılık, çevre kirliliği, savunma sanayi ve birçok endüstriyel alanda özellikle otomasyon ve kalite kontrolünde çok önemli rol oynar. Bugüne kadar 180'den fazla farklı madde için biyosensör hazırlanmış olup, bunlardan ancak 25 kadarı ticari olarak üretilmektedir. Biyosensörlerin uygulama alanlarının bazıları aşağıda verilmiştir. Biyosensörler; gıda maddeleri, metabolitler, vitaminler, antibiyotikler, ilaçlar gibi organik maddeler ile bazı anorganik bileşikler yanında enzimler, virüsler ve mikroorganizmaların tayininde kullanılırlar. Hiç kuşkusuz biyomedikal sektör biyosensörler için en iyi pazardır. Bu alanda uygulama olanağı bulunan ilk biyosensörler enzim sensörleridir. Ticari olarak üretilen ilk biyosensör ise şeker hastalığı teşhisi için kan ve idrarda glukoz tayininde kullanılan glukoz oksidaz elektrodudur.

Biyosensörlerin; klinik teşhis, biyomedikal sektör, proses kontrolü, gıda üretim ve analizi, tarım ve veterinerlik, bakteri ve virüs teşhisi, ilaç analizi, endüstriyel atık su kontrolü, çevre koruma ve kirlilik kontrolü, maden işletmelerinde zehirli gaz analizleri, askeri uygulamalar gibi alanlarda kullanımı gerçekleştirilmektedir.

Son yıllarda tıbbi analizörlere enzim elektrotları takılarak yoğun bakım ünitelerinde kullanılmaya başlanmıştır. Biyoteknoloji ve gıda endüstrisinde başta glukoz olmak üzere birçok monosakkarit, aminoasitler, organik asitler (laktik asit) üre ve alkol tayinlerinde enzim sensörleri kullanılmaktadır. Ayrıca, gıdalardaki yabancı maddeler (pestisitler, toksinler ve hormonlar vb.) yanında aroma ve tazelik gibi kompleks değişkenlerin tayininde de biyosensörler kullanılabilir. Toprak, hava ve su kirliliğinin kontrolünde mikrobiyal sensörler ve enzim sensörleri kullanılmaktadır. İlaçların kötü amaçla kullanımı ve uyuşturucu ile mücadelede biyosensörler kullanılabilir. (Telefoncu, 1999; Aydın, 2012).

## 4. ANTİOKSİDAN

Antioksidanlar ortamdaki oksijeni alıkoyarak oksidasyon reaksiyonlarının başlamasını veya ilerlemesini engelleyen bileşiklerdir. Doğal olarak biyolojik sistemlerde yani canlılarda söz konusu olan, antioksidanların biyokimyasal etkileridir. Antioksidan maddeler, havanın oksijeni ile bozulan ürünlere ilave edilerek bu bozulmayı engelleyen veya geciktiren sentetik veya doğal madde olarakta kullanılmaktadır. Bu kapsamda gıda endüstrisinde antioksidanlar geniş bir kullanım alanına sahiptir (Okçu ve Keleş, 2009; Huang vd., 2005).

Serbest radikaller, dış yörüngelerinde eşleşmemiş elektronu bulunan moleküllerdir. Bunlar eşleşmemiş elektronları sebebiyle genellikle kararsız ve çok reaktiftirlerdir. Hayvanlarda ve insanlarda fizyolojik ve patolojik koşullarda oluşan reaktif oksijen türleri, reaktif azot türleri ve reaktif klor türleri organizmadaki başlıca serbest radikallerdir. Bu türlerin, organizmada var olan veya gıdayla alınan antioksidanlarla dengelenememesi durumunda oluşan ‘oksidatif stres’ DNA ve hücre membranları gibi duyarlı biyolojik yapıların oksidatif hasarına neden olan radikalik zincir reaksiyonlarını başlatırlar. Bunun sonucunda başta kanser olmak üzere, kalp-damar hastalıkları ve şeker hastalığı gibi hastalıklara yol açarlar. Antioksidanlar, bu serbest radikallerin olumsuz etkilerini ortadan kaldırırılar.

Antioksidanlar hidrojen atomu vericisi olarak etki gösterirler ve zincir oluşturan radikalleri daha az reaktif türlere döndürürler. Bu şekilde oluşan antioksidan radikali, oksijen atomu ile aromatik halka üzerindeki çiftleşmemiş elektronun yer değiştirmesiyle stabilize olur. Bu nedenle antioksidan moleküller yapılarında genellikle fenolik fonksiyon taşırlar. Aromatik bir halka ve buna bağlı olarak fonksiyonel türevleri de dahil bir ya da birden fazla hidroksil gruplarını içeren maddeler, fenolik bileşikler olarak tanımlanmaktadır.

Antioksidanlar yapılarına göre fenolik antioksidanlar, aromatik antioksidanlar ve organik sülfür bileşikleri olarak; etki mekanizmalarına göre primer ve sekonder antioksidanlar olarak sınıflandırılırlar. Bunun dışında temel olarak antioksidanlar doğal antioksidanlar ve yapay antioksidanlar olarak ikiye ayrılırlar. C vitamini, E vitaminleri (tokoferoller), polifenolik bileşikler, flavonoidler, fenolik asitler, fenolik polimerler (tanenler) ve karotenoidler doğal antioksidanlardır (Akış, 2010).

Doğal antioksidan kaynakları olarak meyveler, sebzeler, bitkisel çaylar, şarap, kahve ve kakao gibi ürünleri içeren birçok gıda maddesi ve içeceğini saymak mümkündür. Doğal antioksidan kaynaklarını genel olarak “bitki fenolik maddeleri” oluşturmaktadır. Fenolik maddeler; biyolojik olarak antibakteriyel, antikanserojenik, antialerjik aktivite gösteren bileşiklerdir. Basit fenoller ( $C_6$ ) bitkilerin yapısında doğal olarak oluşurlar. Fenolik bileşikler meyve, yaprak, kök ve kabuk kısımları gibi bitkilerin tüm kısımlarında yer alabilirler (Eruçar, 2006).

#### 4.1. Antioksidan Aktivite Tayin Yöntemleri

Gıdaların antioksidan aktivitelerinin belirlenmesinde birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin bir bölümü hidrojen atomu transferine (HAT, Hydrogen Atom Transfer), diğer bölümü ise elektron transferine (ET, Electron Transfer) dayanmaktadır.

1- Hidrojen Atomu Transferine Dayanan Metot (HAT): Antioksidan aktivite; serbest radikallerin antioksidan maddenin hidrojeni ile etkisiz hale gelmesinin 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.

Hidrojen Atom Transferine dayalı yöntemler arasında;

- Oksijen radikali absorbans kapasitesi (ORAC, Oxygen Radical Absorbance Capacity)
- Toplam radikal yakalama antioksidan parametresi (TRAP, Total Radical Trapping Antioxidant Parameter)
- Düşük yoğunluklu lipoprotein oksidasyonu (Low Density Lipoprotein Oxidation)
- Krosin veya  $\beta$ -karoten ağartma metodu (Crocin or  $\beta$ -karotene Bleaching Method)
- Kemiluminesans (CL, Chemiluminescence)
- Toplam oksidan yakalama aktivitesi (TOSC, Total Oxidant Scavenging Capacity) gibi yöntemler bulunmaktadır.

Elektron Transferine dayalı yöntemler arasında ise;

- Demir (III) İndirgeyici Antioksidan Güç (FRAP, Ferric Reducing Antioxidant Power)
- Bakır (II) İndirgeyici Antioksidan Aktivitesi (CUPRAC, Copper Reduction)
- Trolox eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC, Trolox Equivalent Antioxidant Activity)

- DPPH radikali yakalama kapasitesi (DPPH,2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity assay) gibi yöntemler bulunmaktadır (Prior vd., 2005).

#### 4.1.1. ORAC: Oksijen radikali absorplama kapasitesi

Çeşitli ekstraktlar ve fitokimyasalların antioksidan aktivitesini ölçmek için kullanılır. Metodun ilk halinde prob olarak floresan bir protein olan  $\beta$ -fikoeritrin ( $\beta$ -PE) ile ve peroksil radikal başlatıcısı olarak AAPH (2,2'-azobis(2 amidinopropan)dihidroklorit) bileşiği ile çalışılmıştır. Ancak  $\beta$ -PE'nin fotostabil olmaması, polifenolik maddelerle etkileşimi ve radikal başlatıcı eklenmediğinde bile fluoresansının azalması dezavantajlarıyla karşılaşılmış ve sonraları ORAC metodu, prob olarak  $\beta$ -PE yerine floressein kullanılarak geliştirilmiştir. Floressein (FL, 3',6'-dihidroksispiro [izobenzofuran-1[3H], 9'[9H]-ksanten]-3-on) protein olmayan sentetik bir probdur. Bu metotta radikal başlatıcı olan AAPH, floressein veya  $\beta$ -PE'nin fluoresansında azalmaya neden olur. Reaksiyon ilerledikçe floressein veya  $\beta$ -PE tüketilir. Antioksidan varlığında AAPH radikalleri giderilir ve fluoresans azalması inhibe edilir (Güvenç vd., 2012).

#### 4.1.2. TRAP: Toplam radikal kapanı antioksidan parametresi

Toplam radikal yakalayıcı parametre (TRAP) yöntemi ilk defa Wayner ve ark. tarafından geliştirilmiştir. 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. 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. Bu yöntemde karşılaşılan problemlerden biri oksijen elektrotunun gereken zaman boyunca stabilitesinin sağlanamamasıdır. TRAP yönteminin geçmişi ve bugün ki durumu ile ilgili detaylı bilgi Ghiselli ve arkadaşlarının çalışmasından elde edilebilmektedir. Yöntemde flüoresan prob olarak  $\beta$ -fikoeritrin ( $\beta$ -PE) kullanılmaktadır ve plazmanın, AAPH tarafından oluşturulan peroksil radikallerinden  $\beta$ -PE'yi koruyabilme özelliğini ölçmektedir. Antioksidanlar bozulmayı

önler ve flüoresansı geciktirir. TRAP yöntemi suda çözünebilen peroksil radikallerinin üretimi ve lipit peroksidasyonunun başlatılması ile alakalıdır ve bilinen tüm zincir kırıcı antioksidanlara hassastır. Fakat yöntem zaman gerektiren oldukça kompleks bir yöntem olup; oldukça fazla tecrübe gerektirmektedir (Prior ve Cao, 1999; Ghiselli vd., 2000; Prior vd., 2005; MacDonald-Wicks vd., 2006; Somogyi vd., 2007; Albayrak vd., 2010).

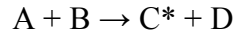
#### 4.1.3. TOCS: Toplam oksidan yakalama aktivitesi

Bu metot hidroksil- peroksil ve peroksinitril radikallerine karşı antioksidan reaksiyonunun absorpsiyon ölçümüne dayanır. Keto-&-methiobütrik asit (KMBA) substratı okside olarak etilen oluşturur. Oluşan etilen ise GC “head space” analizi ile belirlenir. Antioksidan kapasitesi ise; antioksidan maddenin etilen oluşumunu inhibe etmesi ile ölçülür. Burada kontrol reaksiyonuna karşı göreceli olarak antioksidan maddenin etilen oluşumunu inhibe etmesine bakılır (Öztaş, 2006).

#### 4.1.4. CL: Kemilüminesans (Chemiluminescence)

Kemilüminesans, iki molekül arasındaki bir ekzotermik tepkimede açığa çıkan enerjinin bir kısmının ısı yerine ışığa dönüşmesi sonucunda gözlenen bir olaydır. Bu durumun ana nedeni tepkime esnasında açığa çıkan enerjinin oluşan ürünü elektronik olarak uyarılmış duruma getirmesidir. Elektronik olarak uyarılmış molekül, fazla enerjisinden kurtulurken ışımaya yapabilir veya ışımaya yapmak üzere farklı bir molekülü uyarabilir. Bu durumu aşağıdaki gibi ifade edebiliriz.

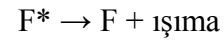
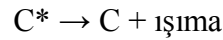
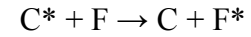
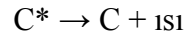
##### Kemilüminesans tepkimesi



##### Kemilüminesans oluşumu

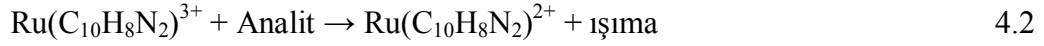
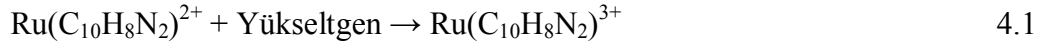
I. yol

II. yol



Tepkimelerde yer alan (\*) iflaretli molekülün elektronik olarak uyarılmış durumda olduğunu göstermektedir. Görüldüğü gibi kemilüminesans oluşumu iki yolla gerçekleşmektedir. İlkinde oluşan ürün doğrudan ışımaya yapmaktadır. Bu tür moleküllere örnek olarak bis (2,2'-bipridin) rutenyum (II) kompleksi verilebilir. Bu molekül ışımaya yapması için öncelikle bir yükseltgen yardımıyla bis (2,2'-bipridin) rutenyum (III)

kompleksine dönüştürülür (Eşitlik 4.1). Daha sonra yükseltgenmiş kompleks analit ile tepkimeye girerek tekrar bis (2,2'-bipridin) rutenyum (II) kompleksine indirgenir. Bu indirgenme işlemiyle eş zamanlı olarak ışımaya olayı gerçekleşir (Eşitlik 4.2).

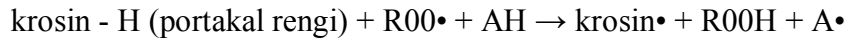
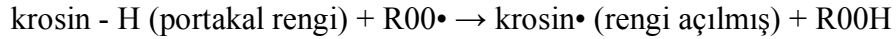
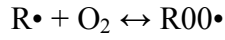
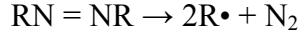


Kemilüminesans oluşumu için ikinci yol ise tepkime ortamına floresans özellik gösteren bir madde ilave edilmesiyle, tepkimede oluşan fazla enerjinin bu türe aktarılması sonucunda ışımaya elde edilmesidir. Doğrudan kemilüminesans yapan az sayıda bileşik olduğu düşünüldüğünde bu yöntem analitiksel açıdan daha yararlıdır. Bu tür sistemlere örnek olarak difenil okzalat ve hidrojen peroksit arasındaki tepkime verilebilir. Tepkime ortamına ilave edilen floresans maddenin türüne göre farklı renklerde kemilüminesans ışımaya gözlenebilir. Floresans madde olarak rodamin B kullanıldığında kırmızı renkli ışımaya elde edilir. Kemilüminesans oluşturan tepkimelerin çoğunluğu görüldüğü gibi yükseltgenme-indirgenme tepkimeleridir. Bu nedenle bu tepkimelerin doğrudan bir elektrot yüzeyinde de oluşturulabilmeleri mümkündür. Bir elektrot tepkimesi sonucunda uyarılan moleküller tarafından oluşturulan ışımaya elektrokemilüminesans adı verilir. Elektrokemilüminesans oluşum mekanizması kemilüminesansa benzerdir, tek fark indirgenme veya yükseltgenme tepkimelerinin doğrudan elektrot yüzeyinde gerçekleştirilmesidir. Lüminesans oluşum süreci eğer canlı bir organizma içinde gerçekleşiyorsa bu durum biyolüminesans olarak adlandırılır. Söz konusu bu olay enzimatik tepkimeler yardımıyla gerçekleştirilir. Biyolüminesansın bilinen en önemli örneği ateş böceği olarak adlandırılan ve geceleri sarı-yeşil ışık saçan böceklerdir. Bu canlılar, lüsiferin maddesinin bir adenozin monofosfat (AMP) türevini oksijen varlığında lüsiferaz enzimi yardımıyla kısmen yakarak açığa çıkan enerjiyi ışımaya dönüştürür.

#### 4.1.5. Krosin veya beta karoten ağartma metodu

Oksidasyon ışık veya ısı yoluyla veya peroksil radikalleri ile (örneğin AAPH veya yükseltgeyici lipidler) başlatılır. Bu renk açılması radikallere hidrojen atomu veren klasik antioksidanlar tarafından önlenemez veya azaltılabilir. Hedef olarak  $\beta$ -karoten

sıklıkla kullanılmasına rağmen,  $\beta$ -karotenin 470 nm'de rengini kaybetmesi, birkaç yolla olabilir. Bu yüzden sonuçların yorumlanması zordur. Buna karşılık, ilk olarak Bors ve arkadaşları tarafından önerilen krosinin, yalnızca radikal oksidasyonu yoluyla rengi açılır. Bu nedenle  $\beta$ -karoten yerine tercih edilir.



Ursini ve arkadaşları bu metodu plazma antioksidan kapasitesinin tayininde uygulamışlardır. Deneysel olarak, reaksiyon 10  $\mu$ M krosin ve bilinen miktarda antioksidan içeren 2 mL fosfat tamponu (0.1 M, pH 7.0) hazırlanmasıyla gerçekleştirilmiştir. Daha sonra reaksiyonu başlatmak için radikal başlatıcı AAPH (50  $\mu$ L, 0.5 M) eklenmiştir. Renk açılması krosinin maksimum absorpsiyon yaptığı 443 nm dalgaboyunda ( $\epsilon=1.33 \times 10^5 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ) 10 dakika boyunca spektrofotometrik olarak izlenmiştir. APPH eklendikten sonra krosinin ağarma hızı yaklaşık 1 dakika doğrusaldır. Antioksidanlar ağarmaya engel olur. Başlangıç krosin ağarma hızları antioksidan varlığında ( $V$ ) ve yokluğundaki ( $V_0$ ) kinetik eğrilerden elde edilir.  $V$  ve  $V_0$  arasındaki ilişki aşağıdaki eşitlikle gösterilir.

$$\frac{V_0}{V} \equiv 1 + \frac{k_{AH}}{k_C} \times \frac{[AH]}{[C]}$$

[AH] = antioksidan derişimi

[C] = krosin derişimi

$k_{AH}$  =  $R00\cdot$  ile antioksidan reaksiyonu için hız sabiti

$k_C$  =  $R00\cdot$  ile krosin reaksiyonu için hız sabiti

$V_0/V$ 'ye karşı  $[AH]/[C]$  grafiği, eğimi  $k_{AH}/k_C$  olan ve bağıl peroksil radikal süpürme kapasitesini gösteren doğrusal bir eğri vermelidir. (Ursini vd., 1998; Tubaro vd., 1998; Bowry ve Ingold 1999; Burda S ve Oleszek, 2001; Huang 2005; Ordoudi, 2006; Büyüktüncel, 2013)

#### 4.1.6. LDL: Düşük yoğunluklu lipoprotein oksidasyonu

Antioksidan ölçümü için LDL'nin ex vivo (canlı dışında) oksidasyonunu ölçmeye dayanan, bu metot linoleik asit veya LDL otooksidasyonunu Cu(II) veya azo bir başlatıcı ile suni olarak azaltılmasını ölçer. Aynı zamanda LDL oksidasyonu uygulamaları ile fizyolojik sistemlerdeki antioksidan kapasitesi hakkında değer biçilebilir. Bu metotta görülen oksidatif reaksiyonlar canlıda görülen oksidatif reaksiyonlarla ilişkilidir.

Otooksidasyon 234 nm'de UV absorbansı ile izlenir. Linoleik asit oksidasyonu ile oluşan konjuge dien peroksitler 234 nm'de maksimum absorbansa sahiptir (Öztaş, 2006).

#### 4.1.7. FRAP: Demir (III) indirgeyici antioksidan aktivite

Bu metodta düşük pH'da ferrik tripiridiltiazin kompleksi ( $Fe^{3+}$ -TPTZ) antioksidanların etkisiyle ferröz kompleksine ( $Fe^{2+}$ -TPTZ) indirgenir. Oluşan kompleksin 593 nm'de absorbansı ölçülür. Böylece elektron vermenin antioksidanların toplam indirgeme kapasitesiyle lineer olduğu varsayılır. Bu yaklaşımın dezavantajı, metod okside olabilen bir substrat içermediğinden antioksidanların koruyucu özellikleri hakkında bilgi sağlamamasıdır (Benzie ve Strain, 1996; Huang vd., 2005; Aydın, 2011).

#### 4.1.8. CUPRAC: Bakır(II) indirgeyici antioksidan aktivitesi

Bu yöntem, bir numunedeki antioksidanlar tarafından Cu(II)'nin Cu(I)'e indirgenmesi temeline dayanır. Apak ve arkadaşlarının geliştirdiği bu yöntemde, 2,9-dimetil-1,10-fenantrolin (Neokuproin veya 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] kelatına indirgenme yeteneğinden yararlanarak antioksidan kapasite hesaplanmaktadır. Fenantrolin kompleksleri suda çok düşük çözünürlüğe sahiptirler ve % 95'lik etanol gibi organik çözücülerde çözünmelidirler ve seyreltilmelidirler. Polifenoller için FRAP değerleri oldukça düşük iken, CUPRAC değerleri TEAC değerleriyle benzerdir (Apak vd., 2004; Büyüktünel, 2013).

#### 4.1.9. TEAC veya ABTS metodu

En çok kullanılan antioksidan aktivite ölçüm metodlar(ın)dan birisi ABTS/TEAC yöntemidir. Bu yöntem, ABTS'nin (2,2'-azinobis-(3- etilbenzotiazolin-6-sulfonik asit)) oksidasyonu sonucu oluşan ABTS<sup>•+</sup>radikal çözeltisi üzerine, antioksidan içeren örneğin eklenmesi sonucu radikalın indirgenmesi ve oluşan mavi/yeşil renkli ABTS<sup>•+</sup> radikalının renginin 600–750 nm dalga boyunda belirlenmesi ilkesine dayanmaktadır. Reaksiyon sonucu harcanan ABTS<sup>•+</sup> miktarı, troloks eşdeğeri olarak hesaplanmakta ve sonuç 'TEAC değeri' (Troloks eşdeğer antioksidan kapasitesi) olarak ifade edilmektedir (Garcia-Alonso vd., 2004). Bu yöntem, hem biyolojik sıvılara hem de gıdalara uygulanabilmektedir (Villano vd., 2004). Bu yöntem ile; flavonoidler, hidrokisisinamik asitler, karotenoidler gibi hidrofilik ve lipofilik antioksidanlar ölçülebilmektedir (Re vd., 1999). ABTS<sup>•+</sup>radikali; 414, 645, 734 ve 815 nm dalga boylarında absorbans vermesine karşın, antioksidan aktivite tayininde 734 nm'de ölçüm yapılmaktadır. ABTS çözeltisinden ABTS<sup>•+</sup> radikali çeşitli yöntemlerle oluşturulabilmektedir. Bu amaçla ABTS<sup>•+</sup> radikali; miyogloblin ve bayır turbu peroksidazı kullanılarak enzimatik yolla veya MnO<sub>2</sub>, potasyum persülfat ve peroksit radikalleri kullanılarak kimyasal olarak elde edilmektedir (Villano vd., 2004; Apaydın, 2008).

#### 4.1.10. DPPH metodu

DPPH serbest kök bağlama metodu, lipid oksidasyonunu önleyen antioksidanlar için genel olarak kabul edilmiş bir mekanizmadır. Diğer metotlarla karşılaştırıldığında; DPPH serbest kök bağlama metodu, antioksidan aktivitelerin kısmi olarak kısa zamanda belirlenmesini sağlamaktadır. Antioksidanların DPPH serbest kökünü bağlama etkilerinin, bunların hidrojen (H) iyonu verme yeteneklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Chen ve Ho, 1997; Wang vd., 1998). DPPH serbest kök bağlama metodunda, örneklerin H iyonu verme kapasiteleri, stabil bir serbest kök DPPH kullanılarak araştırılmaktadır. H iyonu verme yatkınlığı olan bir bileşimin varlığında DPPH kökü indirgenir ve stabil serbest kök formu oluşur. Başlangıç DPPH konsantrasyonunu % 50 azaltmak için gereken örnek konsantrasyonu (EC<sub>50</sub>), antioksidan aktiviteyi hesaplamakta sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Düşük EC<sub>50</sub> değeri yüksek antioksidan kapasiteyi gösterir. Diğer bir parametre ise anti-radikal etkinlik (AE=1/EC<sub>50</sub>) veya anti-radikal güçtür (ARP). Anti-radikal etkinliğin yüksek

olması antioksidan aktivitenin yüksek olması anlamına gelmektedir (El-Nehir ve Karakaya, 2003). Fenolik bileşiklerin antioksidan etkileri; lipid köklerini kararlı bileşikler haline dönüştürerek zincir tepkimesini kırmak olup; birincil antioksidan olarak görev yapmaktadırlar (Altan, 1989). Fenolik bileşiklerden ayrılan hidrojenler, kararsız serbest (R) kökü ile birleşerek inaktif ürün oluşturmaktadır. Fakat bu köklerdeki elektronlar molekül içerisinde yerdeğiştirdiğinde kararlı serbest hibrit kökleri olarak kalmaktadır (Nergiz ve Ünal, 1989; Turan, 2005).

#### **4.1.11. İndirgeme potansiyeli metodu**

Serbest radikalleri yakalama aktivitesi esasına dayanan diğer yöntemlerden biri olan indirgeme potansiyeli metodunda yüksek absorbans, yüksek indirgeme potansiyelini gösterir. Bu metotta antioksidan maddenin indirgeme gücüne bağlı olarak antioksidan aktivite belirlenir. Potasyum ferrisiyanid [ $K_3Fe(CN)_6$ ] maddesindeki Fe(III) iyonlarının antioksidan reaksiyon sistemi içerisinde Fe(II) iyonlarına indirgenmesi 700 nm de ölçülerek antioksidan aktivite belirlenir. Yüksek absorbans değeri yüksek indirgeme potansiyelini gösterir. Sonuçlar askorbik asit eşdeğeri olarak verilir (Özcan, 2006).

#### **4.1.12. Linoleik asit emülsiyonu veya demir-tiyosiyanat metodu**

Oksijenin alkil radikallerle reaksiyonu sonucu oluşan peroksil radikalının oldukça iyi bir oksidasyon ajanı olduğu bilinmektedir. Bu radikal düşük redüksiyon potansiyeli sayesinde hidrojeni diğer moleküllerden çeker ve reaksiyon genellikle lipit peroksidasyonunun ilerleme safhasında görülür. Hücre membranları ise lipit peroksidasyonunun direkt hedefidir. Linoleik asit emülsiyonuna karşı antioksidan özelliği gösteren maddeler lipit peroksidasyonunu belirli oranlarda inhibe edebilmektedirler.

Bu metot ile linoleik asitin antioksidan madde varlığında ve antioksidan madde olmadığı durumda okside olma derecesi belirlenerek antioksidan aktivitesi ölçülür. Linoleik asit ve antioksidan madde içeren bir sistem oluşturulur ve antioksidan maddenin lipit peroksidasyonunu inhibe etme derecesi (LPI) antioksidan aktivitesinin bir göstergesi olarak kabul edilir.

Lipit peroksidasyonunu inhibe etme yüzdesi aşağıda verilmiştir (Öztan, 2006).

$$\%LPI= 100 - [Abs_{\text{örnek}} / Abs_{\text{kontrol}}] \times 100]$$

#### 4.1.13. Metal şelatlama aktivitesi

Metal şelatlama aktiviteleri, Dinis ve arkadaşlarının belirledikleri metoda göre yapılır. Sonuçlar 562 nm de absorbansı ferrozin hariç geriye kalan çözülden oluşan köre karşı kaydedilir. Kontrol olarak ekstre numunesi hariç geriye kalan çözelti kullanılır. Tutuklanan metalin yüzdesi şu formülle hesaplanabilir:

$$\%Şelatlama Aktivitesi = [(A_o - A_c) / A_o] \times 100$$

I = İnhibisyon

A<sub>o</sub> = Kontrolün Absorbans Değeri

A<sub>c</sub> = Numunenin Absorbans Değeri (Dinis vd., 1994; Türkoğlu vd., 2014)

## 5. KURUTMA

Gıda muhafaza yöntemleri gıda güvenliği açısından çok önemlidir ve ürüne uygun olmayan koruma ve muhafaza metodu tercih etmek ürün kalitesinde ve besin değerinde kayıplar yaratabilmektedir. Bu nedenle ürüne göre seçilecek kurutma yöntemi büyük önem taşımaktadır. Kurutma terimi gıda maddesindeki nemin uzaklaştırılması anlamını taşımaktadır. Böylece, gıdanın nem seviyesi mikroorganizma gelişimini engelleyecek düzeye düşürülmektedir. Bu özellikleriyle kurutma, çok çeşitli ürünler için en kolay ve genel gıda muhafaza yöntemidir. Kurutulmuş ürünler taze ürün pazarına etkili bir alternatif olmuştur (Erbay, 2008; Küçüköner, 2008).

Kurutma, kompleks yapısıyla birçok bilim insanının uzun yıllardır ilgisini çekmiş ve hala da çekmeye devam etmektedir. Kurutma işleminde uzun yıllardan beri süregelen temel araştırma alanı; kurutma havası koşulları, kurutucu tipleri, enerji maliyeti ve gıda kalitesini etkileyen parametrelerin belirlenmesi olmuştur (Hossain, 2001; Erden, 2005).

Kuru ürün şeklinde ihraç edilen ürünlerin ülke ekonomisine olan katkıları şüphesizdir. Bu nedenle sebze ve meyveler için uygulanacak kurutma yöntemleri son derece önemlidir. Uygun kurutma tekniklerinin kullanılmasıyla ihracat gelirlerini arttırmak mümkündür (Kara, 2008).

İnsanların beslenmesinde önemli yere sahip olan tarımsal ürünlerin depolanmasını sağlayan kurutma işlemi insanlığın ilk kullandıkları tekniklerden biridir. Günümüzde ürünlerin kurutma işlemi güneş ışığı altında olabileceği gibi, kontakt, konvektif, ışınlı, dielektrik, donmalı ve ozmotik kurutma gibi çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilmektedir (Karabayır, 2006).

Gıda maddelerinin kurutulmasının birinci ve en önemli amacı, dayanma süreleri kısa olan ürünlerin dayanma sürelerini artırmaktır. Nem içerikleri belirli bir miktarın altına düşürülmüş olan gıda maddeleri, normal atmosfer koşullarında, kimyasal, enzimatik ve mikrobiyolojik bozulmalara karşı daha dayanıklıdır. Kurutulan pek çok gıda maddesinin hacmi de önemli oranda azaldığından taşıma ve depolamada işlemlerinde maliyet düşmekte ayrıca işlem kolaylaşmaktadır. Bunlardan başka, gıda maddeleri; ham madde, ara madde veya mamul maddeye istenilen fiziksel veya kimyasal özelliklerin kazandırılması için de kurutulurlar. Son olarak; kurutma işlemi

enerji tasarrufu sağlamak amacıyla da yapılmaktadır (Evranuz, 1988; Akpınar vd., 2003; Bingöl, 2010).

Ülkemizde ürünlerin büyük bir kısmı doğal kurutma işlemiyle kurutulmaktadır. Doğal kurutma işlemleriyle kurutulan bu ürünlerde ekonomik açıdan iç ve dış pazarda kalite ve değer kaybı gibi sorunlarla karşılaşmaktadır. Aynı zamanda açık hava koşullarında yapılan doğal kurutma işlemleri sonucu kuru ürünün elde edilmesinde uzun sürelere gereksinim vardır. Doğal kurutma yöntemi olan güneşte kurutma ile elmaların kurutulması tercih edilmez. Çünkü güneş, elmaların hem renklerini karartır, hem de çok kurutur. Kontrollü kurutma sağlandığından fırınlarda kurutma tercih edilir (Çelen, 2010).

Tarım ürünlerinin kurutulması sırasında kullanılan kurutucular, ürünün özelliklerine uygun olmanın yanı sıra, kurutma işleminden beklenen özellikleri de sağlayacak yetenekte olmak zorundadır. Bu nedenle birbirinden önemli farklılıklar gösteren çeşitli tiplerde kurutucular geliştirilmiştir. Tarım ürünlerinin kurutulması için, günümüze kadar güneş ışığında kurutmadan, dielektrik kurutma tekniklerine kadar geliştirilmiş birçok yöntem bulunmaktadır (Karaaslan, 2008).

### **5.1. Kurutucuların Sınıflandırılması**

Endüstriyel bir proses olan kurutma işlemi gıda sanayinde ve farklı sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle meyve ve sebze ürünlerinde tercih edilen bu yöntem ile daha az enerji harcanmakta, azalan kütle ile taşıma kolaylaşmakta, daha uzun raf ömrüne sahip ve daha yoğun besin değeri olan ürünler elde edilmektedir. Sıcaklık uygulamaları ve geleneksel açık havada kurutma yöntemi ile büyük oranda zarar gören vitaminler ve mineral maddeler gibi bileşenlerin farklı kurutma sistemleri kullanılarak yüksek korunumları sağlanabilmektedir. Örneğin solar kurutucular, hava üfleli kurutucular, vakum kurutucular, mikrodalgalı kurutucular, dondurarak kurutma yapan sistemler ve birlikte kullanımları tercih edilen yöntemler arasında yer almaktadır. Endüstriyel olarak da kolaylıkla uygulanabilen bu kurutma sistemleri, tüketiciye yüksek kaliteli ve üniform ürünler sunmaktadır (Küçüköner, 2008).

Uzun seneler süren deneysel çalışmalar sonunda çok değişik tipte cihazlar meydana getirilmiştir. Hatta birbirine çok benzer operasyonlar için, birbirinden oldukça farklı birkaç cihaz kullanılmaktadır. Bu sadece, o endüstri kolunda uzun seneler boyunca meydana gelmiş alışkanlığın eseridir. Cihazların yapılarındaki bu farklılık, sınıflandırmayı güçleştirir. Kurutma işlemine giren maddelerin şekli esas alınarak yapılan çalışmalarda kurutucular aşağıdaki gibi gruplara ayrılmıştır:

I. Tepsi (tava) veya konveyör üzerinde taşınan, yığın veya tabaka halindeki maddeler.

A. Devamsız Kurutucular

1. Atmosferik-kompartıman
2. Vakum-tepsi(tava)

B. Devamlı Kurutucular

1. Tünel

II. Tanecik halinde gevşek yapılı maddeler

A. Döner kurutucular

1. Standart tip
2. Roto-Louvre

B. Türbo kurutucular

C. Konveyör kurutucular

D. Süzgeç-kurutucu karışımı sistemler

III. Devamlı bir tabaka halindeki maddeler

A. Silindir kurutucular

B. Askı kurutucuları

IV. Hamur ve lapa veya kek teşkil eden kristaller

A. Karıştırmalı kurutucular

1. Atmosferik
2. Vakum

V. Çözelti halindeki maddeler

A. Tek ve çift silindirli kurutucular

1. Atmosferik

## 2. Vakum

### VI. Özel yöntemler

A. İnfrared radyasyon

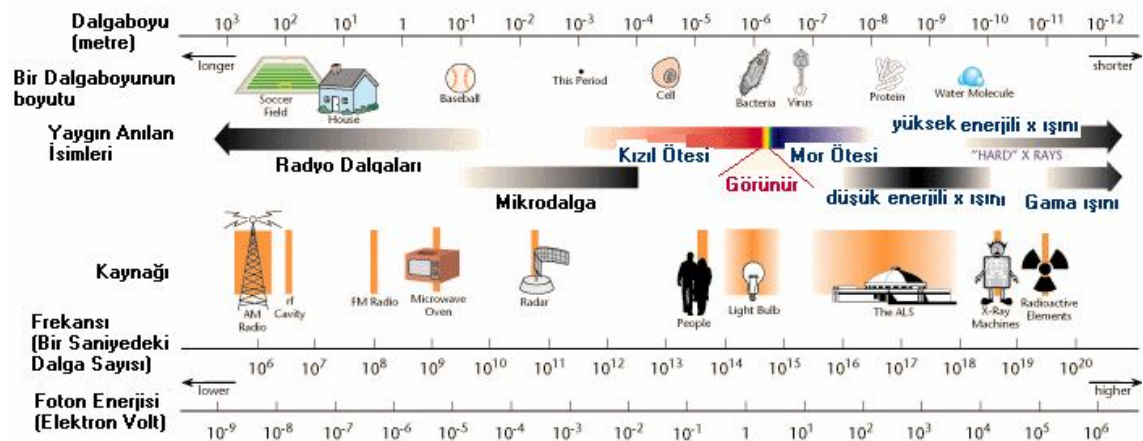
B. Dielektrik ısıtma

C. Buzdan buharlaştırma (Banchero ve Badger, 1973; Güngör, 2013).

#### 5.1.1. Mikrodalga teknolojisi

Son yıllarda birçok ülkede kullanım rahatlığı ve zamandan sağladığı tasarruf nedeniyle evlerde ve toplu beslenme yerlerinde mikrodalga fırınlara olan talep oldukça artmıştır. Bu talep, gıda üretimi ve hazır gıda servisi endüstrilerinin; evlerde kullanılan mikrodalga fırınlar için, yeni gıda formülasyonları ve paketleme dizaynları geliştirmelerine neden olmuştur (Karakaya, 1991).

Mikrodalgalar elektromanyetik spektrumun bir parçası olup görünür ışık ile radyo dalgaları arasında yer almaktadır. Dalga boyları 1 nm-1 m arasında ve frekansları 300 MHz-300 GHz arasında değişmektedir (Şekil 5.1).



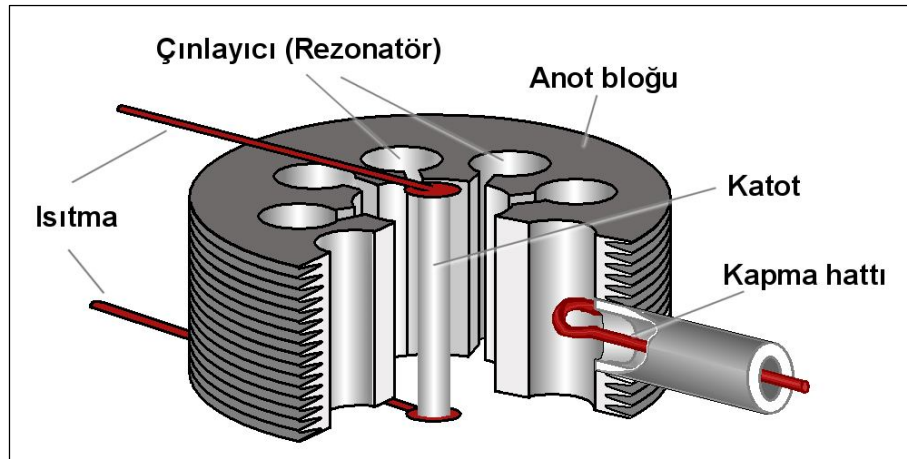
Şekil 5.1. Elektromanyetik dalga spektrumu (Erdem, 2007)

Mikrodalga kurutma sistemlerinin çoğu, mikrodalga ve konvansiyonel ısıtmayı birleştirir. Gıda endüstrisi, kimya endüstrisi, otomotiv endüstrisi gibi değişen endüstrilerde çeşitli kurutma sistemleri vardır. Her bir durumda mikrodalga kurutma sistemleri ürünün kalitesini etkilemeksizin önemli şekilde kuruma zamanını azaltır.

Mikrodalga fırınlarda, ışın doğrudan gıdanın içerisine verilmektedir. Mikrodalga, fırın içerisindeki magnetron adı verilen vakum tüpünden üretilir. Magnetron 60 Hz'lik elektrik enerjisini mikrodalgaya dönüştürür. Üretilen mikrodalgalar foton olarak adlandırılan ışın tanecikleri halinde yayılır. Mikrodalga fotonları düşük düzeyde enerjiye sahiptir. Üretilen mikrodalgalar besinlere ulaştığında besinde bulunan su molekülleri mikrodalga fotonlarının enerjisini soğurarak artı ve eksi uçları arasında titreşmeye başlarlar. Bu titreşmeler sonucu etraflarındaki moleküller ile oluşan sürtünmeden dolayı açığa çıkan ısı, besinlerin pişmesini sağlar. Bu nedenle içinde daha çok su molekülü taşıyan besinler daha çabuk pişer.

Mikrodalga ile pişirme geleneksel pişirme yöntemlerinden hem daha hızlıdır hem de daha ekonomiktir. Çünkü pişirme sürecinde yalnızca besin pişer, fırın ve ortamın ısınması için enerji ve zaman harcanmaz. Mikrodalga fırınlar kullandıkları elektrik enerjisinin %50'sini besinlerin ısıtılması için kullanırken, bu oran konvansiyonel fırınlarda %10'lara kadar düşmektedir.

Mikrodalga fırınlar magnetron (Şekil 5.2), transformatör, dağıtıcı ve kontrol ünitesinden oluşur. Mikrodalga fırınların en önemli ünitesi magnetrondur. Magnetronlar 4 000–6 000 Volt'luk elektrik enerjisini mikrodalgalara dönüştürür (Yaşar, 1999).



Şekil 5.2. Magnetronun iç yapısı (Anonymous, 2006).

**Mikrodalga Isıtmanın Avantajları ve Dezavantajları:** Mikrodalga ile ürünlerin ısıtılmasının mikrodalga enerji kullanımından dolayı bir takım avantaj ve dezavantajları vardır. Avantajlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

1. Isıtma geleneksel yöntemlere göre hızlıdır. Mikrodalga ısıtmanın en önemli özelliği ise üretiminin moleküler düzeyde başlaması ve bu sayede hem zamandan, hem de enerjiden çok büyük oranda tasarruf sağlamasıdır,

2. Temizdir,

3. Mikrodalga fırınlar, geleneksel sistemlere göre daha az yer kaplar, kullanımı ve bakımı kolaydır,

4. Isıtma çevrimi hızlı olduğundan gıda maddelerinin depolanmasında çok fazla depo alanı gerekmez,

5. Gıda büzülmesi ve kayıpları daha azdır,

6. Özel ambalajlar kullanıldığı takdirde gıdalara ısıtma işlemi uygulanabilir,

7. Mikrodalga ısıtma, istenen sonuca ulaşılabilmesi için diğer ısı transfer yöntemleriyle kombine olarak uygulanabilir,

8. Mikrodalga ısıtmada, gıdayı çevreleyen hava ve fırın ısınmadığından ısıtma daha etkindir, zaman ve enerji tasarrufu sağlar,

9. Mikrodalga enerjisinin ısıya dönüşüm verimi oldukça yüksektir. Geleneksel ısıtıcılarda %7-14 arası değişen ısı verimi mikrodalga ekipmanlarında %40 'a kadar çıkmaktadır,

10. Mikrodalgalar içten ısıtma sağladığı için, ürünlerdeki sıcaklık dağılımı daha uniformdur ve ürün yüzeyinin aşırı ısınması engellenir,

11. Mikrodalga teknolojisi birçok yeni ürün geliştirilmesinde olanakları sağlamıştır,

12. Pazar imkânı geniştir (Kanat, 2001).

Mikrodalga ısıtmanın, yukarıda sıraladığımız avantajlarının yanında bir takım dezavantajları da vardır. Bunlar:

1. Sabit yatırım masrafları yüksektir, magnetronlar geleneksel ısıtma elemanlarına göre pahalıdır, bu yüzden sanayide kullanımı yavaş gelişmektedir,

2. Mikrodalgaların ürün tarafından absorbe edilmesi elektromanyetik özelliklere bağlı olduğundan, çok bileşenli gıdalarda sıcaklık profili büyük oranda farklı olabilir.

Ürün karakteristikleri, şekil ve boyuta bağlı olarak düzensiz pişme meydana gelebilir. Keskin köşe ve kıyılarda aşırı pişme ortaya çıkar ve geniş parçalı gıda maddelerinin merkezinde pişme tam gerçekleşmeyebilir,

3. İnsan sağlığı açısından radyasyon sızıntısının önlenmesi gerektiğinden tamamen kapalı bir sistem olması zorunludur,

4. Mikrodalga fırınlar, geleneksel fırınlara göre farklı emniyet tedbirleri gerektirir,

5. Mikrodalgaların teknolojileri daha karmaşıktır, bu da eğitimsiz insanlar için kullanımı tehlike oluşturur,

6. Tekrar ısıtılması gereken ve mikrobiyolojik yönden hassas ürünlerde (et ve süt ürünleri gibi), işlem süresinin çok kısa olması nedeniyle yeterli ve güvenli bir şekilde mikroorganizmaların etkisiz hale getirilmesi zor olabilmektedir. Mikrodalga ısıtma işlemde sıcak ve soğuk noktaların belli olmaması ve saptanmasının zor olması mikrobiyolojik kontrolü zorlaştırmaktadır,

7. Kullanılan kapların, ambalaj malzemelerinin mikrodalga ortamına uygun olması gerekmektedir. İletken maddeler mikrodalga etkisi ile ark oluşturmakta, ürüne ve kurutma ekipmanına hasar verebilmektedir. Cam, porselen, plastik, kâğıt mikrodalga için uygun malzemeler olarak bilinmektedir (Kanat, 2001; Erdem, 2007).

### 5.1.2. Vakumlu kurutma

Kurutulmuş ürünler, zengin besin içeriği ve su içeriğinin düşürülerek mikrobiyolojik stabilitesinin artırılması, yüksek depolanma özellikleri ile işlenmiş gıdalar arasında önemli bir yere sahiptir. Gıdaların gerek geleneksel kurutma işlemleri ile gerekse teknolojik kurutma ekipmanları ile kurutulması sırasında besin içeriğinde önemli kayıplar ortaya çıkmaktadır. Besin içeriğinde meydana gelen kayıpları azaltmak ve kurutulmuş gıdanın kalitesini korumak için, vakumlu kurutma işlemi geleneksel yöntemlerin yerine başarılı şekilde uygulanmaktadır (Mousa ve Farid, 2002).

Vakum kurutucular ısıya duyarlı ürünlerin, daha düşük sıcaklıklarda hızla kurumasını sağlamak amacıyla geliştirilmişlerdir (Arevalo-Pinedo ve Murr, 2007). Atmosferik koşullarda kurutma yöntemleri ile karşılaştırıldığında, vakumlu kurutma yöntemi; daha düşük kurutma sıcaklığı ve oksijensiz ortamda kuruma gibi bazı karakteristik özelliklere sahip olup, daha kaliteli ürün elde edilmesini sağlamaktadır

(Jaya ve Dass, 2003; Wu vd., 2007). Ürün dehidrasyonu sırasında ortamda hava bulunmadığı için oksidasyon reaksiyonları azaltmakta ve vakum kurutucularda kurutulmuş olan ürünlerde renk, tekstür ve aroma özellikleri daha iyi korunabilmektedir (Erbay ve Küçüköner, 2008; Şahin vd., 2012).

### **5.1.3. Dondurarak kurutma (Liyofilizatör)**

Dondurarak kurutma, son ürünün kalitesi bakımından kurutma yöntemleri arasında en iyi metotlardan biridir. Dondurarak kurutma prosesi; donma, vakum, süblimasyon ve yoğunlaşma operasyonlarından oluşur ve ürünlerdeki suyun katı halden doğrudan gaz haline geçmesi prensibine dayanmaktadır. Gıdada bulunan suyun uzaklaşmasına ve işlemin çok düşük sıcaklıklarda gerçekleşmesine bağlı olarak olası reaksiyonlar ve mikrobiyolojik aktivite durdurulduğundan mükemmel kalitede son ürün elde edilebilmektedir (Ratti, 2001). Burada en önemli faktör olan yapısal sertlik, süblimasyonun meydana geldiği yüzeyin donmuş olmasıyla sağlanmaktadır. Bu yapısal sertlik, kurutma işleminden sonra, kurutulmuş maddenin şeklinin bozulmasını da önlemektedir. Sonuç olarak dondurarak kurutulmuş ürüne tekrar su ilave edildiğinde büzülmemiş gözenekli yapısı sayesinde hızlı bir şekilde bünyesine su alarak (rehidrasyon) kurutma öncesi yapısına çok yakın bir yapıya ulaşması sağlanmaktadır.

Dondurarak kurutulmuş gıda ve biyolojik maddelerin diğer bir avantajı da kurutma işlemi sırasında çok az tat ve aroma kaybına uğramalarıdır. Sıcaklığın çok düşük ve bağıl nemin düşük olması, lokal olarak su kaybının çok hızlı olması, diğer geleneksel kurutma yöntemlerine göre enzimatik olmayan kararmayı, gıdanın yapısındaki proteinlerin bozulmasını ve enzimatik reaksiyonları minimuma indirmektedir (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003). Bu avantajlarına rağmen dondurarak kurutma halen maliyeti oldukça yüksek bir kurutma prosesi olarak karşımıza çıkmaktadır (Ratti, 2001).

Dondurarak kurutulmuş ürünler aromasını, karakterini, yapısal bütünlüğünü ve tadını koruyabilirler ve yıllarca ortam sıcaklığında saklanabilirler. Gıdaların saklanabilmesi için soğuğa ihtiyaç duyulmaması ile birlikte büyük ağırlık kaybı (taşıma depolama için faydalı) ve orijinal kalitesini koruması dondurarak kurutma işleminin yüksek başlangıç yatırım maliyetiyle denge oluşturmaktadır (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003; Gülter, 2011).

#### 5.1.4. İletim ile kurutma

Kondüksiyonla kurutmada ısı sıcak bir yüzeyden kurutulacak olan hammaddeye iletilir. Bu ısı; suyun buharlaşması için gerekli olan ısı enerjisini sağlar ve kurutma hava şartlarına bağımlı olmamak üzere ilerler. Isı dengesi; gıda maddesine iletilen ısı, suyun buharlaşması ile kaybedilen ısı, havaya olan konveksiyon ve kondüksiyon arasında kurulur.

$$q = UA (t_h - t_s)$$

q = ısı iletim hızı

U = genel ısı iletim katsayısı

A = ısı iletiminin yani kurumunun yer aldığı yüzey alanı

t<sub>h</sub> = ısıtma aracının sıcaklık derecesi

t<sub>s</sub> = kurumakta olan gıda maddesinin sıcaklık derecesi (Gürses, 1986)

#### 5.1.5. Taşınım ile kurutma

Hemen hemen bütün kurutucularda taşınım ile kurutma işlemi gerçekleşmektedir. Hava ya da başka bir gazın ısı taşıyıcı akışkan olarak kullanıldığı ve bu akışkanın sistemde dolaştırıldığı kurutma sistemleri, taşınım ile yapılan kurutma sistemleridir.

Tünel kurutucular (ürünün hareket ettiği hava akışlı), kabinli ve bölmeli kurutucular (tepsilere sererek sıcak havanın ürün üzerine gönderildiği) ve döner kurutucular (ürünün sıcak hava akımı içerisine gönderildiği), taşınım ile yapılan kurutma işleminde kullanılan kurutma tipleridir (Aktaş, 2007).

##### 5.1.5.1. Tünel kurutucular

Bu tip kurutucularda malzeme bir tünel içinde hareket eden kurutma vagonları içine uygun bir biçimde yerleştirilir. Bu esnada malzeme sıcak gazlarla temastadır. tünel kurutucularda vagonların tünel içerisinden geçirilmesi, ya devamlı veya kuruma işlemi tamamlanan bir vagon, tüneli terk ederken yeni yüklenmiş bir vagon tünel girecek şekilde düzenlenir. Tünel kurutucuda hava akımı paralel, zıt veya vagonların takip ettikleri yola dik yönde olabilir. Kurutucunun muhtelif bölümleri için ayrı ısıtma üniteleri uygulanmasına imkan verir. Bu durumda hava, tünel içerisindeki vagonlar üzerinden geçirildikten sonra, bir ısıtıcıda ısıtılıp tekrar aynı kısımdaki vagonlara

gönderilir. Tünel kurutucular genellikle miktarları büyük olan, fakat yavaş yavaş kurumaları gereken tuğla, kiremit, seramik malzemeler, kereste ve diğer malzemeler için de kullanılır. Bu sistemle kereste kurutulması esnasında, kurutucunun sıcak kısmında kerestenin çok çabuk kurumasını önlemek için, havanın nemlendirilmesi lüzumlu olabilir (Güngör, 1997; Banchemo ve Badger, 1973).

#### **5.1.5.2. Tepsi ve kabin tipi kurutucular**

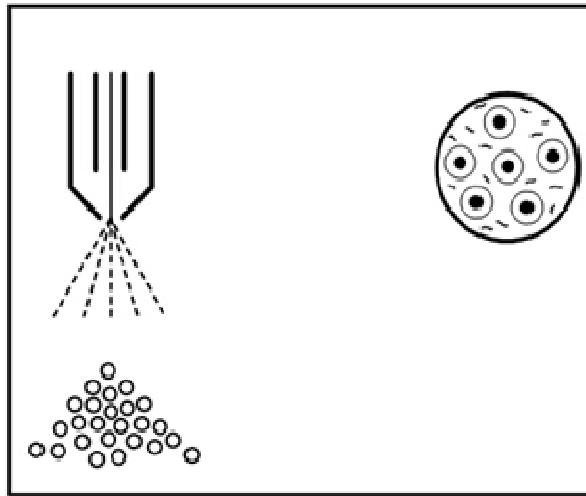
Cihaz esas itibariyle dikdörtgen şeklinde bir odadan ibaret olup, bu odanın duvarları uygun bir ısı yalıtım maddesi ile kaplanmıştır. Bu odaların içersinden ya tepsilerin yerleştirildiği ve üzerlerinde rafların kolayca kaydığı raflar vardır veya tamamen boş olup, tepsiler vagonlar üzerindeki raflara yerleştirildikten sonra, bu odalara konular ve kurutucunun kapıları kapatılır. Havayı tepsiler üzerinde ve kurutucu içersinde dolaştıracak tedbirler alınmıştır. Bu tip kurutucularda havanın ısıtılması cihaz içersindeki ısıtıcılar tarafından yapılır ve dışarıdan sıcak hava alınmaz (Banchemo ve Badger, 1973).

#### **5.1.5.2. Döner kurutucular**

Serbest akan tanecikli malzemelerin konveyörler (taşıyıcı bantlar) veya tepsiler içinde kurutulması zor olduğu durumlarda kullanılır. Döner kurutucularda kurutulacak malzeme, kurutucu tüp içersindeki kanatçıklar yardımıyla besleme noktasından çıkış bölgesine doğru ilerlerken, kurutucu gaz akımı da paralel ya da ters yönde katı ile temas ettirilerek katının nemi uzaklaştırılır. Kurutma mekanizması genel olarak gaz akımından katı yüzeyine konveksiyonla ısı transferi, katı içersinde kondüksiyonla ısı transferi ve katıdan dış ortama nem transferi basamaklarını içerir. Tüpün dönmesi ve kanatçıkların hareketi nedeniyle gaz ile temas eden katı yüzeyi kurutucu boyunca yenilenir. Bu nedenle döner kurutucularda kurutma hızı tepsili veya tünel kurutuculardaki kurutma hızından daha yüksektir. Gaz ile daha büyük katı yüzey alanı temas etmesinden kaynaklanan bu yüksek kurutma hızı gaz doymamış halde tutulabilirse bir avantajdır. Bu nedenle gazın kurutucuya verilmeden önce ısıtılması gerekir. Bazı durumlarda kurutucu içine yerleştirilen tüplerden buhar geçirilip gaz ısıtılarak doymunluk sıcaklığına ulaşması önlenir.

### 5.1.6. Sprey kurutucular

Sıvıların, yarı sıvıların, emülsiyonların, süspansiyonların, pürelerin ve benzeri materyallerin kurutulmasında kullanılan etkin ve nispeten yeni bir tekniktir. Materyal içindeki su yüksek sıcaklıkta buharlaşır ve kurutmada kullanılan havanın sürükleyici etkisiyle uzaklaştırılırken partiküller halindeki kurumuş materyal başka bir yerde toplanır. Kurutma süresinin kısa olması üründe uzun süreli ısıl işlemlerin vereceği zararları minimuma indirmektedir. Ayrıca elde edilen kurumuş ürünün oldukça küçük partiküllerden oluşması rehidrasyon yeteneğini artırmaktadır. Şekil 5.3'te bir sprej kurutucunun çalışma prensibi şematik olarak gösterilmiştir. Temel olarak kurutulacak materyalin yüksek basınç altında atomize edilemesi (çok küçük partiküller halinde püskürtülmesi) ve daha sonra sıcak kuru havayla karşılaştırılarak çok kısa süre içerisinde kurutulması ilkesine dayanır. Sprej oluşturma işlemi materyali dar bir aralıktan geçirmek yoluyla veya hızla dönen bir diske damla damla akıtmak şeklinde gerçekleştirilebilmektedir.



**Şekil 5.3.**Sprej kurutma tekniğinin çalışma prensibinin şematik gösterimi.

Süt tozu, kahve ekstraktı, meyve tozu, renk ve aroma maddeleri gibi gıda veya gıda bileşenlerinin kurutulması, enkapsülasyonu veya boyutunun küçültülmesi amacıyla kullanım alanı yaygınlaşmakta olan bir tekniktir. Gıda sanayi dışında ilaç, kozmetik ve boya sanayi gibi birçok farklı alanda daha kullanılmaktadır. Sprej kurutma tekniğinin gıdalarda farklı kullanılma alanları Şekil 5.4'te gösterilmiştir. Sprej kurutmadaki en önemli avantaj yüzey alanının oldukça artırılmasıdır. Sözgelimi 100 ml'lik bir sıvının sprej haline getirilmesiyle yaklaşık  $8 \times 10^8 = 800.000.000$  adet

damlacık oluşur ve bu damlaların toplam yüzey alanı yaklaşık  $12 \text{ m}^2$ 'dir. Etkin bir atomizasyon için sıvı-hava karışım oranının ve basıncın optimizasyonu önemlidir. Yetersiz hava ve basınç kullanılması durumunda damlacık büyüklüğü artacak ve kurutma etkinliği ve oluşan kuru partiküllerin büyüklüğü olumsuz etkilenecektir.

Yöntem	Amaç	Uygulamalar
Sprey Kurutma	Kuru ve toz halde gıda üretmek	Mısır nişastası, süt tozu
Mikronizasyon	Partikül büyüklüğünü küçültmek	Tuz
Enkapsülasyon	Sıvı veya katı bir maddeyi bir katı matriks içine hapsedmek	Aroma maddeleri, Antioksidanlar, renk pigmentleri

**Şekil 5.4.** Kurutma tekniklerinin gıdalarda farklı kullanılma alanları.

Sprey kurutmada kurutulacak materyalin besleme hızı (pompa hızı) ve kuru hava giriş sıcaklığı önemli iki parametredir. Bu değerlerle oynayarak çıkış sıcaklığı değiştirilebilir. Çıkış sıcaklığı ürünün çıktığı en yüksek sıcaklık olduğu için bunun kontrolü önemlidir. Nitekim yüksek sıcaklıklar esmerleşmelere hatta yanmalara, düşük sıcaklık ise düşük verime ve nemli/topaklanmış son ürün eldesine sebep olmaktadır.

Sprey kurutmada önemli parametrelerden biri de kurutulacak materyalin şeker bileşimidir. Özellikle meyve suyu ve pürelerinin kurutulmasında bu husus önem kazanmaktadır. Materyal içindeki şekerin camsı geçiş sıcaklığına ( $T_g$ ) bağlı olarak elde edilen tozun topaklanma eğilimi arasında doğrusal bir ilişki vardır. Camsı geçiş sıcaklığı azaldıkça daha yapışkan bir toz elde edilir ki bu istenmeyen bir durumdur. Çünkü tüm toz gıda elde etme metotlarında temel amaçlardan biri serbest bir biçimde akışkan özellik gösteren bir toz elde etmektir. Doğal şeker bileşimi buna müsaade etmeyen meyvelerin püskürtmeli kurutma ile tozları elde edilirken, camsı geçiş sıcaklığını arttırmak için maltoz, sakkaroz, maltodekstrin gibi karbonhidratlar eklenmektedir. Bu katkıların tat ve aromayı baskılayıcı özellikte olmaması arzu edilmektedir. Bu yüzden de maltodekstrin yaygın olarak tercih edilmektedir.

### 5.1.7. Akışkan yataklı kurutma

Küçük katı taneciklerinin, gaz veya sıvı ile temas ettirilerek akışkanların özelliklerine benzer özellikler kazandırma işlemine 'akışkanlaştırma' denir. Modern kurutma yöntemleri arasında akışkan yataklı kurutma tekniği önemli bir yere sahiptir. Akışkan yataklı kurutucularda, ürünün silindirik veya küresel tanecik biçiminde olabilmesi için kurutulacak malzeme bir elekten geçirilerek kurutucuya yüklenir. Tanecikli malzeme bu süre içinde akışkanlaştırılmıştır ve malzemenin nemi bir kurutma gazı (genellikle havadır) ile uzaklaştırılır. Akışkan yatakta gaz hızı çok önemlidir ve dikkatli ayarlanmalıdır. Toz veya taneli yapıdaki kurutulan malzeme ile akışkanlaştırma gazı arasında temas çok iyi olmaktadır. Bu nedenle kurutma havası ve tanecikler arasında ısı transferi de etkin şekilde gerçekleşir. Bu kurutma sistemi ile büyük sıcaklık farklarında malzemelerin sakınca olmaksızın kurutulması mümkündür. Otomatik yükleme ve boşaltmanın mümkün olduğu bu sistemin en önemli üstünlüğü kurutma işleminin kısa sürede tamamlanmasıdır. Akışkan yatak kurutucular, biyolojik ürünlerin kurutulmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemlerin en önemli üstünlüğü yatak içinde tanecik karışımının yüksek seviyede olması ve bu nedenle kurutma için daha homojen bir sürecin meydana gelmesidir. Ürünün aşırı ısınmaması da sistemin diğer bir üstünlüğüdür. Bundan dolayı ısıya karşı hassas maddelerin kurutulmaları için çok uygundur. Ürün taneciklerinin mekanik olarak zarara uğrama riski, şeklinin değişmesi ve taneciklerin topaklaşıp akışkanlığı zorlaştırmaları ise akışkan yataklar için sakınca teşkil etmektedirler. Akışkan yataklı sistemlerde kurutulan malzemelere; kömür, kireç taşı, çimento, kabuklar, dökümhane kumu, fosfat kayası, tuz, bor, plastik, tıbbi malzeme ve hububat örnek olarak verilebilir (Güngör ve Özbalta, 1997; Kanarya, 2002; Topuz, 2002; Yüzgeç, 2005; Doğan ve Ersöz 2009).

### 5.1.8. Alevli (flas) kurutma

Konvansiyonel sistemde "maden" kurutma fırınları ile kurutulmaktadır. Bu fırınların alternatifi flash dryer olarak isimlendirilen kurutucudur. Bu kurutucular geniş bir materyal kurutma yelpazesine sahiptir. Termobloktan alınan sıcak hava veya sıcak hava jeneratöründen alınan baca gazı, bir santrifüj fan vasıtası ile izole bir boruya basılır. Maden bu boru içerisine helezon konveyör ile nakledilir. Boru içerisinde sıcak hava ile pnomatik taşıma yapılırken maden yüzeyindeki suyun ısı şoklanması ile kısa

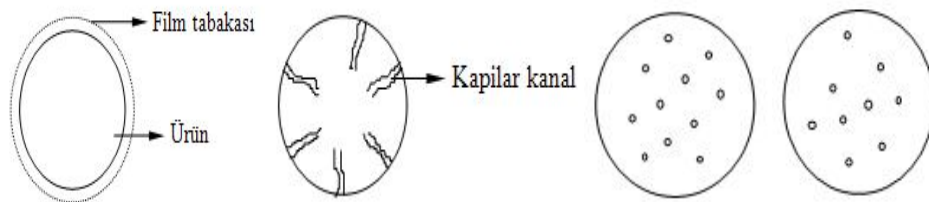
sürede evaporasyonu sağlanır. Siklon seperatör ile nemi düşürülmüş maden sistemden alınır. Yeterli nem düşümü sağlanamayan uygulamalarda çıkan maden yeniden kurutucuya beslenerek nihai istenen nem değerine ulaşılır. Besleme hızı frekans konverteri ile ayarlanabilir. Filtre presten çıkmış "kek" haldeki madenleri kurutabilmek için helezon çıkış dizaynı değiştirilir. Konvansiyonel kurutma fırınlarına göre ilk yatırım maliyetleri düşüktür. Ayrıca tesisin kaplayacağı alan da azdır. Bu sistem ile yoğunluğu 7 [gr/cm<sup>3</sup>] e kadar olan "toz ve granül" madenlerin kurutulması mümkündür. Kurutucu dizaynı için gerekli parametreler; Malzemenin adı, yoğunluğu, min. ve max. tane büyüklüğü, giriş nemi, çıkışta istenen nem, malzemenin sertliği, malzemenin aşındırıcılık ve korozyon durumu. Flash kurutucu madencilik haricinde gıda ve kimya endüstrisinde de kullanılmaktadır. Kurutulabilecek malzemeler toz, kek, granül, pul, macun, jel ve çamur şeklinde olabilir.

## 5.2. Kuruma Hızını Etkileyen Faktörler

Gıdaların kurutulması sırasında, kuruma hızı pek çok faktörden etkilenmektedir. Kurutma işleminde; önce kurutulacak ürün yüzeyindeki su buharlaşır, sonra ürün içerisinde bulunan nem yüzeye taşınarak buharlaşma gerçekleşir. Buharlaşma hızı; ürünün fiziksel özelliklerine, boyutuna, içerdiği su miktarına, kurutma şartlarına göre değişmektedir.

Üründe çeşitli hallerde ve farklı fiziksel-kimyasal bağlarla tutulan nem; bulunduğu duruma bağlı olarak uzaklaştırılması için farklı proses şartlarını gerektirir. Özellikle nemin buharlaşma basıncı dolayısıyla ısı ve kütle geçişi etkilenir.

Nem, üründe sıvı ve katı hallerde bulunur. Üründeki sıvı haldeki nem; nem ile ürün arasında bağ kuvvetlerine göre; dış yüzeyde, kapiler kanallarda, hapsedilmiş veya kimyasal bağlarla bağlanmış şekilde (Şekil 5.5.) bulunabilir.



Şekil 5.5. Gıdanın yapısı ve nem ilişkisi (Krokida vd., 2003).

Kuruma hızına doğrudan doğruya etki eden başlıca faktörler; sıcaklık derecesi, havanın nemi, havanın kurutucudaki hızı ve yüzey alanı (parça iriliği, şekli, yığın kalınlığı vb.) gibi fiziksel faktörler olarak sınıflandırılabilir (Krokida vd., 2003).

### 5.2.1. Sıcaklık

Kullanılan sıcak havanın kuru ve ıslak termometre dereceleri arasındaki farktır. Kullanılan sıcak havanın sadece sıcaklığı (kuru termometre derecesi) bu hususta çoğu kez önemli bir anlam taşımaz. Islak ve kuru termometre dereceleri arasında herhangi bir fark olmayan havanın, sıcaklığı ne olursa olsun hiçbir kurutma etkisinin bulunmadığı bilinmektedir. Islak ve kuru termometre derecesi arasındaki fark arttıkça kurutma hızı da artar. Bu doğru orantılı etki, kurutma başlangıcında çok belirginse de, kuruma ilerledikçe ıslak ve kuru termometre dereceleri arasındaki fark arttıkça kurutma hızının artık aynı oranda artırmadığı görülür (Cemeroğlu vd., 2003).

Yüksek sıcaklıklarda kurutmanın getirdiği avantajlar yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Özellikle ince tabaka halinde olan gıdalarda yüksek sıcaklıklarda yanma ve buna bağlı olarak da besin değeri kayıpları gözlemlenebilir (Pratt, 1974; Dadalı, 2007).

Kurutulan gıdanın içerdiği nem miktarı ortamda bulunan su buharı miktarına göre değişiklik göstermektedir. Ortamın nemi arttırıldığında ve azaltıldığında maddedeki nem değişimi farklı karakteristiklere sahip olmaktadır (Anonim, 2004; Ayan, 2010).

### 5.2.2. Kurutma havasının hızı

Gıdaların kuruma hızına etki eden diğer bir faktör, kurutucudaki kurutma havasının hızıdır. Çünkü uygulanan sıcaklıkta kurutma havasının gıdadan absorblayabileceği nem miktarı sınırlıdır. Özellikle düşük hava hızlarında gıdanın yüzeyinden absorblanan nem, kurutma havasının kısa zamanda doymun hale gelmesine neden olur ve hava debisi düşük olduğundan doymun halde olmayan kurutma havası ile yer değiştirmesi zaman alır ve böylece gıdanın kurutulması uzun sürede gerçekleşir. Ancak, yüksek kurutma havası hızlarında, doymun havanın, hava dolaşımı sayesinde doymun halde olmayan kurutma havası ile yer değiştirmesi daha çabuk olacağından kurutma işlemlerinde yüksek kurutma havası hızı tercih edilir (Dadalı, 2007).

Kurutulan maddenin yüzeyinde kuruma sırasında oluşan film tabakanın oluşması önlenirse, suyun buharlaşmasında bir hızlanma belirir. Hava hızı, bu film tabakayı devamlı olarak sürüklemek suretiyle kuruma hızını arttırıcı yönde etkide de bulunmaktadır. Ancak, hava hızının olumlu etkisi, kurutmanın bulunduğu periyoda göre değişir. Kurutmanın başlangıç aşamalarında hava hızı çok etkili olmasına rağmen, kurutma işleminin ileri aşamalarında kuruma hızı artık alt tabakalardaki suyun yüzeye taşınma hızı ile sınırlandırıldığından, hava hızının yüksek olmasının bu konuda önemli bir etkisi bulunmamaktadır (Barbosa-Canovas ve Mercado-Vega, 1996).

### 5.2.3. Kurutulan gıdanın yüzey alanı

Kurutulacak gıdanın birim yüzey alanı, ısı ve kütle aktarım hızını etkileyen bir diğer değişkendir. Kurutma hızı; parçacıkların yüzey alanıyla doğru, kalınlıklarıyla ters orantılıdır. Bu nedenle kurutulacak parçacıklar ne kadar küçükse; yüzey alanı o kadar fazla, kalınlığı o kadar az olacağından, bunların kurutma hızı olumlu yönde etkilenmektedir (Cemeroğlu vd., 2003). Bu nedenle, daha büyük yüzey alanı elde ederek daha geniş bir ısıtıcı yüzeyde ısı transferini sağlayabilmek için, ürün küçük parçalara ya da ince dilimlere bölünmelidir. Böylece nemin uzaklaşacağı alan arttırılmış olur. Ancak çok ince dilimlerin seçilmesinin gıdanın yanmasına neden olma ihtimali olduğundan, kullanılacak optimum dilim kalınlığı seçilmelidir (Heldman ve Hartel, 1997).

Kurutulan parçaların iriliğinin, kurutma hızına önemli etkide bulunmasına karşın, meyve ve sebze gibi ürünlerde kurutmanın başlangıç aşamasında iri ve daha küçük parça halinde doğranmış olanlar arasında, kurutma hızı bakımından belirgin bir fark görülmez. Ancak zaman ilerledikçe kurutma hızı parça iriliğine göre önemli boyutlarda değişir. Çünkü özellikle azalan kurutma hızı döneminde, iç tabakalardaki suyun yüzeye difüzyonu, iri parçalarda zorlaşmakta ve bunlarda kurutma hızı düşmektedir. Parça iriliğinin kurutma hızına bu önemli etkisi yüzünden, kurutulacak meyve ve sebzelerin daima küçük parçalar halinde doğranmasının yararlı olacağı ortadadır. Ancak kurutmanın hızlandırılması amacıyla, ürünün ince parçacıklar halinde kıyılması her zaman olanaklı değildir. Çünkü tüketim alanı bakımından bazı ürünlerin bütün halde kurutulması gerektiği gibi, kıyılan ürünlerde de tüketici belli bir irilik bekler. Bu nedenle doğranarak kurutulmuş ürünlerde parça iriliğini, tüketici istekleri ile kurutma

hızını beraberce, değerlendirerek saptamak gerekir. Kaldı ki, çok ince doğranan ürünlerin kurutulmasında başka sorunlar da oluşur (Ayan, 2010).

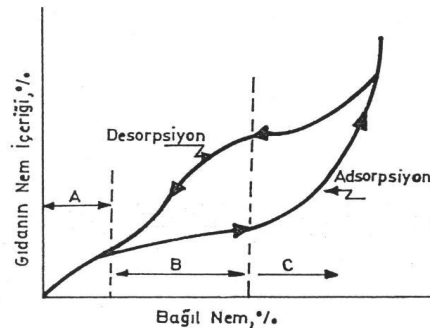
#### 5.2.4. Ortamın nem içeriği

Kurutulan gıdanın içerdiği nem miktarı ortamda bulunan su buharı miktarına göre değişiklik göstermektedir. Ortamın nemi arttırıldığında ve azaltıldığında maddedeki nem değişimi farklı karakteristiklere sahip olmaktadır. Maddenin içinde bulunduğu havanın nem miktarının sabit sıcaklıkta değiştirilmesi ile maddenin içerdiği nem miktarındaki değişimi gösteren eğriler **sorbsiyon** izotermi olarak adlandırılırlar (Anonim 2004). Sabit sıcaklıkta ortamın neminin arttırılması ile meydana gelen, maddenin içerdiği nem miktarındaki değişim **adsorbsiyon** (maddenin nem alması), yine sabit sıcaklıkla ortamın neminin azaltılması ile maddenin içerdiği nem miktarındaki meydana gelen değişim **desorbsiyon** (maddenin nemini kaybetmesi) olarak adlandırılmaktadır (Anonim, 2004). Genelde çoğu madde için bu izoterm eğrileri birbirinden farklılık göstermektedir. Kurutulmuş gıdalardaki nem miktarının havanın bağıl nemine bağlı olarak değişimi Şekil 5.6.' de verilmiştir (Cemeroğlu, 2004).

A bölgesinde su, materyal yüzeyinde tek bir molekül katmanı halinde sıkı sıkıya tutunmaktadır. Kurutmada bu suyun uzaklaştırılması zordur ve çoğu kez olanaksızdır.

B bölgesindeki su daha gevşek olarak bağlıdır.

C bölgesindeki su ise, kapiler ve gözeneklerde yoğunlaşmış halde bulunan ve içinde çeşitli maddelerin çözüldüğü serbest sudur. Bu bölgeler arasında kesin bir sınır olmadığı gibi, gıdalar için her bölgeye ait belirli genel nem değerlerinin verilmesi olanaksızdır.



Şekil 5.6. Kurutulmuş gıdanın nem içeriğinin bağıl nem ile ilişkisi (Cemeroğlu, 2004).

Desorbsiyon izoterminin, adsorbsiyon izotermi ile aynı yolu izlemeyerek bir bombe yapması olayına **histeresis** denir. Desorbsiyon histeresisi; genellikle monomoleküler su katmanının başlangıcında sona ermektedir.

Adsorpsiyon izotermi, kurutulmuş ürünlerin higroskopik nitelikleriyle bunların depolanma koşullarını ortaya koymaktadır. Nitekim adsorpsiyon izotermi, grafiğin soluna düşen ve daha dik bir eğimi ile gelişen gıdalar higroskopik nitelikli gıdalardır. Buna karşın, grafiğin daha sağına düşen ve daha az bir eğimle gelişen adsorpsiyon veren gıdalar ise, higroskopik değildirler ve bunlar neme karşı daha az duyarlıdır (Cemeroğlu, 2004).

### **5.2.5. Uygulanan ön işlemler**

Önişlem, tarım ürünlerinin kurumadan önce içlerindeki nemin daha hızlı alınması; renklerin, tatların, besin değerlerinin korunması/artırılması; üzerlerindeki olası mikrobik aktivitelerin engellenerek hijyenikliklerinin sağlanması, standartlara uygun şekil ve boyut özelliklerinin elde edilmesi için yapılan fiziksel ve kimyasal işlemlerin bütününe denir (Özler vd., 2004; Özler, 2005).

Meyve ve sebzelerin kurutulmasında uygulanan ön işlemler türlere göre değişebilmekle birlikte genel olarak ayıklama, sınıflama, yıkama gibi işlemler birçok meyve ve sebze türünün kurutulmasında uygulanmaktadır. Ancak bu ön işlemler yanında meyve ve sebzelerin kurutulmasında kullanılan kükürtleme, alkali çözelti uygulaması, haşlama, tuzlama ve değişik çözeltilerin uygulanması ön işlemleri daha büyük önem arz etmektedir (Şen, 2013).

#### **5.2.5.1. Kükürtleme**

Her kurutulan üründe daima ortaya çıkan en önemli olumsuzluk, renk esmerleşmesidir. Birçok meyve ve sebze kurutma sırasında bu renk değişimleri görülmektedir. Kayısı meyvesi, kurutma sırasında rengi en çok değişikliğe uğrayan meyvelerden birisidir. Renk esmerleşmesi kurutmadan önce, kurutma sırasında ve depolama sürecinde oluşur. Renk esmerleşmesi enzimatik veya enzimatik olmayan reaksiyonlar sonucu olabilir. Meyveler başta olmak üzere haşlamadan kurutulan ürünlerde oksidasyon enzimlerinin faaliyetiyle, başta polifenoller olmak üzere birçok

maddenin oksidasyonuna dayalı renk esmerleşmesi kendini gösterir. Ancak olay su miktarının azalması sonucu durur. Bununla birlikte kurutulmuş ürünlerde renk esmerleşmesi daha çok enzimatik olmayan yolla meydana gelmektedir. Maillard reaksiyonu olarak isimlendirilen bu esmerleşme reaksiyonunda şekerlerin aldehid grupları ile proteinlerin amino grupları rol oynamaktadır. Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları, kurutma sırasında hızlı ve depolamada ise koşullara göre belli bir hızla devam eden sürekli olaylardır. Kuru meyvenin su miktarı genellikle sınırlayıcı değildir (Fennema, 1976).

Sıcaklık, nem miktarı ve pH, kurutulmuş gıdaların kararma derecesini etkileyen faktörlerin başında gelirler. Sıcaklık, nem miktarı ve pH, kurutulmuş gıdaların kararma derecesini etkileyen faktörlerin başında gelirler (Şen, 2013).

Kükürt dioksit, kurutulmuş meyvelerde özellikle küf ve maya gelişmesini engeller, böceklenmeyi önler (Anonymous, 2002).

Kurutma öncesi kükürt dioksit uygulaması kurutulmuş ürünün mikrobiyal bozulmaya karşı direncini arttırmakta böcek zararlarını engellemektedir. Bu nedenle kayısının da dahil olduğu bazı meyvelere genellikle kurutma öncesinde 1000-3000 ppm düzeyinde kükürtleme işlemi uygulanır. Kükürt dioksit özellikle 100-200 ppm gibi kısmen daha düşük konsantrasyonlarda kullanıldığında bakteriyostatik etkili, daha yüksek konsantrasyonlarda ise genellikle bakterisidal etkili bir koruyucudur.

Kükürt dioksit uygulaması kurutmada oldukça etkili, ucuz ve uygulamasının kolay olması nedeniyle vazgeçilmez bir uygulamadır. Ancak kükürt konusunda kurutulmuş ürünleri ithal eden ülkelerin hassasiyeti her geçen gün artmaktadır. Birçok Avrupa ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de kuru kayısıda bulunmasına müsaade edilen maksimum kükürt dioksit miktarı 2000 ppm'dir. Bugün üreticilerimizin uygulamak istemedikleri 2000 ppm kükürt dioksit standardının önümüzdeki yıllarda daha aşağıya çekilme ihtimali vardır (Asma vd., 2005; Aksoy vd., 2012).

#### **5.2.5.2. Alkali çözelti uygulaması**

Özellikle bütün olarak kurutulan ve üzerinde kalın bir kütikula-mum tabakası bulunan meyvelerde bu katmanı uzaklaştırılması, inceltilmesi, zayıflatılması ve hidrofil özellik kazandırılması gerekir. Bu amaçla bazı meyvelerde (çekirdeksiz üzüm, erik vb.) alkali çözeltiler (NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) daldırılma veya püskürtülme şeklinde

uygulanır. Bu alkali çözeltiler içinde, kuvvetli bir alkali olan NaOH en yaygın olarak kullanılır. Bazı durumlarda bunların karışımları da kullanılır. Bu uygulama sayesinde kurumanın hızlandırılması amaçlanmaktadır. Türkiye’de üzümlerde alkali çözeltisi uygulamasından sonra güneşte kurutulurken, ABD’de bazen yapay kurutucularda kurutulmaktadır. Bu uygulamanın sıcak yapılması (haşlama etkisi) kabuğa yakın yerleşen enzimlerin parçalanmasını sağlar. Kullanılan alkali dozu çeşidi, olgunluk durumu ve yetiştirme bölgesine göre değişir. Az olgun ve yeşil meyvelerde kullanılan alkali çözeltilerin dozu yükseltilir. Benzer şekilde sıcak ve kuru bölgelerde yetiştirilen meyvelerde de (erik) doz yükseltilir. Bu ön işlemden suyun özelliği uygulamanın başarısını etkilemektedir. Sert sularda etkinlik azaldığı için doz biraz yükseltilmeli veya su iyileştirilmelidir. Türkiye’de üzümlerin kurutulmasında “bandırma çözeltisi” veya “potasa eriği” olarak adlandırılan %5-6  $K_2CO_3$  alkali çözeltiye %0.5 zeytinyağı ilave edilerek hazırlanan çözeltiye daldırılır. Çekirdeksiz kuru üzümlerin kurutma öncesi bandırma çözeltisine daldırılması hem kurutmayı hızlandırmakta hem de rengin korunmasını sağlamaktadır. Meyveler bandırma çözeltisine daldırıldıkça çözeltinin konsantrasyonu düşeceğinden belli aralıklarla  $K_2CO_3$  ilave edilerek çözelti istenilen konsantrasyonda tutulması sağlanır. Erik meyveleri kurutulmadan önce iriliklerine göre boylandıktan sonra %0.5-1.5’lik NaOH çözeltisine kısa süreli (10-15 sn) daldırılıp, su ile yıkanır. Böylece mum tabakasının uzaklaşması ile kuruma işlemi hızlanır.

### **5.2.5.3. Haşlama**

Ürünlerin kurutulmasında uygulanan ön işlemler, kurutma yöntemi ve depolama koşulları ürün kalitesini etkilemektedir. Kuru ürünlerin tekstürü, rehidrasyon yeteneği ve renk kurutulmuş ürünlerde en çok göz önünde tutulan kalite parametreleri arasındadır. Sebzelerin kurutulmasında kullanılan ön işlemler arasında kimyasal bileşenlerin ilavesi, ozmotik ön işlemler ve haşlama son yıllarda literatürde en çok karşılaşılan konular olmaktadır. Haşlama, en yaygın kullanılan ön işlemlerden biri olup ürün kalitesini olumsuz bir şekilde etkileyen yaygın enzimleri inaktive etmeyi amaçlamaktadır. Haşlama yapıda değiştirilemez tekstür kayıplarına yol açabilmektedir. Haşlama koşullarının optimizasyonu, gıdanın besinsel, organoleptik ve yapısal kalitesini ve enzim inaktivasyonunun bir sonucu olarak depolama sırasında stabilitesini koruma arasında bir bağlantı göstermektedir (Sanjuan vd., 2001). Ancak haşlama için su veya

buhar kullanıldığında vitaminler, flavorlar, pigmentler, karbonhidratlar ve diğer suda çözünen bileşikler kaçınılmaz olarak ayrılmaktadır (Murcia vd., 2000). Yeşil sebzelerin özellikle dondurulması, kurutulması veya konserveye işlenmesinde temel işlemlerden biri olan haşlama sırasında yoğun olmayan bir ısıtkisiyle bile klorofiller çeşitli türevlerine parçalanabilmektedir. Haşlama suyuna ayrıca asit eklenirse, olay daha da hızlanmakta ve sebzenin yeşil rengi hızla esmersarıya dönüşmektedir. Asit ortamda bekletilen yeşil renkli ürünlerin ısı uygulanmasa bile uzun süre sonunda sarardıkları görülür (Martins and Silva, 2002; Keçebaş, 2007).

#### **5.2.5.4. Tuzlama**

Kurutulmuş sebzelerde depolama sürecinde küf ve maya gelişimi önemli bir sorundur. Bu amaçla sebzelerin kurutulması sonrası dönemde, mikrobiyal yükü kontrol etmek için kurutma öncesi tuz uygulaması (tuzlama) yapılmaktadır. Çünkü birçok bakteri %6'mın üzerindeki tuz konsantrasyonlarında yaşayamamakta veya tuzlama ile bakteriyel aktivitesi azalmaktadır. Tuz, doğrudan serpmeye veya tuzlu çözeltilere daldırma veya püskürtme şeklinde uygulanır. Kurutmada kullanılan diğer tüm kimyasallar gibi kullanılan tuzun Türk Gıda Kodeksi 2004/44 no'lu Sofra ve Gıda Sanayii Tuz Tebliği'ne uygun değerlere sahip olması gerekmektedir.

Tuz kurutma öncesi domateslerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Tuz uygulaması yaygın olarak domatesin kurutulmasında kullanılan bir ön işlemdir. Tam olumda hasat edilen domates meyveleri, kurutma yerlerine getirilerek sap kısmında çiçek burnuna doğru bir bıçak yardımıyla ikiye bölünür.

Tuz uygulaması meyve kesiminden hemen sonra yapılmalı, meyve kesim yüzeyinde yüksek sıcaklık nedeniyle kabuk oluşumuna izin verilmemelidir. Genellikle tuz uygulaması sergi yerlerine serilen kesilmiş yarım domateslerin üzerine yemeklik granül tuzun el ile serpilmesi, şeklinde yapılır. Granül tuz uygulamasında bir ton domates için ortalama 5-6 kg iri tuz gerekmektedir. Tuzlu üründe renk kükürtlü üründeki gibi parlak kırmızı olmaz, kirli kiremit kırmızısı renk alır. Ürün bu kırmızılığı normal depo koşullarında çok kısa zamanda kaybederek kararmaktadır. Tuzlu ürün daha çok İtalya'da ve bazı Avrupa ülkelerinde tüketilir. Tuzlu ürünlerde rutubet oranını düşürmek zordur. Fazla rutubetli üründe ise mayalanma ve küflenme meydana gelir.

#### **5.2.5.5. Değişik çözeltilerin uygulanması**

Kurutma ve depolama sürecinde renk değişimlerini önlemek amacıyla askorbik asit, sitrik asit, malik asit gibi değişik asitler, tokoferoller, sistein gibi doğal antioksidantlar, etil oleat kullanılır. Bunlar tek başına veya diğer yöntemlerle birlikte uygulanabilir. Örneğin; domateslerin kurutulmasında sitrik asit + tuzun birlikte uygulanması gibi (Duman vd., 2010).

Son yıllarda kükürt dioksit yerine askorbik asit, tokoferoller, sistein gibi bazı doğal antioksidanların kullanılması ile ilgili çalışmalar yoğunluk kazanmıştır. Şeftalileri 3 dakika süreyle %1 askorbik asit ve % 0.25 malik asit içeren çözeltilere daldırmanın renk açısından kükürt dioksit uygulamasına göre daha iyi sonuç verdiği bildirilmiştir (Cemeroğlu vd., 2009).

#### **5.2.6. Gıdanın bileşimi**

Kuruma hızına etki eden faktörlerden en önemlisi kurutulan ürünün kendine özgü nitelikleridir. Bu nitelikler kuruma boyunca sürekli değişir. Eğer; şeker, tuz ve benzerleri gibi küçük moleküllü çözünmüş maddelerce zengin bir materyal, bu maddelerce daha fakir bir materyalle kuruma açısından kıyaslanırsa, çözünmüş maddelerce zengin olanın daha zor kuruduğu görülür. Bilindiği gibi çözünmüş maddeler suyun buhar basıncını düşürmekte, dolayısıyla suyun buharlaşmasını güçleştirmektedir. Aynı şekilde, ortamda yağ bulunması kuruma hızını sınırlayıcı önemli bir faktördür. Yağın sürekli faz olduğu bir emisyonda, su damlacıkları yağ tarafından adeta izole edilmiş bulunduğundan, böyle bir sistemde suyun buharlaşarak uzaklaşması çok güçtür. Diğer taraftan materyalin bileşimi onun suyu bağlama gücüyle de yakından ilişkilidir. Nitekim serbest su, gıdada öncelikle ve kolaylıkla uzaklaşabilen su olduğu halde, katı parçacıklarca adsorbsiyonla bağlanan su daha zor uzaklaşmaktadır. Nişasta, pektin ve diğer gam maddelerince oluşturulan kolloidal jel içinde tutulan su ise daha da zor uzaklaşmaktadır. Bu nedenle nişasta ve pektince zengin maddelerin kurutulması oldukça zordur. En zor uzaklaştırılan su ise, glukoz monohidratta olduğu gibi, hidrat formunda kimyasal bağlı sudur. Böylece materyalin bileşiminin, suyu bağlama şekli üzerinden kuruma hızına etki ettiği görülmektedir. Diğer taraftan meyve ve sebzeler hücrelerden oluşmuş doğal dokulardır. Bunlarda su hem hücre içinde hem de hücreler arasında bulunur. Hücreler arasındaki suyun uzaklaşması daha kolaydır. Ancak hücre

ölünce, hücre zarı daha fazla geçirgenlik kazanarak, hücre içindeki suyun uzaklaşması kolaylaşır. Kuruma hızına etki eden, fakat kurutulan maddenin kendine özgü nitelikleri dışında kalan diğer faktörler ise optimize edilebilirler (Kanat 2001, Cemeroğlu, 2004).

### **5.3. Kurutma Sırasında Meydana Gelen Başlıca Değişiklikler**

Kurutma sırasında ısı ve kütle aktarımının etkisiyle gıda ürünlerinin fiziksel ve kimyasal kalite özelliklerinde değişimler meydana gelebilir. Gıdalarda büzüşme, şişme, kristalizasyon ve camsılığa geçiş (glass transition) gibi fiziksel değişimlerin yanında kimyasal ve biyokimyasal olarak renk, koku, tekstürde istenen veya istenmeyen değişimler meydana gelmektedir (Cemeroğlu, 2004).

#### **5.3.1. Fiziksel değişiklikler**

Kurutma sırasında, oluşan fiziksel, kimyasal, biyokimyasal ve mikrobiyolojik değişimler gıdalarda; kalite kaybına, besin değerinin düşmesine ve tüketiciler tarafından kötü olarak değerlendirilmesine neden olmaktadır. Gıdaların hepsinde bozunma olmasıyla birlikte, bozunma miktarı; gıdanın tipine, içeriğine, depolanması sırasındaki ortama ve kurutma işlemi şartlarına göre değişmektedir (Baker 1997). Gıdaların kurutulması sırasında fiziksel, kimyasal, biyokimyasal ve mikrobiyolojik değişimler gerçekleşmektedir. Bunlara aşağıda kısaca değinilmiştir.

##### **5.3.1.1. Çözünür madde göçü**

Kurutma sırasında kurutulan madde içinde hareket eden tek bileşen su değildir. Canlı dokuda su, pek çok bileşeni içeren bir çözelti halinde bulunmaktadır. Bu bileşenler küçük molekül ağırlıklı şekerlerden, oldukça hidratlanmış büyük moleküllere kadar bir değişim gösterirler. Kuruma sırasında çözülmüş maddelerin bir kısmı da madde içinde yer değiştirir. Doku canlı iken, hücre duvarının yarı-geçirgen yapısına bağlı olarak, çözeltideki su ve bazı düşük molekül ağırlıklı moleküller hücre duvarı boyunca difüze edilir.

Kuruma sırasında nem hareketi merkezden yüzeye doğrudur ve akışın nedeni daha önce de belirtildiği gibi sıvı veya buhar akışı veya serbest su moleküllerinin difüzyonudur. Uçucu olmayan çözünür madde göçü buhar hareketi ve difüzyona bağlı olmayıp, sadece sıvı çözelti hareketi ile gerçekleşir. Bu nedenle çözülmüş madde göçü,

meyve ve sebzenin fiziksel yapısı kadar madde içinde sıcaklık ve nem dağılımını etkileyen kurutma koşullarına da bağlı olur (Acar, 2013).

### **5.3.1.2. Kabuk oluşumu**

Kurutma koşullarının hatalı seçilmesi sonucu oluşan bir olaydır ve kurutmanın ilk aşamasında kurutma hızının yüksek olmasından kaynaklanır. Böylece yüzeyde oluşan kuru tabaka büzüşerek alt tabakalara baskı yapar. Ancak, alt tabakalar henüz nemli olduğundan üstten yapılan basınca direnç gösterir. Bu durumda kuruma sonucu büzüşme olanağı bulamayan üst tabakalar gerilip sert bir kabuk haline dönüşür. Kabuk bağlama ile birlikte kuruma hızı da birden düşer (Cemeroğlu vd., 2003). Kabuk bağlama çözünür kuru madde göçüne bağlı olarak da oluşabilir. Bu durum özellikle şekerlerce zengin olan meyvelerin kurutulmasında gözlenir. İç kısımlardaki su bu tabakayı aşamadığından kuruma durur ve ürün dışı kuru ve sert, içi ıslak bir halde kalır.

### **5.3.1.3. Yapıda büzülme ve çekme**

Meyve ve sebzeler gibi lifli yapıların kurutulması sırasında, özellikle kurutmanın ilk aşamalarında %40-50'ye varan büzülme meydana gelir. Büzülme, kurutulan gıdanın yüzeyinin daralmasına ve sert bir hal alarak su geçişine izin vermemesinden dolayı kurutma hızını düşüren bir faktördür. Pek çok gıdada, yüksek sıcaklıklarda kurutma işlemi yapıldığında, gıdanın yüzeyinden birim zamanda transfer olan su miktarı arttığından dolayı büzülme miktarı da artmaktadır (Dadalı, 2007).

Büzülmenin etkisinin azaltılabilmesi için, gıdanın daha nemli bir hava ile veya daha düşük bir sıcaklıkta kurutulması gerekmektedir. Bu sayede kurutma hızı da yavaşlar ve gıdanın yüzeyinden birim zamanda transfer olan su miktarı azalır. Böylece büzülme miktarı da azalma gösterir. Aynı zamanda; gıdaların mikrodalga ile kurutulduklarında diğer kurutma yöntemleri ile kurutulmalarına nazaran daha az büzülme gösterdikleri ifade edilmiştir (Panyawong ve Devahastin, 2007).

Çekme, kuruma sırasında meydana gelen en önemli yapısal değişikliktir ve genelde kurumanın başlangıç aşamalarında görülür. Çekme gıdada yapının çökmesi sonucu meydana gelir. Ancak meyve ve sebzelerde yapısal çekmenin engellenmesi de çok zordur ve sonuçta kurutma sırasında yapısal çekme ve çökme kaçınılmazdır.

Dondurarak kurutma gibi düşük sıcaklıklarda yapılan kurutma işlemlerinde, çekmenin belli ölçülerde engellenmesi mümkündür.

Kurutulan herhangi bir materyalde hiç bir çekme olmazsa ve materyal kurutma sonunda da başlangıçtaki boyutlarını korursa, bu materyalin kuruma sonundaki yığın yoğunluğu sadece kaybedilen su kadar azalır (Acar, 2013).

#### **5.3.1.4. Kitle yoğunluğunda değişimler**

Herhangi bir materyalin birim hacminin ağırlığına kitle yoğunluğu denir. Kurutulmuş ürünün kitle yoğunluğu, onun kurutulmasında uygulanan koşulların belirteçidir. Ayrıca kitle yoğunluğu, kurutulmuş ürünün bir kalite olgusudur. Kitle yoğunluğu, bir ürünün kurutma koşulları hakkında bilgi veren önemli bir değerdir. Aynı ürünün, düşük kitle yoğunluğunda veya yüksek kitle yoğunluğunda olmasının olumlu ve olumsuz yönleri vardır. Kitle yoğunluğu düşük olanlar tüketici tarafından tercih edilir. Çünkü herseyden önce satın alınmış aynı ağırlıktaki ürün, daha fazla görülür. Ayrıca bunların rehidrasyon yetenekleri iyidir, yani daha fazla ve hızlı su absorbe ederler. Kurumuş ürün orijinaline daha fazla benzer. Bunların ambalaj, depolama ve taşınma masrafları daha fazladır. Ayrıca içerdeki boşluklar aynı miktar ürünün yüzey alanının çok artmasına neden olduğundan, bunlarda oksidasyon eğilimi fazladır, yani depolanma stabilitesi azdır. Rehidrasyonda bazen tabaka tabaka dağılma görülebilir. Yoğunluğu fazla olan kuru ürünler, özellikle bunları başka ürünlere işleyen imalatçılar tarafından tercih edilirler (Cemeroğlu vd., 2003).

#### **5.3.1.5. Kurutma sırasında oluşan boyut ve şekil değişiklikleri**

Küp şeklinde doğranmış bir sebzenin örneğin havucun hava ile kurutulduğunu düşünelim. Kurutmanın başlangıcında doku “turgor” halindedir. Hücre içindeki sıvı basınç ve hücre membranı gerilim altındadır. Sebze diliminin yüzeyi havuç suyu nedeniyle nemlidir. Kuruma ile birlikte yüzeyden su buharlaşır ve buna bağlı olarak yüzey sıvısında çözünen derişimi artar. Bu şekilde oluşan konsantrasyon gradyanına bağlı olarak, iç kısımlarda bulunan daha seyreltik çözeltideki su geçirgen hücre duvarlarını aşarak dış yüzeye doğru hareket eder. Hala sıvı içeren ve bu nedenle gerilmiş halde olan yüzey hücreleri kaybettikleri sıvıya bağlı olarak hacimlerini azaltıp düzleşirler. Dış yüzey hala yaş ve sıkıştırılmayan iç yüzeylerin üzerinde büzüşür.

Kurumanın ilerlemesiyle birlikte, dış yüzeydeki hücreler tamamen düzleşir ve gerilir. Havuç küpünün köşeleri kaybolur ve yastık şekline dönüşür (Acar, 2013).

### **5.3.1.5. Rehidrasyon kapasitesi**

Kurutulmuş bir üründe aranan en önemli nitelik, bunun kullanılması sırasında verilen su ile, eski haline dönüşebilme düzeyidir. Yani kurutulmuş bir ürün suda bekletilince taze halinde içerdiği kadar su alarak eski haline ve şekline dönüşürse, mükemmel niteliklerde olduğu kabul edilir. Bu özellik dondurularak kurutulmuş ürünlerde önemli ölçüde sağlanabilirse de, geleneksel kurutma yöntemleriyle kurutulanlarda büyük oranda kaybedilmiş olur.

Kurutulmuş ürünlerin rehidrasyon yeteneği fiziksel bir olaya da, bunun kurutma sırasında azalması, materyaldeki kimyasal, fiziko-kimyasal ve fiziksel değişmelerle ilgilidir. Kurutma koşullarına bağlı olarak buruşma ve parçalanma sonucu, hücreler ve dokunun kapilar yapısının bozulması, rehidrasyonu olumsuz yönde etkileyen fiziksel faktörlerdir. Buna karşın rehidrasyon yeteneği daha çok, kimyasal ve fizikokimyasal nedenlerle etkilenmektedir. Kurutmada uygulanan ısı etkisiyle ve kuruma sonucu hücredeki tuzların konsantr olmasına bağlı olarak proteinler denatüre olmaktadır. Denatüre olan proteinler artık suyu tekrar absorbe etme ve bağlama yeteneğini büyük ölçüde kaybetmektedir. Aynı nedenlerle nişasta ve gam maddeleri de daha az hidrofilik bir nitelik kazanmaktadır. Aynı zamanda hücre duvarı da eskisi gibi esnek değildir (Cemeroğlu, 2003; Keçebaş, 2007).

### **5.3.2. Kimyasal Değişiklikler**

Kurutma sırasında yukarıda anlatılan fiziksel değişmelerin yanı sıra çeşitli kimyasal değişmeler de meydana gelmektedir.

Bir gıda maddesi kurutulduğu zaman, karşılaşılan en önemli sorunlardan biri esmerleşme olarak adlandırılan renk değişimidir. Renk esmerleşmesi kurutmadan önce, kurutma sırasında veya depolama süresinde oluşur (Acar, 2013).

Ege Bölgesinde domatesler Temmuz ve Ağustos dönemlerinde kurutulmakta ve kuruduktan sonra hemen dış satıma başlanmaktadır. Bu sırada sıcaklığın gölgede 25°C-40°C arasında değiştiği ve taşımacılık sırasında konteynırların dışarıda bırakıldığı düşünülecek olursa kurutulmuş domatesde renk esmerleşmesi meydana gelmesi

kaçınılmazdır (Babalık ve Pazır, 1996).

Renk esmerleşmesi kurutmada önce, kurutma sırasında ve depolama süresinde oluşmaktadır (Baloch vd., 1973; Cemeroğlu ve Acar, 1986).

Renk esmerleşmesi enzimatik veya enzimatik olmayan reaksiyonlar sonucu olabilir. Ancak, kurutulmuş ürünlerdeki renk esmerleşmesi daha çok enzimatik olmayan yolla meydana gelmektedir (McWeeny vd., 1974; Cemeroğlu ve Acar, 1986). Başta meyveler olmak üzere haşlanmadan kurutulan ürünlerde oksidasyon enzimlerinin faaliyetiyle, başta fenolik maddeler olmak üzere birçok maddenin oksidasyonuna dayalı renk esmerleşmesi kendini gösterir. Kurutmada uygulanan havanın sıcaklık düzeyi materyaldeki enzimleri inaktif hale getirmeye çoğu kez yeterli gelemez. Gıdalardaki enzimatik olmayan esmerleşmelerin kontrolünde ürünün nem niceliği, depolama sıcaklığı, gıdanın bileşimi ve bisüfitlerin ilavesi etkilidir (Reynolds, 1965; Gilbert ve McWeeny, 1976; Taylor vd., 1986; Wedzichoa, 1987). Enzimatik olmayan esmerleşmenin önlenmesinde kükürtlü bileşiklerin etkisinin daha fazla olmasına karşın, ya sülfidler ile beraber veya da tek olarak tuz ve nişasta da kullanılmaktadır (Tripathi ve Nath, 1989; Olorunda vd., 1990).

Gıdalarda görülen başlıca enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları, askorbik asit degradasyonu, karamelizasyon ve Maillard reaksiyonudur. Bunlardan en önemlisi ise Maillard reaksiyonudur. Adını glikoz ve lizin çözeltisinin birlikte ısıtılması sonucu çözelti renginin esmerleştiğini ilk kez belirleyen Fransız bilim adamı Maillard'dan alan bu reaksiyon, başta meyve suları olmak üzere pek çok gıdada rengin esmerleşmesine neden olan kompleks bir seri reaksiyondan oluşmaktadır (Eskin, 1990; Ayan, 2010).

## 6. LİTERATÜR BİLGİSİ

### 6.1. Elmada Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite Üzerine Yapılan Çalışmalar

Spanos vd., (1990), yaptıkları çalışmalarda; fenolik bileşenlerin elmada düşük konsantrasyonda olması, elma suyu üretiminde oksidatif bozulmaları önlerken, fenoliklerin yüksek konsantrasyonda olması, elma sularında rengin değişmesine ve bulanıklığa sebep olmaktadır. Elma suyu üretiminde elmadaki lif ve fenolikler önemli ölçüde azalmaktadır. Meyve suyu üretiminde polifenolikler indirgenmekte ve toplam lif elimine olmaktadır. İnsan sağlığında elmaların yararlı etkisi; elma suyu üretiminde elma pürelerinin bir ara ürün olarak kullanılması ve bebek gıdalarında vb. ürünlerin üretiminde elma pürelerinin kullanılması ile artmaktadır.

Lu vd., (1996)'nın yaptıkları çalışmalarda; gala elma çeşidinin liyofilize edilmiş (dondurularak kurutulmuş) posasındaki fenolik bileşenler, UV dedeksiyonu kullanılarak HPLC metoduyla tayin edilmiştir. Sonuç olarak elma posasında en fazla bulunan bileşenler; epikateşin (0,64 mg kg<sup>-1</sup>), kafeik asit (0,28 mg kg<sup>-1</sup>), 3-hidroksi floridzin (0,27 mg kg<sup>-1</sup>), floretin-2'-ksiloglukozit (0,17 mg kg<sup>-1</sup>), floridzin (1,42 mg kg<sup>-1</sup>) ve kuersetin-3-galaktozit (1,61 mg kg<sup>-1</sup>), kuersetin-3-glukozit (0,87 mg kg<sup>-1</sup>), kuersetin-3-ksilozit (0,53 mg kg<sup>-1</sup>), kuersetin-3-arabinozit (0,98 mg kg<sup>-1</sup>), kuersetin-3-ramnozit (0,47 mg kg<sup>-1</sup>) olduğu belirlenmiştir.

Escarpa ve Gonzales, (1998), yaptıkları çalışmalarda; elma kabuklarında en yaygın bulunan fitokimyasalların prosiyanidinler, kateşin, epikateşin, klorojenik asit, floridzin ve kuersetin türevleri olduğunu buldu. Elmanın etinde ise kateşin, prosiyanidin, epikateşin ve floridzinin var olduğunu ama bunların konsantrasyonunun kabuğa oranla daha düşük olduğunu gözlemlediler. Özellikle kuersetin türevleri elma kabuklarında ete göre, klorojenik asit ise elma etinde kabuğa oranla yoğun olarak bulunmakta olduğunu gözlemlediler.

Robards vd., (1999), yaptıkları çalışmalarda; elma ve elma ürünlerinde güçlü antioksidan etkiye sahip flavanoidlerin biyoaktivitesini belirlemek için antioksidan aktivite ölçümü kullanılmaktadır. Antioksidan aktivite tayininde gerçekleştirilen analizlerden; ORAC, FRAP, TEAC veya ABTS, ile DPPH metotlarını karşılaştırmışlardır. Elma polifenollerini ve antioksidan özellikleri geniş şekilde pek çok araştırmacı tarafından incelenmiştir.

Eberhardt vd., (2000), yaptıkları çalışmalarda; elmadaki fitokimyasalların konsantrasyonu birçok faktörlere bağlıdır. Bunlar elmanın çeşidi, hasat zamanı, depolaması ve işlenmesi olabilir. Ayrıca elma kabuklarında bulunan fitokimyasallar elma etindekilere oranla daha fazla miktar ve çeşitliliktedir. Araştırmalar kabuksuz elmanın kabukludan daha az antioksidan aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir. Elma kabukları elma etine oranla özellikle antioksidan bileşen olan kuersetini daha fazla içerdiği için daha yüksek antioksidan aktiviteye ve bioaktiviteye sahiptir.

Wang ve Chao, (2003), yaptıkları çalışmalarda; elmanın kurutma karakteristiklerinin belirlemek için, farklı kalınlıklarda (3, 5 ve 7 mm) dilimlenmiş elma örneklerinin bir kısmını üç farklı dozda (2, 5 ve 6 KGY) radyoaktif madde ile ön işleme tabii tutmuşlar bir kısmını da ön işlem uygulamadan dilimlenmiş olarak üç farklı sıcaklıkta (50, 60, 75 °C), sabit hava hızında (1.8 m/s) ve sabit nem (% 16.8) koşullarında kurutmuşlardır. Araştırma sonuçlarına göre; radyasyona tabii tutulmuş örneklerde kuruma süresinin azaldığı ve kuruma oranının arttığı, ayrıca kurutma sıcaklığı ve dilim kalınlığının ön işlem uygulanmış örneklerde kurutma oranını etkilediği, bu etkileşimde sıcaklık arttıkça ve dilim kalınlığı azaldıkça kuruma oranının arttığı belirlenmiştir.

Kondo vd., (2002), yaptıkları çalışmalarda; Fuji, Oorin ve Redfield elma çeşitlerinin DPPH yöntemi ile antioksidan aktivitelerini kabuklarında etine göre daha yüksek miktarda bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Halvorsen vd., (2002), yaptıkları çalışmalarda; değişik meyvelerin antioksidan aktivitelerini incelemişler, farklı elma çeşitlerinde antioksidan aktiviteyi; Golden delicious çeşidinde 0,15 mmol/100g, Granny smith çeşidinde, 0,51 mmol/100g, Gala çeşidinde 0,22 mmol/100g olarak belirlemişlerdir.

Leong vd., (2002), yaptıkları çalışmalarda; Singapur pazarlarında satılan 27 adet meyvenin (çilek, üzüm, greylift, portakal, limon, ananas, erik, kivi, elma, muz vb.) etlerinin toplam antioksidan kapasitesi tayin edilmiştir. Bunun için meyve eti örnekleri %50 etanolle 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 ekvivalenti 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.

Wolfe vd., (2003), yaptıkları çalışmalarda; elma kabukları, elma etine kıyasla antioksidanların büyük çoğunluğunu içerdiği için gıda ürünlerinin değerini artıran bir ürün olma potansiyeli oldupunu ve günümüzde yapılan çalışmalarda elma kabuklarının elma eti ile karşılaştırıldığında 2-6 kat daha fazla fenolik bileşen ve 3 kat daha fazla flavanoid içerdiğini göstermiştir.

Lee vd., (2003), yaptıkları çalışmalarda; elmadaki başlıca flavonoidleri ve bunların toplam antioksidan kapasitesine olan etkilerini araştırmışlardır. Altı farklı elma çeşidinin antioksidan kapasitelerini ABTS yöntemi ile C vitamini eşdeğeri cinsinden hesaplamışlardır. En önemli flavonoidler; kuarsetin ve glikozidleri, prosiyanidin, klorojenik asid, epikateşin ve C vitamini dir. Fenolik bileşiklerle C vitamini arasında toplam antioksidan kapasiteleri ve konsantrasyonları bakımından yüksek bir lineer ilişki saptamışlardır. C vitamini eşdeğeri cinsinden fenolik bileşiklerin antioksidan kapasiteleri, kuarsetin için 3,06; epikateşin için 2,67; prosiyanidin için 2,36; C vitamini için 1,00 ve klorojenik asit için 0,97 olarak elde edilmiştir.

Chinnici vd., (2004), yaptıkları çalışmalarda; golden delicious elmasının organik ve organik olmayan koşullarda yetiştirilmiş türlerinin kabuk ve et kısmındaki polifenolik bileşenlerin tanımlanması ve bunların neden olduğu radikal süpürme aktivitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için elmalar ağaçtan toplanarak analiz edilmiştir. Öncelikle elmanın et ve kabuk kısmı birbirinden ayrılıp, homojenize edilip liyofilize edilmiştir. Bu şekilde hazırlanan elma et ve kabuğu %95 metanolla ekstrakte edilmiştir. Ekstraktların HPLC analizi için dizi-diyod 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 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) yöntemiyle troloks ekivalenti olarak belirlenmiştir ve kabuk ekstraktları için organik olmayan koşullarda yetiştirilmiş. Elmanın TAC (toplam antioksidan kapasite) değeri 18.56 mM kg<sup>-1</sup> iken organik olanın 14.96 mM kg<sup>-1</sup>; et ekstraktları için de organik olmayanlar için 7,12 mM kg<sup>-1</sup> iken, organik olanlar için 6,28 mM kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Bu çalışmalar sonucunda elmanın kabuk kısmında flavonoller, flavanoller, prosiyanidinler, dihidrokalkonlar ve hidroksisinnamik asitler tanımlanmıştır. Bunlardan

prosiyanidinler, ve kuerşetin glikozitleri kabukta bulunan başlıca türler olarak ifade edilmiştir. DPPH yöntemine göre quersetin glikozitleri en yüksek TEAC katsayısını göstermiştir. Bunu sırayla prosiyanidin B2, epikateşin, klorojenik asit ve floridzin izlemiştir. Böylece; kabuktaki yüksek radikal süpürme aktivitesinin, yüksek TEAC katsayısına sahip bu bileşenleri içermesinden kaynaklandığı kanıtlanmıştır. Elmanın et kısmının polifenolik bileşenler açısından kabuk kısmına göre oldukça fakir olduğu ve prosiyanidinler, hidroksisinnamik asitler ve floridzinin et kısmındaki başlıca bileşenlerden olduğu belirlenmiş ve elmanın kabuk kısmının antioksidan aktivitesinin et kısmına göre çok daha yüksek olduğu kanıtlanmıştır.

Boyer ve Liu, (2004), yaptıkları çalışmalarda; elmaların güçlü antioksidan aktiviteleri nedeniyle kanserli hücrelerin çoğalmasını inhibe ettiği, lipid oksidasyonunu azalttığı, kolesterolü üşürdüğü ve kanda antioksidan düzeyini artırdığı bildirilmiştir.

Karadeniz vd., (2005), yaptıkları çalışmalarda; Amasya, Arapkızı, Cooper, Gloster, Golden delicious, Granny smith, Rome beauty ve Starking elma çeşitlerinin antioksidan aktivitelerini B-karoten haşlama (beta-carotene bleaching) metodu ile incelemiştir. Sonuçta; %14,7±3,5 ile %40,7±0,9 arasında belirlemiştir.

Thaipong vd., (2006), yaptıkları çalışmalarda; antioksidan aktivite tayininde gerçekleştirilen analizlerden; ORAC, FRAP, TEAC veya ABTS, ile DPPH metotlarını karşılaştırmışlardır. ORAC yönteminde pro-oksidan olarak peroksil ya da hidroksil radikallerinin kullanılması bu yöntemi prooksidan gerektirmeyen diğer yöntemlerden farklı kılmaktadır. Ayrıca substrat olarak protein (PE) kullanılması bu yöntemi, oksidasyon için substrat olarak luminol ya da krosin kullanılan diğer yöntemlerden farklı kılmaktadır. Bu yöntemde antioksidanlar için çok yüksek oranda (>2000 molar) AAPH kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan ORAC yönteminin FRAP yönteminden daha duyarlı olduğu belirtilmiştir. Dondurularak kurutulmuş 927 adet sebze örneği için FRAP ve ORAC teknikleri arasında bir uyum olmadığı, fakat bu yöntemlerin yabancısını meyvesi için uyum gösterdiği belirtilmiştir. Benzer olarak darı ve ürünleri için ORAC, DPPH ve TEAC yöntemleri arasında uyum olduğu kaydedilmiştir.

## 6.2. Ön İşlem Uygulaması Üzerine Yapılan Çalışmalar

Hossain vd., (2005), yaptıkları çalışmalarda; güneşte kurutulan kırmızı ve yeşil biberlere uygulanan ön işlemin kuruma hızına ve kaliteye etkisini araştırmışlardır. Kırmızı biberler; haşlanmış, sülfür ve sodyum hidroksit ile muamele edilerek ön işlemde geçirilmişlerdir. Yeşil biberler ise haşlanmış ve sülfür dioksit, sodyum hidroksit, sodyum bikarbonat ile muamele edilmişlerdir. Ön işlemde geçirilmiş kırmızı ve yeşil biberlerin kuruma hızlarının, natürel olarak kurutulan örneklerin kuruma hızlarına göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Yeşil biberlerde ise haşlanmış ve sülfürlenmiş örneklerin en yüksek renk kalitesine ve parlaklığa sahip olduğu görülmüştür.

Doymaz, (2010); yaptığı çalışmada; kırmızı elmayı 55°C, 65°C ve 75°C sıcaklıklarda ve 2.0 m/shava akımında kurutmuştur. İki çeşit ön işlem uygulaması kullanmıştır bunlardan biri ön işlem olarak % 0,5 sitrik asit çözeltisine daldırmıştır bir diğeri ise elmaları haşlamıştır. Hesaplamalar için 5 farklı matematiksel model kullanmıştır. Ve bu modellerle yapılan hesaplamalar sonucunda en iyi kurutma özelliğine sahip olan % 0,5 sitrik asit çözeltisine daldırılmış elmalar olmuştur.

Doymaz ve Pala, (2002); yaptıkları çalışmalarda; Türkiye'de meyve ve sebze üretimi için önemli bir potansiyele sahip olduğunu ancak, üzüm kurutma sırasında karşılaşılan sorunlar henüz çözülmediğini belirtmişlerdir. Bunu geliştirmek için farklı daldırma çözeltileri uygulamışlardır. Etil oleat (AEEO) alkalın emülsiyon ile ön işleme tabii tutulan çekirdeksiz üzümler diğerlerine göre nispeten daha iyi sonuç vermiştir.

## 6.3. Kurutma Üzerine Yapılan Çalışmalar

Funebo ve Ohlsson, (1998), yaptıkları çalışmalarda; mikrodalga ve sıcak hava kombinasyonu ile elma ve mantarların su içeriğini incelemişler. Mikrodalga ve sıcak hava kombinasyonlu uygulamada nem içeriğinin azaltılmasında mikrodalga gücü olarak düşük güç seviyesi seçilmiştir. Çalışmanın amacı mikrodalga ile sıcak hava kombinasyonunun sıcak havayla karşılaştırılmasıdır. Kalite parametreleri olarak tekrar su alma kapasitesi, renk ve taze ürünün yoğunlukları alınmıştır. Düşük hava hızının yanmalara ve kahverengileşmeye neden olduğu için en düşük hava hızı 10 m/s olarak tanımlanmıştır. Mikrodalga enerji, çok fonksiyonlu mikrodalga fırınla uygulanmış fakat rehidrasyon kapasitesinin %20–25 oranında daha iyi olduğu görülmüştür. Ürünler

4°C'de en fazla bir hafta süreyle depolanmış ve mantarlar ise üç gün süreyle depolanmışlardır. Elmalar ve mantarlar kurutulmadan önce 5mm boyutlarında doğranmıştır. Elmalar soyulmadan ve çekirdekleri çıkarılmadan işlenmiştir. Ve sonuç olarak en iyi kalite ürünlerin mikrodalga ile kurutulan ürünler olduğu sonucuna varmışlardır.

Doymaz vd., (2000), yaptıkları çalışmalarda; kabin ve mikrodalga kurutucularla yapılan kurutma işleminin maydanoz üzerindeki etkileri incelenmiştir. Kurutma deneyleri her iki sistemde de 40, 45, 50, 55, 60 ve 70°C sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir. Her iki kurutucuda yapılan denemelerin sonucunda; sıcaklık artışının kurutma işlemini hızlandırdığı görülmüş ve mikrodalga kurutucuda kurutma işleminin çok daha kısa sürede gerçekleştiği saptanmıştır. Kurutulmuş ürünlerde ürün kalitesini belirleyen önemli kriterlerden biri de renktir. Kabin ve mikrodalga kurutucularda düşük sıcaklıklarda çalışmanın, parlaklık ve renk kalitesinin korunması açısından avantajlı olduğu tespit edilmiştir. Kabin kurutucuda, maydanoza ait gerçekleştirilen denemelerden elde edilen verilere Page ve Exponential denklemleri uygulanarak regresyon katsayıları hesaplanmıştır. Page denkleminin R<sup>2</sup> değerlerinin Exponential denkleminin R<sup>2</sup> değerlerinden daha yüksek olduğu saptanmıştır

Sham vd., (2001), yaptıkları çalışmalarda; kalsiyum ön işleminin, vakum düzeyinin ve elma cinsinin; hava ile ve vakumlu mikrodalga ile kurutulmuş elma krakerlerinin yapısı üzerine etkilerini incelemişlerdir. Yerel marketlerden satın alınan Golden delicious, Red delicious ve Fuji cinsi elmaları örnek miktarı 1 kg olacak şekilde tartmış, yıkamış, 4 mm kalınlığında dilimlemiş, 2 dakika buharda haşlamışlardır. Elma dilimlerinin nem içeriği kuru madde içeriğine göre %5 olana kadar 70°C'de, yaklaşık 3,5 saat, hava akış hızı 1,1 m<sup>3</sup>/dk olan hava ile bantlı kurutucuda kurutmuşlardır. Dondurarak kurutma, 100 µmHg vakum altında, oda sıcaklığı 20°C'de, kondenser sıcaklığı -55°C'de 10,5 saat kurutmuşlardır. Vakumlu mikrodalga ile kurutmada yüksek vakum uygulaması yoğunluğu düşürmüş ve gevrekliği arttırmıştır. Ayrıca Fuji cinsi elmaların, Red ve Golden delicious cinsi elmalara göre daha yüksek kalsiyum içeriğine ve gevrekliğe sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Ramirez-Valiente vd., (2001), yaptıkları çalışmalarda; kurutma işlemleri sırasında gıdalarda meydana gelen bazı olayların kapsamlı bir şekilde anlaşılmasında önemli bir rol oynamışlardır. Bu çalışmanın amacı, kurutma havası sırasında hücre boşlukları

boyut parametresi ve su kaybı hızını önışlemlerin nasıl etkileyebileceğini ve elma üzerinde mikro yapı karakterizasyonunda dört önışlemin etkisinin araştırılmasıdır. Donma/çözülme ve sıkıştırma önışlemlerinin elma yapıları üzerinde daha fazla hasara sebep olduğunu, suyun kaynamasında ve kontrolünde vakuma emdirme ya da daldırma işlemleri ile karşılaştırıldığında hücre boşluklarının daha verimli olduğunu elde etmişlerdir. Dondurulmuş/çözölmüş, sıkıştırılmış ve kaynar suda bekletilmiş elma dilimlerinin, kontrol numuneleri ve vakum emdirilmesinden daha yüksek difüzyon kat sayısına ve kuruma hızlarına sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. Sonuçları, hücre duvarlarının bozulduğu sonucuna izin veren, kuruma hızını etkileyen bir faktör olarak kabul etmişlerdir.

Kanat, (2001), yaptığı çalışmada; sanayi için hazırlanan, pizza ve ekmek pişirmede kullanılan mikrodalga kurutucunun elma için kullanılabilirliğini belirlemeye çalışmıştır. Mikrodalga kurutucuda  $65\pm 3^{\circ}\text{C}$  ve  $55\pm 3^{\circ}\text{C}$  olmak üzere iki farklı sıcaklıkta, 30,1 m/min, 51,7 m/min, 70,1 m/min ve 90,1 m/min hava akım hızlarında, damıtık suya ve kararmanın önüne geçebilmek için; %0,5, %2, %4 ve %5 sitrik asit çözeltisine batırılarak, halka, dilim ve küp şeklinde kesilmiş elma örnekleri kurutmuştur. Nem içerikleri, kuruma süreleri ve renk açısından değerlendirdiğinde en iyi sonuca halka şeklindeki elma örnekleriyle ulaştığını bildirmiştir. Bekletilen ürünlerde küp şeklindeki elma olanların 1 ay sonra bozulduğunu, halka şeklinde olanların ise 6 aydan fazla süre geçmesine rağmen ilk hallerini koruduklarını bildirmiştir.

Asami vd., (2003), yaptıkları çalışmalarda; meyve ve sebzelerin kurutulmasında kullanılan vakumla dondurarak kurutma yöntemi, kaliteli ürün elde edildiği için yaygın olarak kullanılmaktadır. Dondurarak kontrollü kurutma, hava kurutma ve hızlı dondurma sonrası bir çeşit böğürtlen melezi olan marionberry, çilek ve mısırın toplam fenolik ve antioksidan aktiviteleri karşılaştırıldığında, farklılığın istatistiksel olarak önemli bulunduğu, en düşük antioksidan aktivite hava ile kurutulmuş örneklerde belirlendiği bunu dondurarak kurutma ve dondurulmuş örneklerin takip ettiğini bildirmişlerdir.

Alternatif bir kurutma metodu olan vakum kurutma, özellikle meyveler gibi uzun sürede kuruyan gıda ürünleri için kullanılan önemli bir yöntemdir. Yapılan çalışmalar bu metodun, kurutma işlem süresini diğer metotlara nazaran çok kısalttığını ve oksidasyon reaksiyonlarını azaldığını göstermiştir. Vakum kurutucularda kurutulmuş olan ürünlerde renk, yapı ve aroma iyi bir şekilde korunabilmektedir.

Mengeş vd., (2004), yaptıkları çalışmalarda; golden delicious elma çeşidinin laboratuvar tipi kurutucuda kurutulmasında belirli bir andaki nem içeriğini belirlemek amacıyla çeşitli istatistiksel modeller kullanmış ve karşılaştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre Midilli ve ark. modelinin elmanın kuruma davranışını diğerlerinden daha iyi açıkladığını belirlemişlerdir. En düşük istatistiksel verileri Midilli vd. modeli ile farklı çalışma koşullarına ait özel a, k, n ve b katsayıları elde etmişlerdir.

Wu vd., (2007), yaptıkları çalışmalarda; patlıcanın vakumla kurutma karakteristiklerinin belirlemek için, 45x25x20 mm boyutlarında dikdörtgen seklinde dilimlenmiş patlıcanları üç farklı vakum basıncında ( 2.5, 5.0 ve 10 kPa) ve üç farklı kurutma havası sıcaklığında (30, 40 ve 50 °C) kurutmuşlardır. Araştırma sonuçlarına göre; vakum basıncının, kurutma işleminde önemli bir etkiye sahip olmadığını, kurutma sıcaklığının ise kurutma işleminde önemli derecede etkili olduğunu, sıcaklığın artmasıyla patlıcanların kuruma süresinin önemli ölçüde kısaldığını tespit etmişlerdir.

Dadalı vd., (2007), yaptıkları çalışmalarda; yerli malı bir dijital mikrodalga kurutma fırınında, 5 farklı güç değerinde nane yapraklarının kurutma karakteristiklerinin belirlemek için, 180, 360, 540, 720 ve 900 watt değerlerinde güç kullanılmış, diğer kurutma koşulları sabit tutulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre; mikrodalga güç seviyesinin artmasıyla ürünün kuruma süresinin kısaldığı görülmüştür. Ayrıca mikrodalga yöntemi ile kurutma tekniğinin, güneşte ve sıcak hava ile kurutma teknikleriyle karşılaştırıldığında nane yaprağı kurutulmasında başarılı bir şekilde kullanılabileceğini belirlemişlerdir.

Leite vd., (2007), yaptıkları çalışmalarda; sıcak hava ile kurutmanın, kurutulan muzun kalitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. 5 mm kalınlığında daire şeklinde dilimlenmiş muz örnekleri, sabit hava debisinde (30 m<sup>3</sup>/h), iki farklı kurutma sıcaklığında (60 ve 70°C) ve tepsili bir kurutucuda kurutmuşlardır. Kurutma işlemi sonrası, kurutulan örneklerde kimyasal ve biyolojik kalite analizleri yapmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre; sıcak hava ile kurutma işleminin muzun kimyasal bileşimini etkilemediği ve sağlıklı bir şekilde kurutulduğunu belirlemişlerdir.

Cui vd., (2008), yaptıkları çalışmalarda; havuç ve elma cipslerini mikrodalga ve vakum kombinasyonlu ve dondurarak kurutmuşlardır. İlk mikrodalga vakum kurutma ile serbest suyun çoğunu atıp sonra %7'den daha az neme kadar dondurarak

kurutmuşlardır. Bu ürünlerin kimyasal ve fiziksel özelliklerini değerlendirmişler ve sonuçları her bir kurutma şekli için karşılaştırmışlardır.

Doymaz, (2008), yaptığı çalışmada; haşlama işlemi ve dilim kalınlığının kurutma karakteristikleri üzerine etkilerini araştırmıştır. Denemede pırasa ve kabin tipi bir kurutucu kullanılmış, kurutma sıcaklığı 50 °C ve kurutma havası hızı 2.5 m/s olarak alınmıştır. Pırasa örnekleri farklı kalınlıklarda (1, 2 ve 3 cm) dilimlere ayrılmış, bunların bir kısmı ( 1 ve 2 cm olanlar) 70 °C sıcaklıktaki suda 3 dakika süreyle haşlanmışlar, bir kısmı da haşlanmadan işleme alınmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre; kurutma süresinin, haşlanmış dilimlerde, haşlanmayan dilimlere göre önemli ölçüde azaldığı, dilim kalınlığının artmasıyla da bu sürenin arttığı belirlenmiştir.

Contreras vd., (2008), yaptıkları çalışmalarda; elma ve çileğin kurutma kinetiği üzerinde, konvektif kurutmadan önce ön işlem olarak yapılan mikrodalga uygulaması ve vakum emdirilmesi veya darbeli vakum ozmotik dehidrasyonda hava sıcaklığının etkisini incelemiştir. Ayrıca, kurutulmuş numunelerin optik ve mekanik özellikleri üzerinde ön işlem etkisini de araştırmıştır. Ampirik denklemleri, deneysel veri ve modellerini uyum içerisinde gözlemleyerek kurutma kinetiği faktörlerinin etkisini değerlendirmek için kullanmıştır. Azalan kuruma süresinde mikrodalga uygulamasının etkisinin artan hava sıcaklığının etkisinden önemli ölçüde fazla olduğunu gözlemiştir. Kurutulmuş bir ürünün daha az renk değişimini, daha sert ve sıkı yapısını çok yüksek hava sıcaklığında veya mikrodalga uygulamasında elde etmiştir. Ancak, mikrodalga işlemi sırasında yüksek sıcaklıklarda pigment bozunmalarına rastlamıştır. Ön işlemlerin uzatılmasıyla oluşan sıvı faz hacmindeki artışı, konvektif kurutma süresi ve numunelerdeki daha fazla renk değişimiyle ima etmiştir. Buna rağmen, bunların kurutulmuş ürünün kırılmaya ve deformasyona karşı direncinin arttığını gözlemiştir.

Karaaslan ve Tunçer, (2009), yaptıkları çalışmalarda; kırmızı biberin kurutulmasını mikrodalga fan destekli konveksiyonel fırın kombinasyonunda incelemiştir. Mikrodalga enerjisi ile yapılan kurutma denemelerinde kullanılan güç seviyeleri 180, 360, 540, 720, 900 W olarak seçilmiştir. Sıcak hava ile kurutma denemeleri ise 100, 180, 230°C'de yapılmıştır. Elde edilen verilerden yararlanılarak, ürünlerin kuruma süresinin belirli bir anındaki nem içeriğini belirlemek amacıyla 11 matematiksel model kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Chauhan ve Srivastava, (2009), yaptıkları çalışmalarda; bezelyeler, vakum destekli mikrodalga kurutma sisteminde kurutulmuşlardır. 100 ile 300 W arasında değişen mikrodalga güçlerinde ve 50 ile 400 mm Hg arasında değişen vakum sisteminde kurutulmuş bezelyelerin kurutma parametreleri (kurutma verimliliği ve kurutma zamanı) ve bazı kalite parametreleri (doğrusal büzülme, yoğunluk, renk, rehidrasyon ve duyuşal nitelikler) incelenmiştir. Mikrodalga sisteminin güç düzeyi, kurutulan bezelyelerin kurutma parametrelerini ve kalite niteliklerini etkilemiştir. Daha yüksek vakum ile kurutma ise daha kaliteli bir ürün eldesi ile sonuçlanmıştır.

Li vd., (2009), yaptıkları çalışmalarda; elmanın kurutulması için, otomatik sıcaklık ve güç kontrol yeteneği ile mikrodalga kurutma sistemini geliştirmişlerdir. Numunelerin kütle ve nem içeriğini online olarak elde etmiştir. Sıcaklık ve güç kontrollerinin farklı kombinasyonunu dört farklı kurutma metodu ile denemiştir. Geri beslemeli sıcaklık kontrolü ile önceden tanımlanan güç değişkenlerini, en iyi sıcaklık kontrolü ve ürün kalitesinde sonuçlandırmıştır. Çalışmada ayrıca, geri beslemeli sıcaklık kontrolünün dahil olmadığı mikrodalga kurutma işlemi sırasında, sıcaklığı sabit bir değerde muhafaza etmenin çok zor olduğunu doğrulamıştır. Sonuçlar, mikrodalga kurutma uygulamaları ve sıcaklık kontrolü olmadan, mikrodalga güç seviyelerinin belirlenmesi için kullanılabilir olduğunu göstermiştir.

Figiel, (2010), yaptığı çalışmada; pancar küplerini 240, 360 ya da 480 W'ta vakum-mikrodalga kurutmada ve 1,6, 0,6 ya da 0,27 kg/kg db nem içeriğine kadar konvektif ön kurutmanın kombinasyonu ve 60°C'de sıcak havada konvektif kurutma işlemiyle kurutmuştur. Kontrol numunelerini dondurularak kurutma ile elde etmiştir. Pancar küplerinin kuruma kinetiklerini üstel fonksiyon ile tanımlamıştır. Vakum-mikrodalga kurutma işlemi ile, kurutmanın toplam süresinin ve konvektif metotla karşılaştırıldığında kuruma büzülmesinin önemli ölçüde azaldığını belirlemiştir. Vakum-mikrodalga işlemine tabi tutulmuş numunelerin, dondurularak kurutulanların yanı sıra, konveksiyonla kurutulanlardan düşük basınç dayanımı, daha iyi rehidrasyon potansiyeli ve daha yüksek antioksidan aktivitesi sergilediğini gözlemlemiştir. Mikrodalga voltajının artırılması ve konvektif ön işleminin süresinin azaltılması ile, kombinasyon metoduyla kurutulmuş pancar küplerinin kalitesini geliştiğini kanıtlamıştır.

Li vd., (2010), yaptıkları çalışmalarda; kurutma işleminin orta aşamasında, hızlandırılmış nem buharlaşmasını ve daha hızlı bir kurutma hızını göstermiştir. Bu arada, daha fazla lezzet kaybının, yüzey rengi bozulmasının ve yanmalarının genellikle bu aşamada meydana geldiğini gözlemlemiştir. Kuruma etkilerini geliştirmek için, kuruma eğrileri kontrol etmiştir ve değiştirmiştir. Bu kuruma süresi ve enerji tüketimi halen kabul edilebilirken, orta aşamada kurutma hızının düşürülmesi, renk, tat ve genel görünüm açısından ürün kalitesini geliştirdiğini kanıtlanmıştır.

Askari vd., (2012), yaptıkları çalışmalarda; elma küplerinin kuruması için, pilot ölçekli bir akışkan yataklı mikrodalga-destekli kurutma tasarlamışlardır. Akışkan yataklı mikrodalga-destekli kurutucu kombinesi, kurutma esnasında elma küplerinin kütle ve ısı transferini açıklamak için geliştirilen bir modeldir. Numunelerin sıcaklık değişimi ve nem dağılımı için geliştirilen modeli, sonlu farklar metoduna dayalı sayısal bir çözüm geliştirmek için kullanılmışlardır. Tasarladıkları model ile, ortalama nem içeriği dahil olmak üzere, değişik hava sıcaklıklarındaki yüzey ve merkezi sıcaklıklar ve mikrodalga güç yoğunluklarını deneysel verilerle doğrulamışlardır.

Cuccurullo vd., (2012), yaptıkları çalışmalarda; elma dilimlerinin kurutulmasında, sıcaklıklarını online olarak kontrol edecek şekilde mikrodalga tabanlı bir sistem geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri kızılötesi termografi destekli bir kontrol sistemi, seçilen bir dilimin yerine test altındaki numunelerin arasından saptanan anlık maksimum sıcaklık yardımıyla sıcaklık kontrolünü gerçekleştirmeye imkan sağlamıştır. Sistemin etkinliği, hem yer hem de zamanda gerçekleştirilen sıcaklık kontrolünde üç sıcaklık ispatlamıştır: 55, 65 ve 75°C. Sıcaklık dalgalanmalarının, artan zaman ve yüksek sıcaklık seviyeleri ile kurutulmuş meyve kalitesi üzerinde olumsuz bir etkiye neden olduğunu ispatlamışlardır.

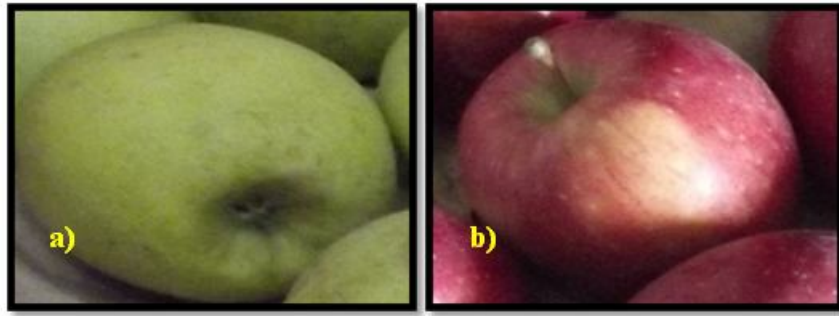
Mabrouk vd., (2012), yaptıkları çalışmalarda; doğal ürünlerin konvektif ve kesikli kurutma işlemlerinin aktif miktarını belirlemişlerdir. Bu kurutma modunu iklimsel bir tünel üfleyici içinde elde etmişlerdir. Bu laboratuvar cihazı bize kurutulan elma dilimlerinin farklı koşullarda çeşitli testlerini gerçekleştirmek için izin vermiştir. Kesikli durumda, hava hız değerleri ve hava sıcaklığının bir çeşidi, bize ince elma dilimlerinin kurutulması için en iyi ekonomik hızları bulmamızda yardımcı olmuştur. Kesikli testlerdeki sayısal simülasyonları bize ürün periyodu esnasında yaşanan kesintiler hakkında daha fazla bilgi vermiştir. Kaldığı yerden devam eden kurutma

kinetikleri hava sıcaklığı ile artış göstermiştir. Sonra, genel kurutma süresi ve enerjiden kazanım sağlamıştır. Bu çalışmalar ile kuruma süresinin azalması ve kalitelerinin korunmasını onaylayan ve tarım ürünlerinin kesikli kurutulmasının oldukça önemli avantajlarının olduğunu göstermiştir.

## 7. MATERYAL ve YÖNTEM

### 7.1. Materyal

Elma cipsi üretiminin hedeflendiği bu araştırmada hammadde olarak Bursa ili İnegöl ilçesi İsaören bölgesinde yetiştirilen LG (Lutz Golden) ve SD (Staking Delicious) (Şekil 7.1. a ve b) türü elmalar temin edilmiştir. Her iki elma türüne ait stok +4 °C’de ki soğuk hava deposunda muhafaza edilmiştir.



**Şekil 7.1.**Araştırma hammaddeleri elma türleri **a)** Lutz Golden **b)** Staking Delicious.

Kullanılan kurutucular ve özellikleri sırasıyla verilmiştir; 2450 MHz frekanstaki ALTUS marka ALMD 17 B model ev tipi mikrodalga ile 350 watt gücünde çalışmıştır, b) LABCONCO marka FreeZone 2,5 model liyofilizatör -55°C’de kullanılmış, elma dilimleri dondurulduktan sonra burada kurutulmuştur ve c) Binder VD53 marka Vacuubrand MZ2CNT model vakum kurutucuda 70°C sıcaklıkta ve 100mmHg (13,3kPa) basınçta kurutma yapılmıştır.

Kurutma işlemine başlamadan yapılan ön işlemler aşağıda açıklanmıştır;

1- Elmaların manuel olarak çekirdekevi çıkarılmıştır. Kabuksuz çalışmalar için elmaların kabuğu gene manuel olarak soyulmuştur.

2- Her iki elma türüne ait numuneler, kabuklu/kabuksuz 6mm et kalınlığında eksene dik yarım ay şeklinde dilimlenmiştir.

3- Kontrol numuneleri hariç bütün elma numuneleri 1 dakika boyunca %3’lük K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisinde gevrek bir yapı ve mikrobiyal gelişimi engellemek amacıyla bekletilmiştir.

4- Bunu takiben asetik asit ve sitrik asit çözelti karışımında 5 dakika bekletme yapılmıştır.

Daldırma çözeltisinin, elmanın kararmasını önlemek ve fenolik maddelerinin korunumuna etkisini belirlemek amacıyla yapılan ikinci daldırma işleminde asetik asit ve sitrik asit çözelti karışımının, AS1 ve AS2 kodu ile anılacak iki farklı konsantrasyonu denenmiştir.

AS1 daldırma çözeltisinde sitrik asit çözeltisi (%0,1'lik, a/h, suda) asetik asit çözeltisinin (%0,3'lik, a/h, suda) 3 katı kullanılırken, AS2'de 6 katı kullanılmıştır. Daldırma çözeltileri hazırlanırken kullanılan katkı maddeleri gıdaya uygun niteliktedir.

5- Her elma türü için kontrol örnekleri; herhangi bir daldırma çözeltisi kullanılmadan seçilen üç farklı kurutucuda (Mikrodalga, Liyofilizatör ve Vakumlu) kurutularak elde edilmiştir.

## 7.2. Yöntem

Açıklamalarda kolaylık sağlamak amacıyla *Lutz golden* elmalar “LG”; *Starking delicious* elmalar “SD”; Kabuklu olan numuneler “Kb” ve kabuksuzlar “Kbsz” kodlamaları ile gösterilecektir.

### 7.2.1. Nem miktarı tayini

Önceden sabit tartıma getirilerek darası alınan saat camına küp küp LG<sub>Kb</sub>, LG<sub>Kbsz</sub>, SD<sub>Kb</sub>, SD<sub>Kbsz</sub> 3'er paralel 5'er gr hassas olarak tartılmıştır. 70°C sıcaklıkta 100mmHg (13,3kPa) basınçta vakumlu kurutucuda sabit tartıma gelen elmalar daha sonra desikatöre alınmıştır. Oda sıcaklığına kadar desikatörde bekletilmiş numuneler tartılmış ve nem miktarı eşitlik E.7.1'den ağırlık kaybından “%” olarak hesaplanmıştır (AOAC, 2002).

$$\%Nem = \frac{Nem\ Miktarı(g)}{Başlangıçta\ Alınan\ Numune\ Miktarı(g)} \times 100 \quad (E.7.1)$$

### 7.2.2. Kül miktarı tayini

Bu işlem için MF 120, Nüve marka kül fırını kullanılmıştır. Daha önceden sabit tartıma getirilen krozelerin içerisine 3'er paralel olarak LG<sub>Kb</sub>, LG<sub>Kbsz</sub>, SD<sub>Kb</sub>, SD<sub>Kbsz</sub> numunelerinden 5'er gr tartılmıştır.

550°C sıcaklıkta kül fırınında, kademeli olarak yakılmıştır. Fırından çıkarılan numuneler desikatörde oda sıcaklığına getirildikten sonra % kül miktarı E.7.2’de verilen eşitliğe göre ağırlık kaybından hesaplanmıştır (AOAC, 2002).

$$\%Kül = \frac{Kül\ Miktarı\ (g)}{Başlangıçta\ Alınan\ Numune\ Miktarı\ (g)} \times 100 \quad (E.7.2)$$

### 7.2.3. pH tayini

pH metre, pH değeri 4–7 olan tampon çözelti ile kalibre edilmiştir. Parçalanmış elmalardan süzülerek elde edilen elma suyunun pH değeri 20 °C’de Thermo Scientific Orion 3 Star marka pH metre kullanılarak tayin edilmiştir (AOAC, 2002).

### 7.2.4. Protein analizi

Her iki elma türünden kabuklu ve kabuksuz olmak üzere üçer paralel alınarak Kjeldahl metodu ile analiz yapılmıştır.  $LG_{Kb}$ ,  $LG_{Kbsz}$ ,  $SD_{Kb}$ ,  $SD_{Kbsz}$  numuneleri yaklaşık 4 gr olacak şekilde tartılmıştır. Yakma işlemi için 7049–0,5 model, Cole-Parmer Instrument Company yakma cihazı ve distilasyon için Rapidstill II, Labconco kullanılmıştır. Distilasyon sonunda kalan ürün 0,1 N HCl ile titre edilmiştir (AOAC, 2002).

Numunedeki protein miktarı, kullanılan HCl miktarına paralel azot miktarından yola çıkılarak aşağıdaki formüllere (E.7.3) göre bulunmuştur.

$$\%N = NHCl \times \frac{Düzeltilmiş\ Asit\ Hacmi}{Örnek\ Kütlesi} \times \frac{14\ g\ N}{mol} \times 100 \quad (E.7.3)$$

$$\%Protein = \%N \times \text{protein faktörü} \quad (E.7.4)$$

### 7.2.5. Çözülmüş kuru madde (°Briks) ve kırılma indisi (Refraktif indeks) tayini

Elma numunelerinin suyunda refraktif indeks ve çözünür kuru madde miktarı 20°C’ de ATAGO IT markalı Abbe refraktometresi ile belirlenmiştir (AOAC, 2002).

### 7.2.6. Çözücü ekstraksiyonu ile yağ miktarı tayini

LG<sub>Kb</sub>, LG<sub>Kbsz</sub>, SD<sub>Kb</sub>, SD<sub>Kbsz</sub> kodlu elma numuneleri küp şeklinde küçük parçalara ayrılmış yaklaşık olarak 5'er gr alınmış ve petrol eteri (PANREAC 40-60°C) çözücüsü ile 6 saat sokshlet ekstraksiyonu yapılmıştır. Deneyler 3'er paralel yapılmış olup, yağ miktarı bu 3 paralelin ortalaması alınarak hesaplanmıştır (AOAC, 2002).

Ekstraksiyon süresi sonunda kalan çözücü döner buharlaştırıcıda (Heidolph, Laborata 4003 Control) ayrılmıştır.

Numune içindeki % yağ ve % ekstraksiyon verimi aşağıdaki formüllere (E.7.5. ve E.7.6.) göre hesaplanmıştır.

$$\%Yağ = \frac{\text{Ekstraksiyon Sonunda Bulunan Yağ Miktarı}}{\text{Ekstraksiyona Girilen Numune Miktarı}} \times 100 \quad (E.7.5)$$

$$\%Verim = \frac{\text{Ekstraksiyon sonunda elde edilen katı madde miktarı}}{\text{Ekstraksiyona giren numune miktarı}} \times 100 \quad (E.7.6)$$

### 7.2.7. Elma dilimleri kuruma hızı tayini

Kurutulan ürünlerdeki nem içeriğinin birim zamandaki değişimine "kuruma hızı" denilmektedir.

LG<sub>Kb</sub>, LG<sub>Kbsz</sub>, SD<sub>Kb</sub>, SD<sub>Kbsz</sub> kodlu elma dilimi numuneleri yaklaşık olarak 5'er gram alınmış, ve kurutma işlemi başlangıç ve bitiş süreleri kayıt edilmiştir. Kurutucularda kurutma işlemi sırasında ağırlık ölçümü yapma imkanı bulunmamaktadır. Bu yüzden, kurutmadan sonra elde edilen elma cipsleri desikatöre alınmış oda sıcaklığında 15 dakikada bekletilerek soğutulmuştur. Ancak bu işlem sonunda ürün ağırlıkları ve nem içerikleri Sartorius marka MA150 model nem tayin cihazı ile ölçülmüştür. Kuruma hızı eşitlik E.7.7 kullanılarak hesaplanmıştır. Her deneme üç kez tekrarlanmış ve bulunan değerlerin ortalaması alınmıştır.

$$M_{YB} = (\text{Üründeki Su Miktarı}) / (\text{Toplam Kütle})$$

$$M_{KB} = M_{YB} / (1 - M_{YB})$$

$$KH = \frac{M_{KB}(t) - M_{KB}(t + \Delta t)}{\Delta t} \quad (E.7.7)$$

denklemleri ile hesaplanmıştır. Burada,

KH= Kuruma hızı, (kg H<sub>2</sub>O/dk.kg KM)

M<sub>KB,(t)</sub> t anındaki, M<sub>KB,(t+Δt)</sub> ise t+Δt anındaki kuru baza göre elma numunelerinin nem içeriğini ifade etmektedir.

### **7.2.8. Antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde tayini için ekstraksiyon yöntemi**

#### **7.2.8.1. Ham fenolik ekstresinin hazırlanması**

Antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde tayini için her bir elma numunesinden 9'ar gram 50 ml %70'lik sulu metanol ile 40°C'de 30 dk çalkalamalı su banyosunda ekstre edilmiş ve süzölmüştür. Bu işlem üç kademedede gerçekleştirilmiş, süzöntüler birleştirilmiştir. Metanollü kısımlar döner buharlaştırıcıda yoğunlaştırıldıktan sonra geride kalan sulu ekstraleler amber şişeler içerisinde derin dondurucuda dondurulmuş liyofilizatörde kurutulduktan sonra buzdolabında muhafaza edilmişlerdir (Galvez vd., 2009).

Aktivite tayinleri ve diğer deneylerde bu ekstraleler kullanılmıştır.

#### **7.2.8.2. Ekstraksiyon veriminin hesaplanması**

Ekstraksiyon sonrası kalan katı numunelerin kurutulularak tartımları alınmıştır. Tartımlar sonucunda verim hesaplaması (E.7.8.) yapılmıştır.

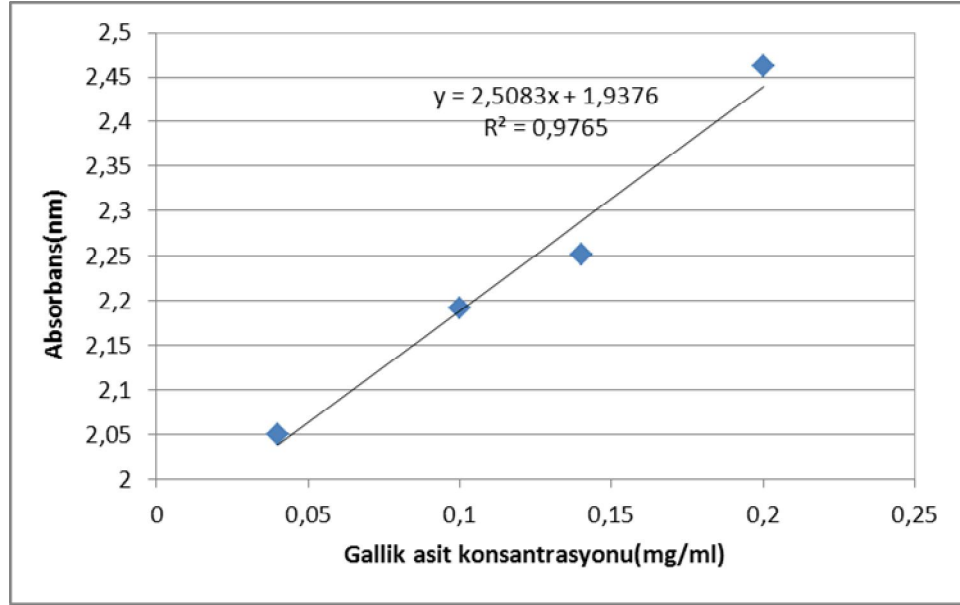
$$\% \text{ Verim} = (W_1 \times 100) / W_2 \quad (\text{E.7.8})$$

Formülde W<sub>1</sub> çözücü uzaklaştırılarak kurutulmuş ekstratin ağırlığını, W<sub>2</sub> ise numunenin kuru ağırlığını göstermektedir.

#### **7.2.8.3. Toplam fenol miktar tayini**

Ekstreler içindeki toplam fenol miktarı tayini Folin-Ciocaltaeu yönteminin Galvez vd.'nin 2012'de yapmış olduğu çalışmanın modifikasyonu ile yapılmıştır. Standart olarak kullanılan gallik asit ve çalışılan bütün örnekler, %70'lik sulu metanol içinde hazırlanmıştır. 2,5 mg örneğe 2,5 ml Folin Ciocaltaeu reaktifi (%10'luk, h/h, suda) ve 10 ml sodyum karbonat çözeltisi (%20'lik, a/h, suda) ilave edilmiş, oda sıcaklığında

karanlıkta 15 dakika bekletilmiştir. UVvis Spektrofotometrede (Jenway Marka 7315 Model) 725 nm’de absorbans değerleri okunmuştur. Gallik asit kalibrasyon eğrisi üzerinden (Şekil 7.2.) toplam fenol (mgGAE/g ekstre) miktarları hesaplanmıştır.



Şekil 7.2. Gallik asit konsantrasyonu-absorbans kalibrasyon eğrisi.

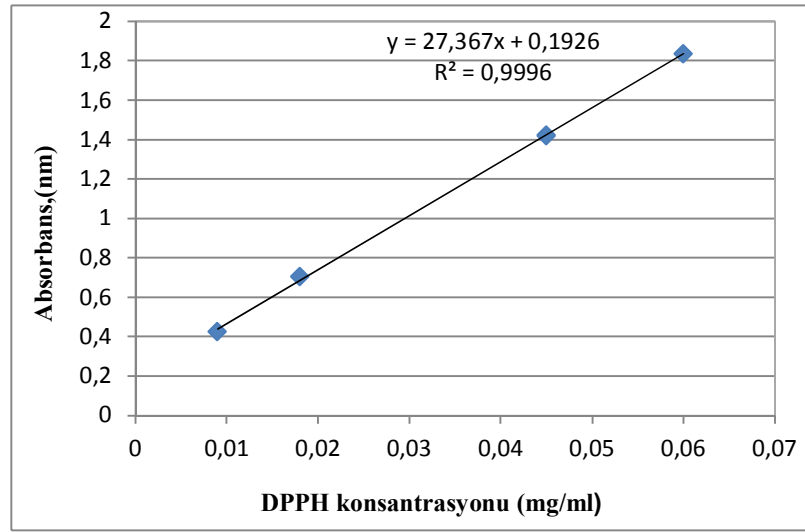
#### 7.2.8.4. DPPH üzerinden serbest radikal süpürücü etki tayini

Ekstrelerin serbest radikal süpürücü etkileri 20 dakika içerisinde DPPH’ın (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) %50’sini süpürdüğü konsantrasyon olarak ( $EC_{50}$ ) hesaplanmıştır (Galvez, 2012). % 70’lik sulu metanol içerisinde hazırlanmış 5 mg örnek çözeltilisinden 5 ml numune alınarak 10 ml DPPH (0,15 mM) çözeltisi ilave edilerek vortekste karıştırılmış ve oda sıcaklığında karanlıkta 20 dakika bekletilen çözeltilerin 517 nm’de absorbans değerleri okunmuştur. DPPH standardı kullanılarak hazırlanan kalibrasyon eğrisinden (Şekil 7.3.) elde edilen aşağıdaki kalibrasyon denklemi ile reaksiyon ortamındaki DPPH konsantrasyonu (mg/ml) hesaplanmıştır.

20 dakika sonucunda ortamda kalan DPPH miktarı (E.7.7) ise aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ DPPH}_{\text{kalan}} = (\text{DPPH})_{t=20} / (\text{DPPH})_{t=0} \times 100 \quad (\text{E.7.9})$$

Sonuçlar DPPH’ın %50’sinin süpürüldüğü (inhibe edildiği) konsantrasyon ( $EC_{50}$   $\mu\text{g/ml}$ ) cinsinden verilmiştir.



Şekil 7.3.DPPH konsantrasyon- absorbans kalibrasyon eğrisi.

## 8. DENEYSEL BULGULAR ve TARTIŞMA

### 8.1. Genel Analizler

Çalışmada hammadde olarak kullandığımız LG ve SD türü elmaların referanslara uygunluğunu değerlendirmek üzere nem, kül, yağ, protein, pH ve briks tayinleri yapılmıştır.

**Çizelge 8.1.**LG<sub>Kb</sub> ve LG<sub>Kb.sz</sub> hammaddelerinin bileşim oranları.

Genel Analizler	LG <sub>Kb</sub>	LG <sub>Kb.sz</sub>
% Yağ	0,32±0,04	0,31±0,03
% Protein	0,564±0,066	0,615±0,073
% Nem	82,12±6,58	80,88±0,31
% Kül	1,26±0.01	2,05±0,03
Refraktif İndex	1,4844±0.0002	1,4851±0,0001
Brix°	13,33±0,47	15,33±0,94
pH	4,07	4,12

**Çizelge 8.2.**SD<sub>Kb</sub> ve SD<sub>Kb.sz</sub> hammaddelerinin bileşim oranları.

Genel Analizler	SD <sub>Kb</sub>	SD <sub>Kb.sz</sub>
%Yağ	0,26±0,01	0,21±0,06
% Protein	0,593±0,140	0,601±0,142
% Nem	85,65±0,21	85,82±0,3
% Kül	1,22±0,08	1,41±0,03
Refraktif İndex	1,4841±0,0004	1,4843±0,0002
Brix°	10,33±0,47	12,67±0,47
pH	4,05	4,26

Bir gıda maddesinin su miktarının saptanması ticari açıdan gerekli olduğu gibi gıdanın depolanma stabilitesini değerlendirme açısından da önemlidir. Gıdaların kimyasal ve mikrobiyolojik stabilitesi, onun su aktivitesi ile yakından ilgilidir. Su aktivitesi ise dolaylı olarak su içeriği ile bağımlıdır. Bir maddenin suyunun buharlaştırılması ile kalan madde miktarı toplam kuru madde miktarını, buharlaşan kısmın miktarı ise nem miktarını vermektedir (Cemeroğlu, 2004).

Yapılan analizler sonucunda numunelerin % nem miktarları;  $82.12 \pm 6.58$  ile  $85.82 \pm 0.3$  aralığındadır standartlara göre elmada olması gereken % nem miktarı %75 - 90 arasında olmalıdır (Cemeroğlu, 2007).

Gıdaların yakılması sonucu geride kalan kül miktarı ve bileşimi gıdadan gıdaya değişmektedir. Gıdalarda kül tayini kaliteyi belirlemek amacıyla yapılmaktadır (Cemeroğlu, 2007). Gıdada belirlenen kül miktarı içermiş olduğu madensel maddelere, mineral maddelere ya da yakma sonucunda arta kalan inorganik maddelere bağlıdır. Bu nedenle de gıdanın beslenme değeri kadar elementel analizler için de önemlidir. Standartlara bakıldığında % kül değerleri; %0,3 - %3,5 arasında değişmektedir (Nielsen,2003). Yaptığımız çalışmada elde ettiğimiz sonuçlara göre ise bu değerler  $1,22 \pm 0,08$ - $2,05 \pm 0,03$  arasında değişmektedir. Bunun nedeni ise elmada ki kabuktan kaynaklanmaktadır. Kabuklu numunelerde kül oranı daha fazladır.

Gıdaların besin değerinin ve kalitesinin saptanmasında protein miktarının belirlenmesi gerekir. Rutin analizlerde proteinler ve aminoasitler ayrı ayrı değil, toplam ham protein olarak tayin edilmekte ve gıdalarda bulunan proteinlerin içerdikleri azot miktarına göre saptanan belirli bir faktörle (6,25) çarpılarak ham protein miktarları belirlenmektedir (Gönül, 1996). Referanslara bakıldığında % protein değeri ortalama %0,2 civarındadır (Neilsen, 2003). LGKb, LGKb.sz, SDKb ve SDKb.sz elmalarında ki protein miktarları  $0,564 \pm 0,066$ - $0,615 \pm 0,073$  arasında değişmektedir.

Briks derecesi ve pH asitlik değerleri tüketilmeye ve işlenmeye uygun olgunluk seviyesinin göstergesidir. Aşırı olgun meyvenin işlenebilirlik kalitesi yetersiz olacaktır. Yüksek pH da aşırı olgunlaşmanın ve bozulmanın göstergesidir (Cemeroğlu, 2007). Standartlara bakıldığında elmanın briks derecesi; 9,12 ila 13,5 arasında değişmektedir (Nielsen, 2003). pH değerleri ise; 3,39 ila 4,03 değerleri arasında değişmektedir (Tüfekçi ve Fenercioğlu, 2010). Yapmış olduğumuz deneyde elde ettiğimiz sonuçlar referanslara uygunluk göstermemtedir

## 8.2. Elma Dilimleri Kuruma Hızı Bulguları

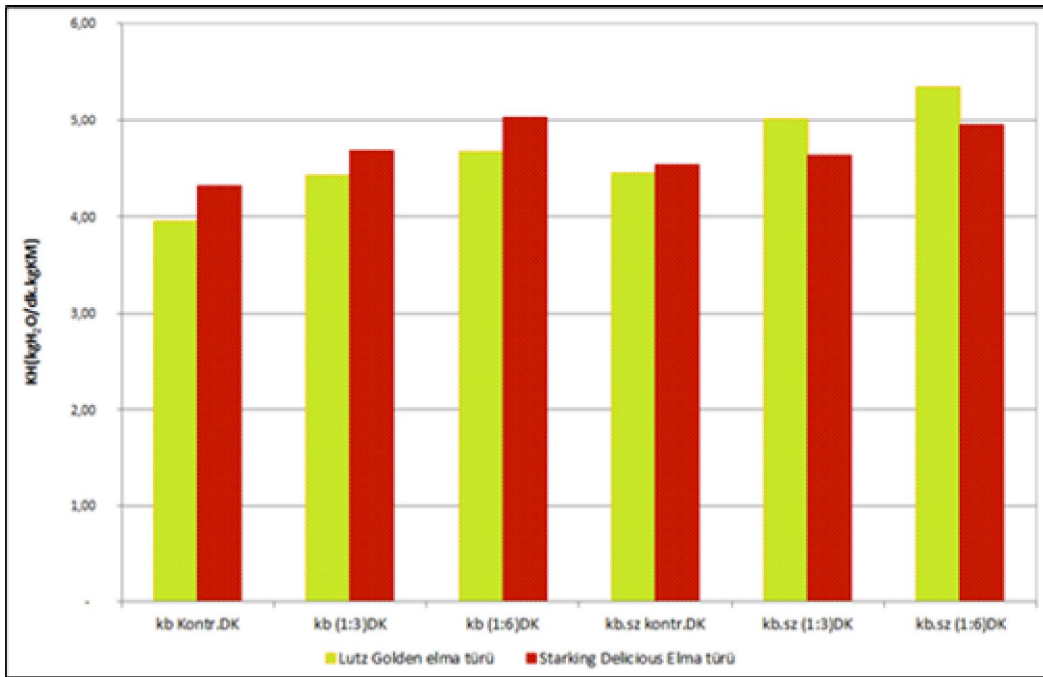
Elma cipsi üretiminde, elma dilimlerinin ön işlemsiz ve AS1 ve AS2 çözeltilerine daldırarak Dondurarak kurutucu, mikrodalga kurutucu ve vakum kurutucu da kuruma hızlarına bakılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen değerler çizelge 8.3.' te verilmiştir.

**Çizelge 8.3.**Farklı kurutucularda, ön işlemsiz ve farklı ön işlem uygulamalı elma dilimlerinin kuruma hızları.

Numune Özellikleri	DK KH*	MDK KH*	VK KH*
LG <sub>kb</sub> ön işlemsiz	3,95	241,83	16,61
LG <sub>kb</sub> (1:3)	4,43	276,49	17,30
LG <sub>kb</sub> (1:6)	4,68	313,56	18,94
LG <sub>kb.sz</sub> ön işlemsiz	4,45	305,81	18,71
LG <sub>kb.sz</sub> (1:3)	5,02	370,57	19,48
LG <sub>kb.sz</sub> (1:6)	5,35	407,23	20,94
SD <sub>kb</sub> ön işlemsiz	4,33	228,68	16,73
SD <sub>kb</sub> (1:3)	4,68	278,66	17,58
SD <sub>kb</sub> (1:6)	5,04	306,10	19,18
SD <sub>kb.sz</sub> ön işlemsiz	4,54	347,94	17,91
SD <sub>kb.sz</sub> (1:3)	4,64	395,83	19,58
SD <sub>kb.sz</sub> (1:6)	4,95	479,43	21,17

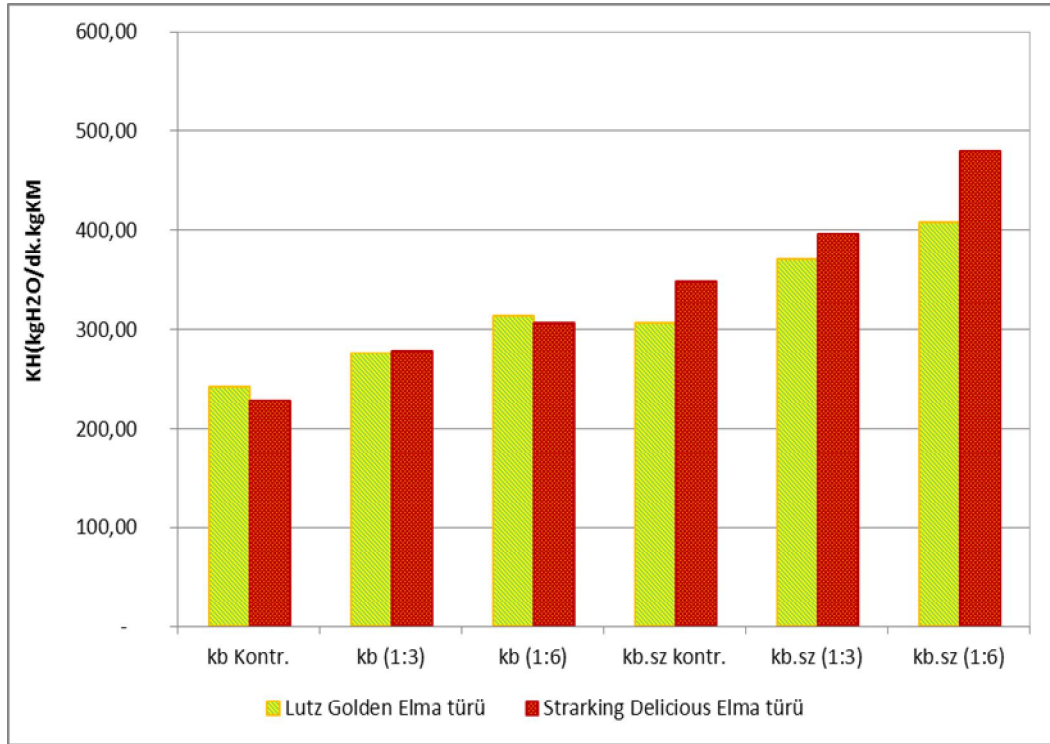
\*KH' nın birimi; (kgH<sub>2</sub>O/dk.kgKM)

MDK kurutucu DK ve VK' ya göre oldukça yüksek hızda kuruma sağlamıştır. Ayrıca kurutucularda elma türü, elmanın kabuklu ya da kabuksuz olması, uygulanan daldırma çözeltisi ve konsantrasyonu farklı kuruma hızlarında elma dilimi elde edilmesini sağlamıştır. Şekil 8.1., 8.2. ve 8.3.'de sunulan grafikler kullanılan kurutucuların elma tür ve yapılan ön işlemlere göre kurutma hızını değişimini göstermektedir.



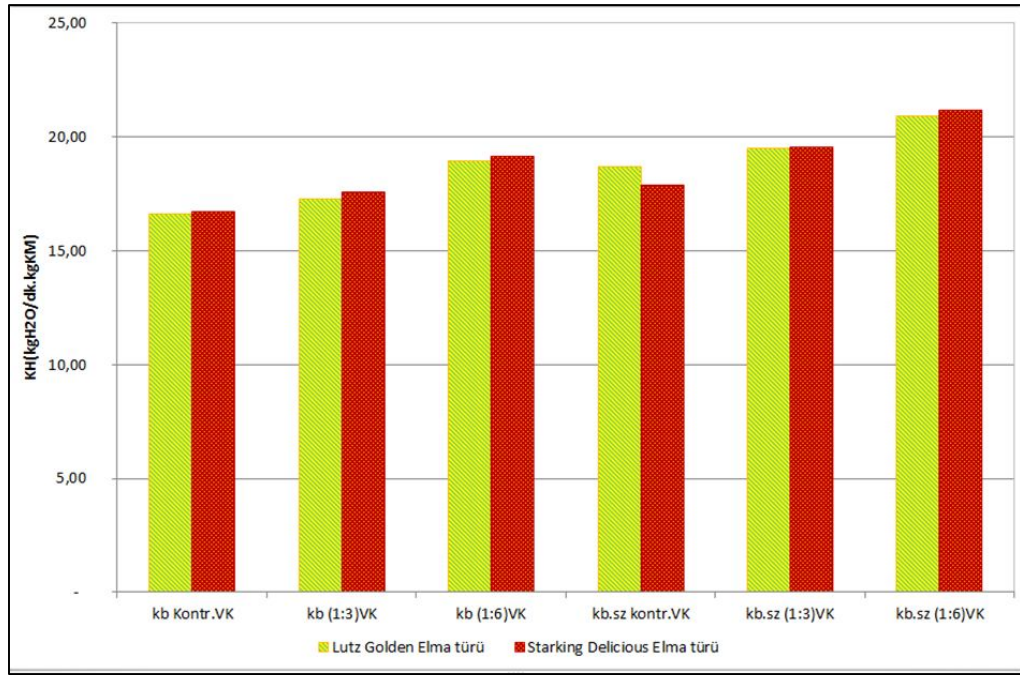
Şekil 8.1.Elma türü ve ön işlemlerin DK' da elma dilimlerinin kuruma hızına etkisi.

LG elmada kabuksuz ve SD elmada kabuklu numunelerin her iki grubunda 1:6 daldırma çözeltisi uygulanmış örnekleri DK' da en yüksek hızda kuruma sağlamıştır. Daldırma çözeltisi uygulanmış olan numuneler bütün grupların en yavaş kurutulmuş numunelerini oluşturmuştur.



**Şekil 8.2.**Elma türü ve ön işlemlerin MDK' da elma dilimlerinin kuruma hızına etkisi.

MDK uygulamasında LG ve SD kabuksuz numuneleri ve artan daldırma çözeltisi konsantrasyonu elma dilimlerinde daha hızlı kuruma gerçekleştirmiştir. En yüksek hızda kuruma kabuksuz 1:6 konsantrasyon daldırma çözeltisi uygulanmış Starking delicious elma diliminde en yavaş kurumada aynı elma türünün kabuklu ve daldırma çözeltisi uygulanmamış kontrol örneği elma dilimlerinde elde edilmiştir.

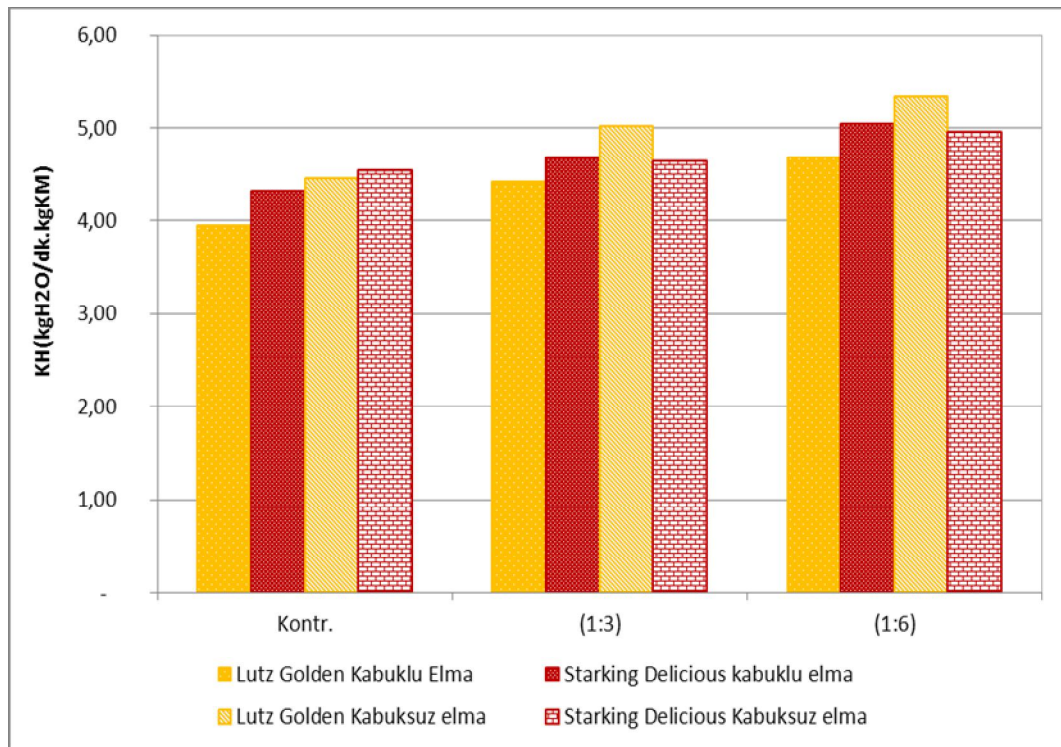


**Şekil 8.3.**Elma türü ve ön işlemlerin VK' da elma dilimlerinin kuruma hızına etkisi.

VK uygulama çalışmasında aynı ön işlem gruplarındaki elma türleri önemli bir kuruma hızı farkı göstermezken en iyi kuruma gene kabuksuz 1:6 konsantrasyon daldırma çözeltisi uygulanmış Starking delicious elma diliminde ve en yavaş kurumada MDK uygulamasına benzer şekilde aynı elma türünün kabuklu ve daldırma çözeltisi uygulanmamış kontrol örneği elma dilimlerinde elde edilmiştir.

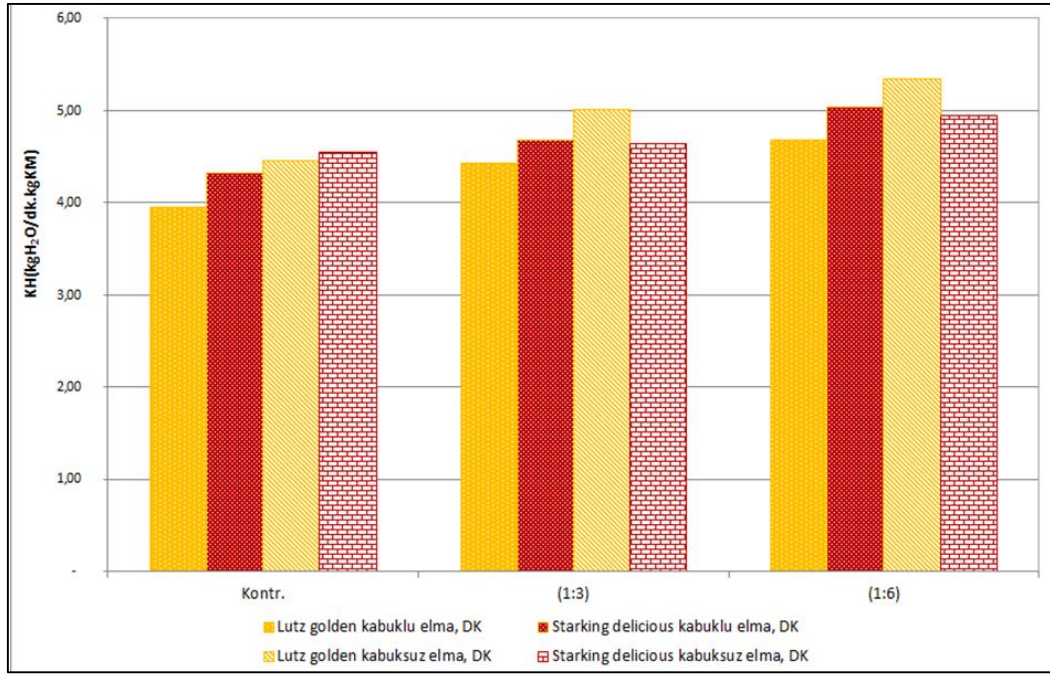
Daldırma çözeltisi kullanımının kurutma hızı üzerine etkisi her kurutucu tipinde elma türüne ve elma diliminin kabuklu olup olamamasına göre farklılık göstermiştir.

Yapılan çalışmalarda kullanılan daldırma çözeltilerinin kuruma hızlarına etkisi Şekil 8.4., 8.5. ve 8.6.' da sunulan grafiklerle gösterilmiştir.



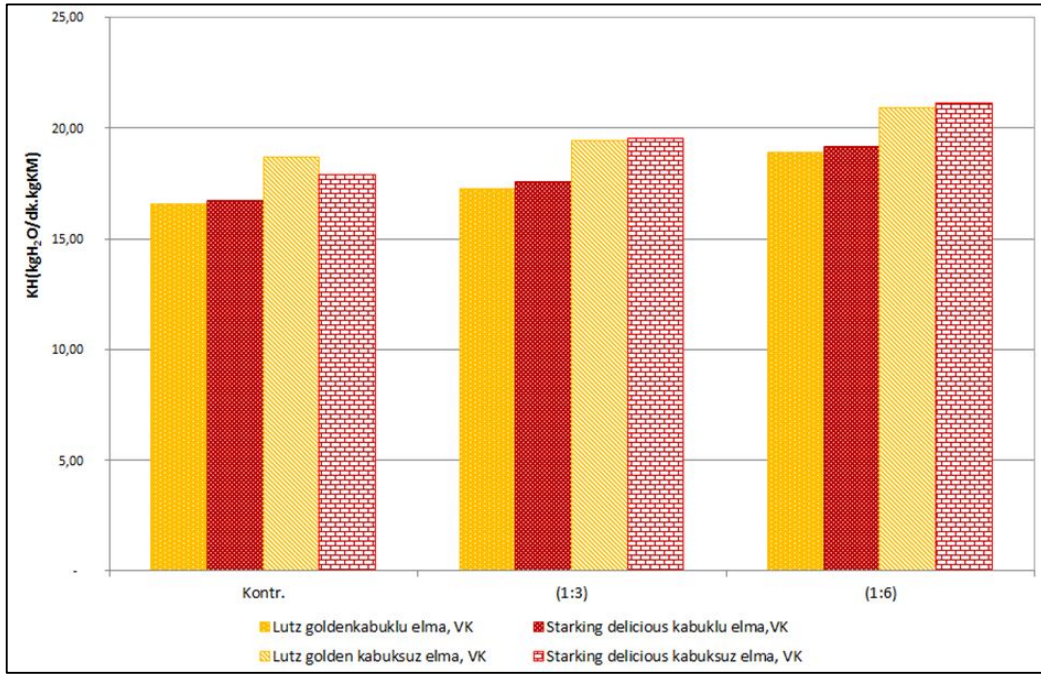
Şekil 8.4. Daldırma çözeltisinin MDK' da kuruma hızına etkisi.

MDK kurutucu uygulamasında her iki elma türü de daldırma çözeltisinin uygulanmadığı kontrol örneklerinde daha yavaş kuruma gerçekleştirmiştir. Daldırma çözeltisi kullanımı özellikle kabuksuz elma dilimlerinin kuruma hızında önemli düzeyde katkı sağlamıştır. En iyi kurumanın kabuksuz SD elma dilimlerinde yüksek konsantrasyon daldırma çözeltisinde elde edildiği gözlenmiştir.



Şekil 8.5. Daldırma çözeltisinin DK' da kuruma hızına etkisi.

Dondurarak kurutmanın gerçekleştirildiği liyofilizatörde artan konsantrasyonda daldırma çözeltisi kuruma hızını hem kabuklu hem de kabuksuz her iki tür elma dilimi örneklerinde artırmıştır. En iyi KH 1:6 daldırma çözeltisi uygulanmış kabuksuz LG elma dilimlerinde belirlenmiştir.



**Şekil 8.6.**Daldırma çözeltisinin VK' da kuruma hızına etkisi.

Vakumlu kurutucu kullanımında elma dilimlerinin kuruması diğer kurutucularla benzer profildedir. Ancak VK' da kabuklu kabuksuz uygulamalar daldırma çözeltisinden daha fazla etkilenirken elma türünün çok fazla etkilemediği görülmektedir.

### 8.3. TP Değerlerinin Belirlenmesi

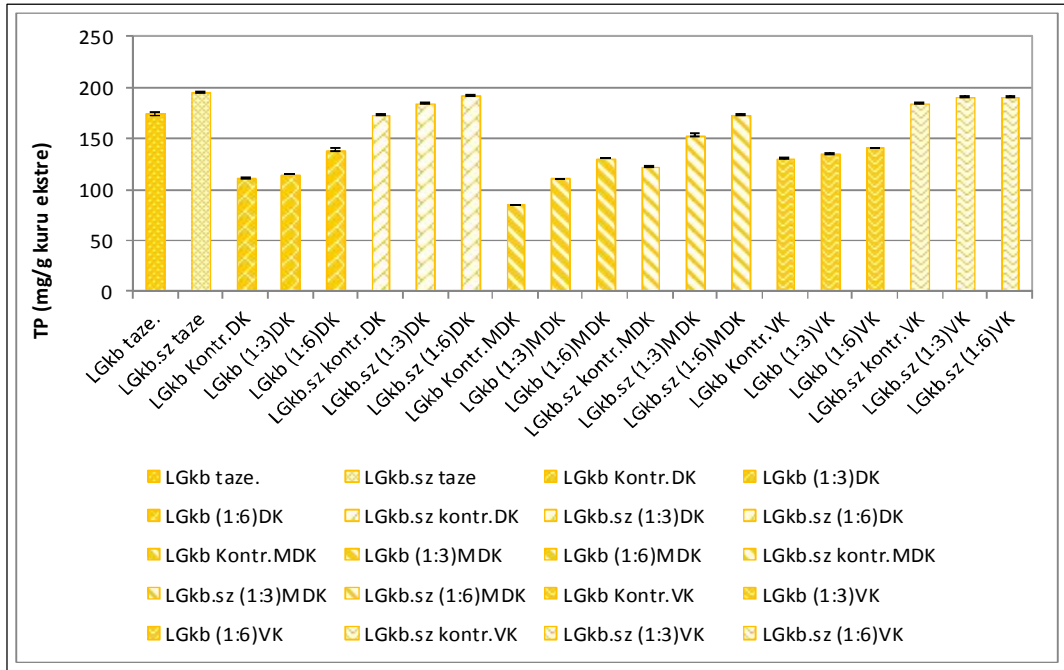
Kurutulmuş elma dilimlerinin toplam fenol miktarının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalarda farklı kurutucuların, elma türünün, ön işlemlerin kurutulmuş elma dilimlerinde değişik oranlarda kayıplara yol açtığı, taze elmanın içerdiği toplam fenol miktarı ile karşılaştırılarak hesaplanmıştır. Elma dilimlerini ön işlemsiz ve AS1 ve AS2 çözeltilerine daldırarak DK, MDK ve VK' da TP değerlerine bakılmıştır. Değerler Çizelge 8.4.' te verilmiştir. Şekil 8.7. ve 8.8.'de de LG ve SD elmalarında toplu olarak her bir sürecin toplam fenol miktarına getirdiği kaybı göstermektedir.

**Çizelge 8.4.** Taze Elmaların TP Değerleri.

Numune Özellikleri	TP (mg/g kuru ekstre)
Taze LG <sub>kb</sub>	174,09±0,96
Taze LG <sub>kb.sz</sub>	195,78±0,19
Taze SD <sub>kb</sub>	189,13±0,86
Taze SD <sub>kb.sz</sub>	156,43±0,72

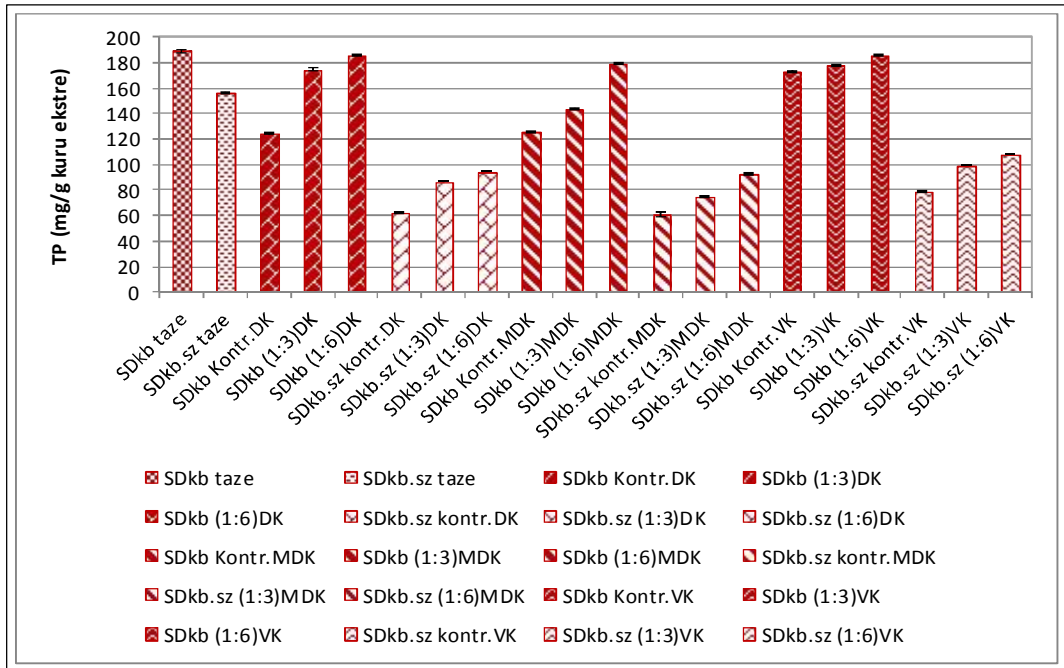
**Çizelge 8.5.** Kurutulmuş Elmaların TP Değerleri.

Numune Özellikleri	DK TP (mg/g ekstre)	MDK TP (mg/g ekstre)	VK TP (mg/g ekstre)
LG <sub>kb</sub> ön işlemsiz	111,29±0,74	85,05±0,52	130,49±0,83
LG <sub>kb</sub> (1:3)	115,16±0,63	110,60±0,47	135,05±0,35
LG <sub>kb</sub> (1:6)	139,05±0,96	130,93±0,00	140,71±0,18
LG <sub>kb.sz</sub> ön işlemsiz	173,91±0,81	122,09±0,92	184,61±0,38
LG <sub>kb.sz</sub> (1:3)	191,92±0,98	153,23±1,30	190,20±0,75
LG <sub>kb.sz</sub> (1:6)	184,35±0,52	173,45±0,99	191,16±0,37
SD <sub>kb</sub> ön işlemsiz	124,64±0,92	125,34±0,56	173,04±0,64
SD <sub>kb</sub> (1:3)	174,83±1,00	144,12±0,74	178,28±0,48
SD <sub>kb</sub> (1:6)	185,94±0,97	179,56±0,84	185,42±0,55
SD <sub>kb.sz</sub> ön işlemsiz	62,21±0,92	60,98±2,13	78,87±0,79
SD <sub>kb.sz</sub> (1:3)	86,81±0,38	75±0,53	99,57±0,36
SD <sub>kb.sz</sub> (1:6)	94,38±0,38	92,52±0,94	108,47±0,38



Şekil 8.7.Farklı kurutucuların LG elma dilimi toplam fenol miktarına etkisi.

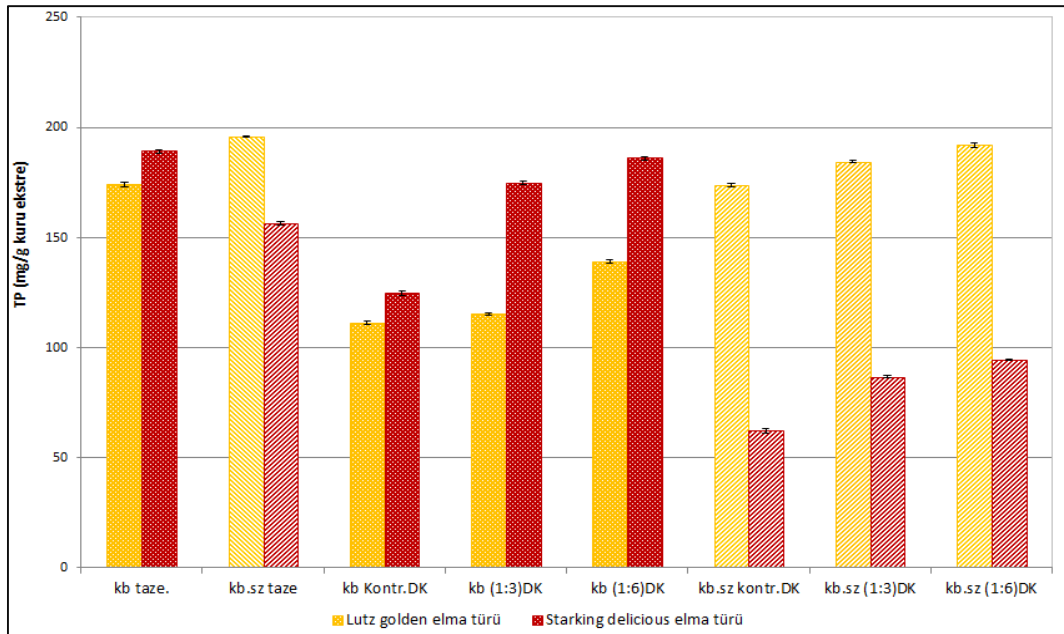
Her bir kurutucu için LG elma cipslerinde daldırma çözeltisi kullanımı ve bunun artan konsantrasyonları toplam fenol miktarındaki kaybı azaltmıştır. Özellikle kabuksuz elma cipsleri daha iyi sonuçlar vermiştir.



Şekil 8.8.Farklı kurutucuların SD elma dilimi toplam fenol miktarına etkisi.

LG elma cipslerindeki benzer durum SD elma cipslerinde de takip edilebilmektedir. Kurutucularda numunelere uygulanan daldırma çözeltisi ve bunun artan konsantrasyonları toplam fenol miktarındaki kaybı azaltmıştır. SD elma cipsleri LG elma cipslerinden farklı olarak kabuklu örneklerinde daha iyi sonuçlar vermiştir.

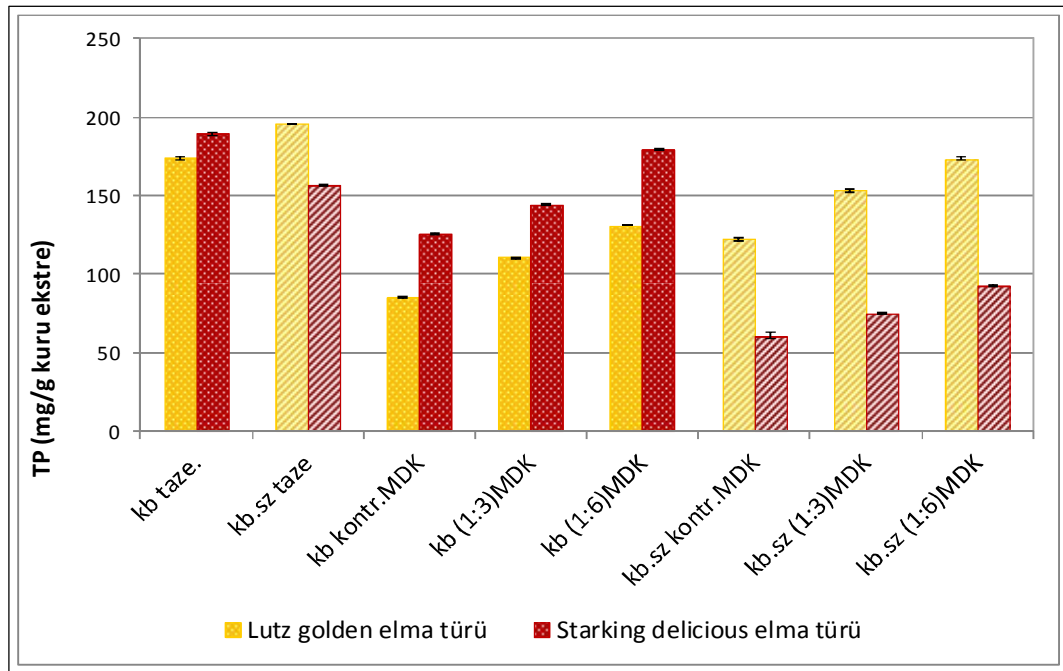
Dondurarak kurutucunun kullanılması farklı elma türlerinin toplam fenol miktarına farklı oranlarda etkide bulunmuştur (Şekil 8.9.).



**Şekil 8.9.** Elma türü ve ön işlemlerin DK' da elma cipslerinin toplam fenol miktarına etkisi.

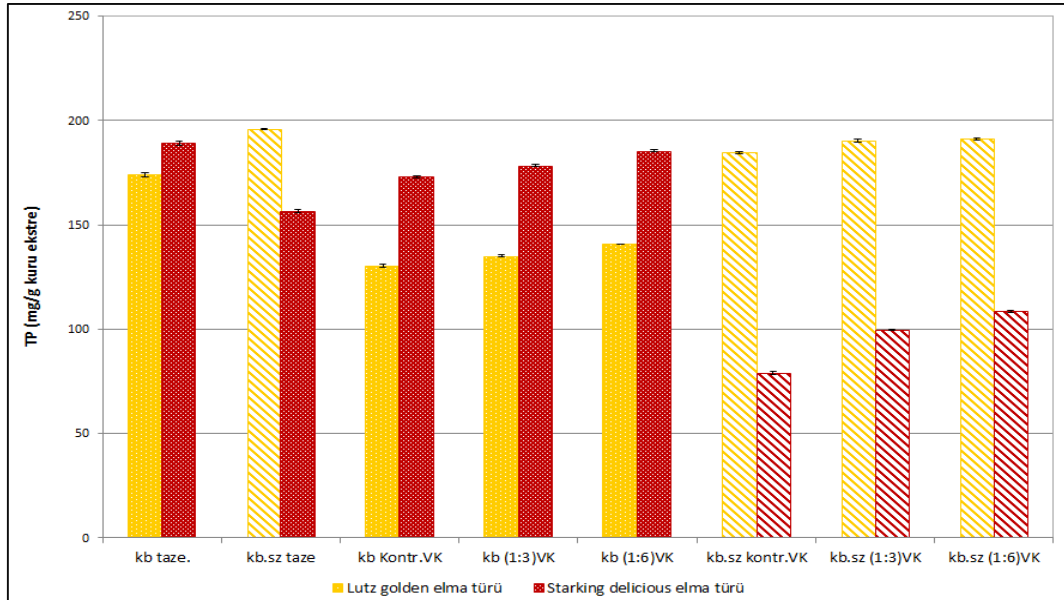
Liyofilizatörde yapılan kurutma sonucu elde edilen ürünlerde kabuk olması elma türüne göre farklı etki göstermiştir. LG elma cipsleri kabuksuz numunelerinde artan daldırma çözeltisi işlenmiş ürünlerin neredeyse tazesine yakın TP miktarını korumasını sağlamıştır. Bu durum SD elma cipslerinde kabuklu numuneler için benzer şekildedir. Ancak SD elma cipsleri kabuklu /kabuksuz her çözelti konsantrasyonunda LG' den daha fazla kayba uğramıştır.

MDK kurutma kuruma süresi kısa, kuruma hızlı ancak elde edilen ürünlerin toplam fenol miktarı kaybı en fazla olan yöntem olmuştur. Daldırma çözeltisi uygulanmamış kabuksuz SD ve kabuklu LG elma çipsleri en fazla TP kaybı gösteren numunelerdir(Şekil 8.10.).



**Şekil 8.10.** Elma türü ve ön işlemlerin MDK’ da elma çipslerinin toplam fenol miktarına etkisi.

Vakumlu kurutucuda kurutulan ürünlerin daldırma çözeltisinden çok fazla etkilenmeyerek tür ve kabuk varlığına göre toplam fenol miktarında kayıplar meydana geldiği şekil 8.11.'de verilen grafikten görülmektedir.



Şekil 8.11. Elma türü ve ön işlemlerin VK' da elma cipslerinin toplam fenol miktarına etkisi.

#### 8.4. EC<sub>50</sub> ve %'de İnhibisyon Değerinin Belirlenmesi

Farklı elma türlerinin kabuklu ve kabuksuz olarak farklı kurutucularda kurutulması ve kurutma öncesi farklı konsantrasyonlarda daldırma çözeltisi ile ön işlem uygulanması, elma cipslerinde % inhibisyon güçlerini ve DPPH konsantrasyonunu %50 azaltmak için gereken antioksidan miktarının göstergesi EC<sub>50</sub> değerini her bir uygulama sürecinde etkilemiştir. Elma dilimlerini ön işlemsiz ve AS1 ve AS2 çözeltilerine daldırarak DK, MDK ve VK' da % inhibisyon ve EC<sub>50</sub> değerlerine bakılmıştır. Değerler Çizelge 8.6.,8.7.,8.8. ve 8.9.'da verilmiştir. Şekil 8.12. ve 8.13.'de verilen grafiklerde uygulama sürecinin ne şekilde değiştiği takip edilmektedir.

Çizelge 8.6. Taze Elmaların %'de İnhibisyon Değerleri.

Numune Özellikleri	%İnhibisyon
Taze LG <sub>kb</sub>	67,71±0,21
Taze LG <sub>kb.sz</sub>	71,36±0,09
Taze SD <sub>kb</sub>	69,77±0,14
Taze SD <sub>kb.sz</sub>	66,61±0,12

**Çizelge 8.7.**Kurutulmuş Elmaların %' de İnhibisyon Değerleri.

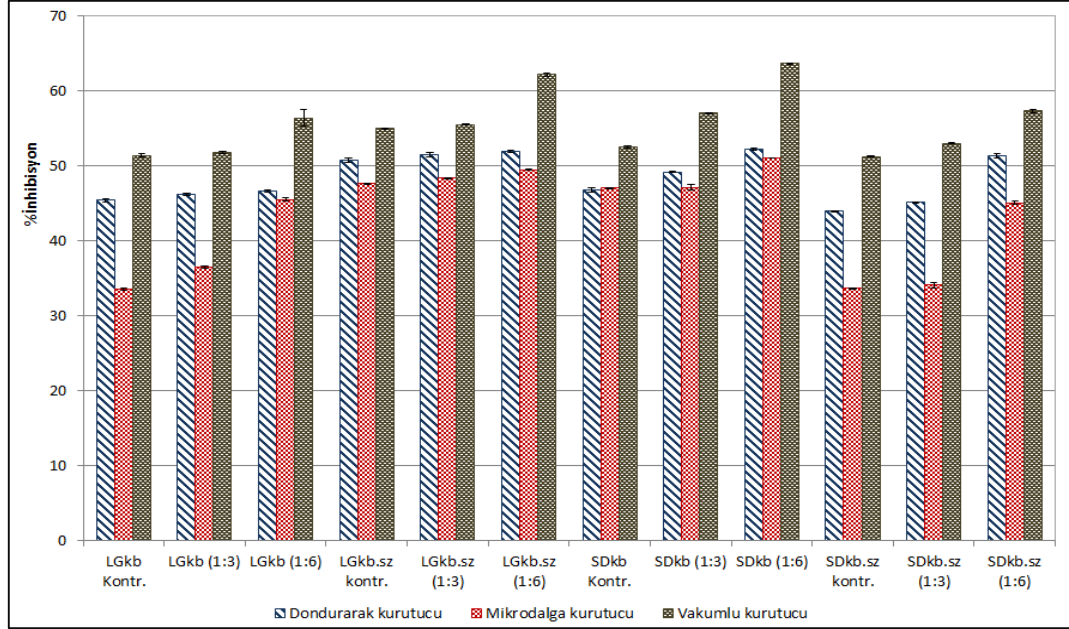
Numune Özellikleri	DK EC <sub>50</sub> (µg/ml)	MDK EC <sub>50</sub> (µg/ml)	VK EC <sub>50</sub> (µg/ml)
LG <sub>kb</sub> ön işlemsiz	350,61±1,86	450,31±1,53	287,29±1,15
LG <sub>kb</sub> (1:3)	325,59±0,64	414,78±1,66	284,79±0,85
LG <sub>kb</sub> (1:6)	316,36±0,84	321,11±1,48	261,96±5,04
LG <sub>kb.sz</sub> ön işlemsiz	307,88±1,45	325,52±0,46	268,53±0,44
LG <sub>kb.sz</sub> (1:3)	309,35±1,97	308,83±0,57	292,57±0,47
LG <sub>kb.sz</sub> (1:6)	301,06±1,03	307,83±0,42	237,52±0,93
SD <sub>kb</sub> ön işlemsiz	327,63±1,91	335,77±0,48	286,48±0,67
SD <sub>kb</sub> (1:3)	311,79±0,65	322,95±2,56	269,19±0,16
SD <sub>kb</sub> (1:6)	288,16±0,68	298±0,20	250,51±0,35
SD <sub>kb.sz</sub> ön işlemsiz	348,56±0,54	440,13±1,31	293,71±0,70
SD <sub>kb.sz</sub> (1:3)	333,45±0,51	426,16±4,79	284,04±0,63
SD <sub>kb.sz</sub> (1:6)	304,32±1,74	343,60±1,28	246,25±0,68

**Çizelge 8.8.**Taze Elmaların EC<sub>50</sub> değerleri.

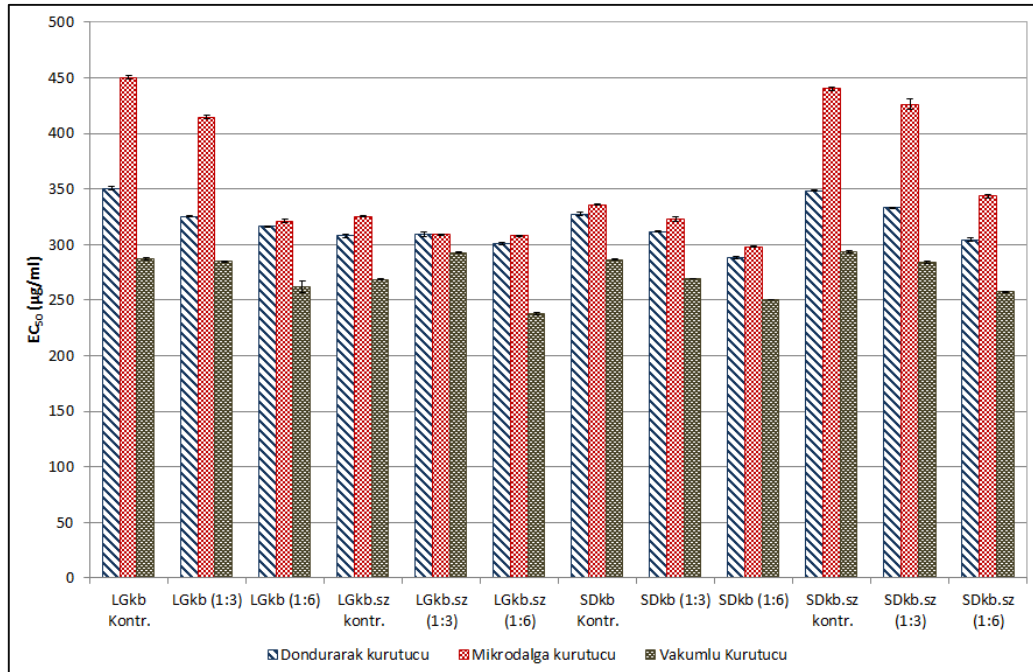
Numune Özellikleri	EC <sub>50</sub> (µg/ml)
Taze LG <sub>kb</sub>	222,57±0,68
Taze LG <sub>kb.sz</sub>	207,05±0,26
Taze SD <sub>kb</sub>	220,23±0,43
Taze SD <sub>kb.sz</sub>	235,11±0,42

**Çizelge 8.9.**Kurutulmuş Elmaların EC<sub>50</sub> Değerleri.

Numune Özellikleri	DK % İnhibisyon	MDK % İnhibisyon	VK % İnhibisyon
LG <sub>kb</sub> ön işlemsiz	45,46±0,24	33,59±0,12	51,43±0,21
LG <sub>kb</sub> (1:3)	46,24±0,09	36,54±0,15	51,88±0,16
LG <sub>kb</sub> (1:6)	46,65±0,12	45,58±0,21	56,42±1,08
LG <sub>kb.sz</sub> ön işlemsiz	50,81±0,24	47,70±0,07	55,03±0,09
LG <sub>kb.sz</sub> (1:3)	51,53±0,33	48,39±0,09	55,56±0,09
LG <sub>kb.sz</sub> (1:6)	51,96±0,18	49,52±0,07	62, 21±0,25
SD <sub>kb</sub> ön işlemsiz	46,85±0,27	47,10±0,07	52,61±0,12
SD <sub>kb</sub> (1:3)	49,23±0,10	47,16±0,38	57,09±0,03
SD <sub>kb</sub> (1:6)	52,24±0,12	51,14±0,34	63,70±0,09
SD <sub>kb.sz</sub> ön işlemsiz	44,04±0,07	33,71±0,10	51,32±0,12
SD <sub>kb.sz</sub> (1:3)	45,15±0,07	34,14±0,40	53,06±0,12
SD <sub>kb.sz</sub> (1:6)	51,41±0,30	45,14±0,17	63,60±0,18

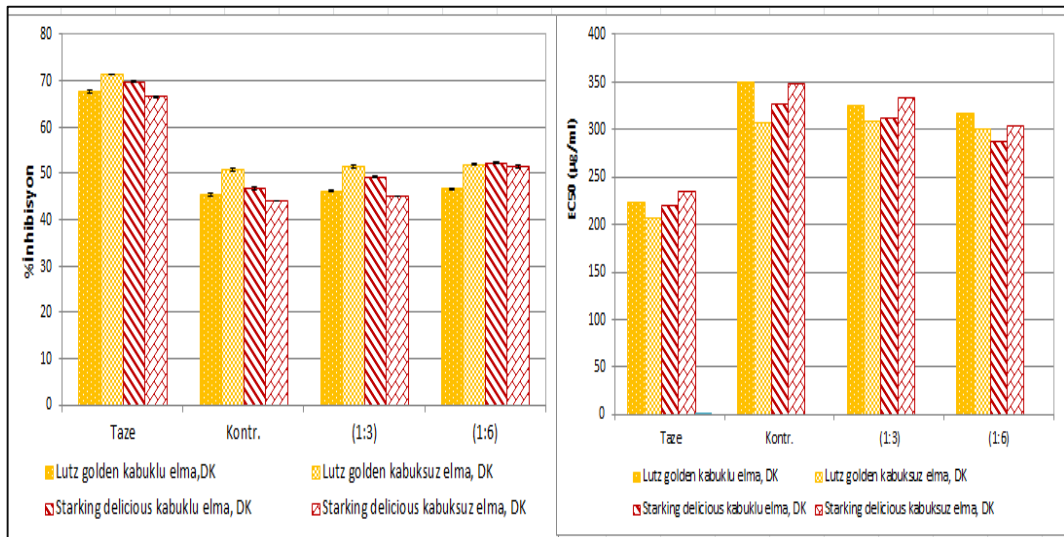


Şekil 8.12.Farklı kurutucuların elma cipslerinde % inhibisyon gücüne etkisi.



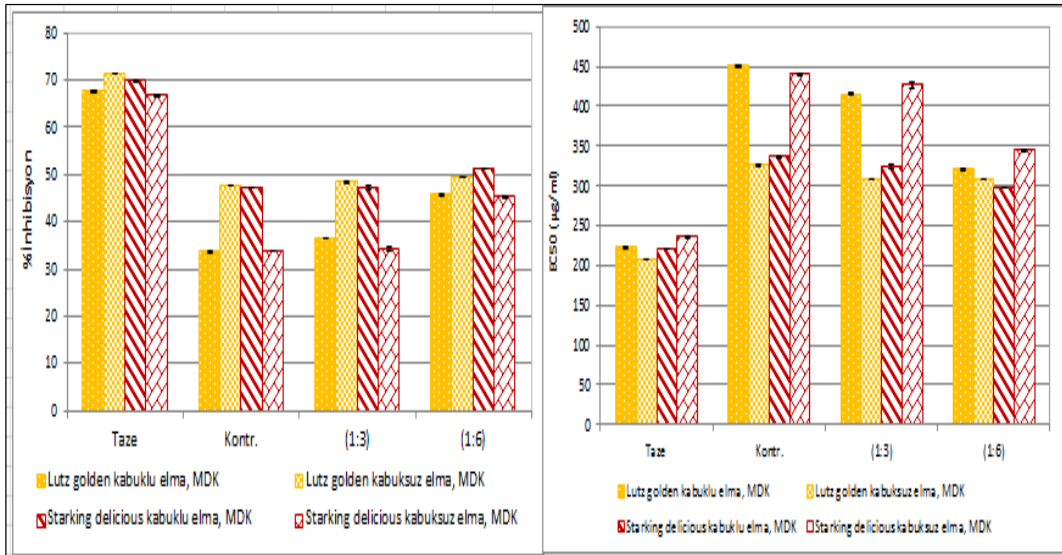
Şekil 8.13.Farklı kurutucuların elma cipslerinde EC<sub>50</sub> değerine etkisi.

Artan konsantrasyonda uygulanan daldırma çözeltileri liyofilizatör kurutucu kullanımıyla elde edilen elma cipslerinin % inhibisyon ve antioksidan kapasitelerinin bir göstergesi olan  $EC_{50}$  değerine etki göstermiştir (şekil 8.14). LG elma türünde kabuksuz, SD elma türünde ise kabuklu numuneler daldırma çözeltisi kullanımında fenolik madde kaybını daha az göstermiştir. Ancak uygulanan işlem taze numunelerle karşılaştırılırsa gerçekte kaybın ancak küçük bir kısmının korunabildiği görülmektedir.



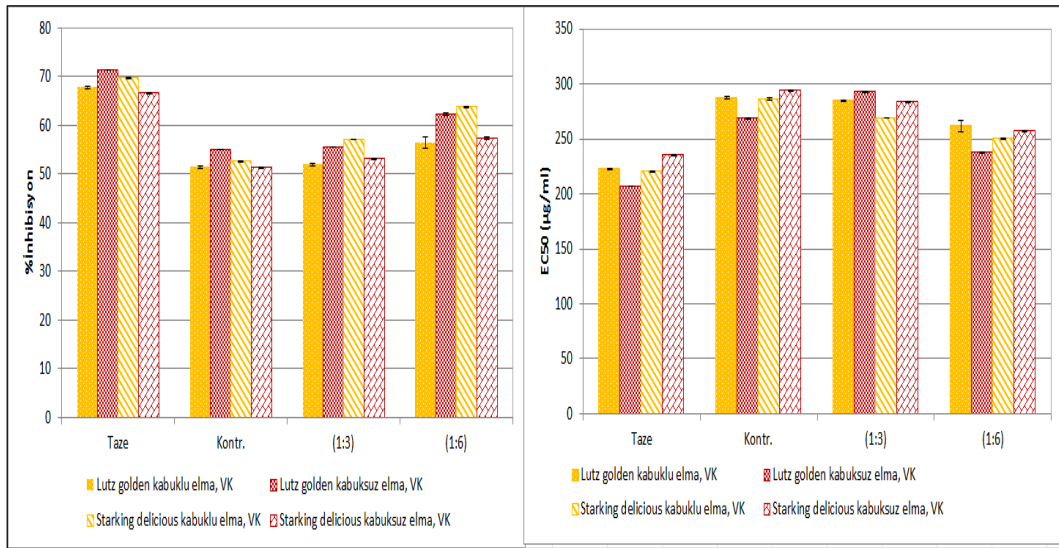
Şekil 8.14. Daldırma çözeltisinin liyofilizatörde kurutulmuş elma cipsinin a) % inhibisyonu miktarına b) AOC etkisi.

Mikrodalga kullanımı liyofilizatör kullanımından daha fazla fenolik madde kaybına yol açmıştır. Ancak burada da daldırma çözeltisinin artan konsantrasyonu artan miktarda korunum gerçekleştirmiştir. Şekil 8.15’da yer alan grafikten görüleceği üzere LG elma cipsleri gene kabuksuz olan SD elma cipsleri ise kabuklu numunelerinde en iyi % inhibisyona ve en düşük  $EC_{50}$  değerine sahip örneklerdir.



Şekil 8.15. Daldırma çözeltisinin MDK’ da kurutulmuş elma cipsinin a) % inhibisyonu miktarına b) AOC etkisi.

Vakumlu kurutucular daldırma çözeltileri kullanımında hem LG hem de SD elma cipslerinde en yüksek korumayı sağlamış fenolik madde kayıplarını minimize etmiştir. Burada da LG kabuksuz SD kabuklu numuneleri en iyi sonuçları (1:6) daldırma uygulamasıyla vermiştir.



Şekil 8.16. Daldırma çözeltilerinin Vakumlu kurutucuda kurutulmuş elma cipsinin a)% inhibisyonu miktarına b)AOC etkisi.

## 9. SONUÇLAR

- En yüksek yağ oranı LGK' da gözlenmiştir. Kabuklularda kabuksuzlara göre daha fazla yağ oranı olduğu görülmektedir.
- Protein miktarında ise en yüksek değer LGKsz' da görülüyor. Protein miktarı kabuksuzlarda kabuklulara göre daha fazla gözlenmektedir.
- Nem miktarı SD elma cipslerinde LG' ne göre daha fazladır.
- Elmalardaki pH değerlerine bakıldığında kabuklu elmanın pH değeri kabuksuz elmadan daha fazladır. En iyi sonucu SD vermiştir. pH değerinin yüksek olması olgunlaşmayı gösteriyor.
- MDK kurutucuda DK ve VK' ya göre daha hızlı kuruma sağlanıyor.
- Kabuksuz elmalar kabuklulara göre daha hızlı kuruma gösteriyor.
- Uygulanan AS2 daldırma çözeltisi ön işlemsiz ve AS1 daldırma çözeltisine göre daha hızlı kuruma gerçekleştiriyor.
- Kuruma hızına bakıldığında DK' da LG ve SD elmaları arasında en iyi sonuç ön işlem olarak AS2 uygulanan LGkb.sz vermiştir.
- Kuruma hızına MDK' da bakıldığında en iyi sonucu AS2 daldırma çözeltisi uygulanmış SDkb.sz elma türü vermiştir.
- Kuruma hızı VK' da da en iyi sonucu AS2 daldırma çözeltisi uygulanmış SDkb.sz vermiştir.
- Her iki elma türünde de artan konsantrasyon çözeltisi kullanımı TP kaybını azaltmıştır
- Taze elmada LGkb.sz kabukludan daha yüksek oranda TP içeriğine sahip. Bu meyve etinde fenolik maddelerin daha yoğun olduğunu düşündürmektedir.
- SD' da tam tersi kabuklu numuneler daha yüksek oranda TP içeriği göstermektedir. Bu durum SD elma türünde fenolik maddelerin kabukta meyve etinden fazla olduğunu göstermektedir.
- LGkb.sz numunelerinin (1:6) konsantrasyon daldırma çözeltisi örnekleri her bir kurutma metodunda en yüksek sonucu vermiştir.
- SD numunelerinde (1:6) konsantrasyon daldırma çözeltisi kullanılan kabuklu numuneler her bir kurutma yönteminde en iyi sonucu vermiştir.
- Taze LG içeriğine göre en az kayıpla dondurularak kurutucuda gerçekleştirilirken. En fazla kayıpla MDK kurutucuda kurutularak elma cipsi üretimi gerçekleştirilmiştir.

- SD içinde içeriğine göre en az kayıpla dondurularak kurutucuda gerçekleştirilirken. En fazla kayıpla MDK kurutucuda kurutularak elma cipsi üretimi gerçekleşmiştir.
- Her iki tür kabuklu ve kabusuz uygulama artan konsantrasyonda daldırma çözeltisi uygulamalarına göre en iyi toplam fenol sonuçları kabuksuz (1:6) daldırma çözeltisi uygulanan liyofilizatörde kurutulan LG türü elma cipsinde elde edilmiştir.
- En düşük değerler ise kabuksuz ve ön işlemsiz MDK kurutucu uygulamasında SD elma cipsinde belirlenmiştir.
- Taze elmada LGkb.sz kabukludan daha yüksek oranda % inhibisyon değerine sahiptir.
- DK ve MDK' da LG elmaları arasında en iyi % inhibisyon değerini (1:6) ön işlem uygulamalı LGkb.sz elma cipsleri vermiştir. VK' da ise en iyi sonucu yine (1:6) ön işlem uygulamalı LGkb elma cipsi vermiştir.
- DK ve MDK' da SD elmaları arasında en iyi % inhibisyon değerini (1:6) ön işlem uygulamalı SDkb elma cipslerinde vermiştir. VK' da ise (1:6) ön işlem uygulamalı SDkb.sz elma cipsi vermiştir.
- Taze elmalarda EC<sub>50</sub> değerine bakıldığında en iyi sonuç SDkb.sz vermiştir.
- EC<sub>50</sub> değerimizin en düşük olduğu elma cipsi ise LGkb.sz' dur. TP değerimizde en yüksek sonucu LGkb.sz vermişti.
- LG elmalarında DK kutucuda kurutulanlara bakıldığında EC<sub>50</sub> değerinde en düşük (1:6) ön işlem uygulamalı LGkb.sz elma cipsidir. En yüksek oran ise ön işlem uygulamasız LGkb' ludur. MDK' da ise en yüksek (1:3) ön işlem uygulamalı LGkb.sz vermiştir. En düşük değeri ise (1:6) ön işlem uygulamalı LGkb.sz vermiştir. VK' ya bakıldığında ise en yüksek değer (1:6) ön işlem uygulamalı LGkb elma cipsi vermiştir. En düşük değeri ise ön işlem uygulamasız LGkb.sz' da gözlenmiştir.
- SD elmalarında DK kurutucuda kurutulanlara bakıldığında EC<sub>50</sub> değerinde en yüksek sonucu ön işlemsiz SDkb' lu elma cipslerinde görülmüştür. En düşük sonuç ise (1:6) ön işlem uygulamalı SDkb' lu da görülmüştür. MDK' da kurutulanlara bakıldığında en yüksek değer (1:3) ön işlem uygulamalı SDkb.sz ' da gözlenmiştir. En düşük değer ise (1:6) ön işlem uygulamalı SDkb' da görülmüştür. VK' da ise en yüksek değer ön işlem uygulamasız SDkb.sz'da, en düşük değer ise (1:3) ön işlem uygulamalı SDkb elma cipslerinde gözlenmiştir.

- Sonuç olarak çıkan değerlere baktığımızda TP içeriği en yüksek değere sahip elmaların  $EC_{50}$  ve % inhibisyon değerleri en düşük değerdedir. Yani ters orantılı olarak çıkmıştır. Bu sonuç istenilen bir sonuçtur.

## 10. KAYNAKLAR

- Acar, J., “GMÜ 428 meyve ve sebze ürünleri teknolojisi ders notları”, *Hacettepe Üniversitesi*, Ankara, 2013.
- Akış, T., “Piyasada Çay Olarak Tüketilen Bazı Bitkilerin Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi ve Fenolik Yapılarının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 2010.
- Akpınar, A. E., “ Bazı Elma (*Malus x domestica Borkh.*) Genotiplerinin SSRs (*Simple Sequence Repeats*)’a dayalı genetik karakterizasyonu” *Ankara Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü*, Ankara, 2009.
- Akpınar, E. K., Biçer Y., Yıldız, C., “Thin Layer Drying of Red Pepper”, *Journal of Food Engineering*, 59, 99-104(2003).
- Aktaş, M., “Isı pompası destekli fındık kurutma fırınının tasarımı, imalatı ve deneysel incelenmesi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri*, Ankara, 2007.
- Aksoy, U., F. Şen, B. Asma ve M. “ Özgen, Değişik Kükürt Konsantrasyonlarındaki Kuru Kayıpların Depolama Süresince Kalite Ve Besin İçeriklerindeki Değişimlerin Saptanması ” *Proje sonuç raporu*, 77(2012).
- Albayrak, S., Sağdıç, O., Aksoy, A., “Bitkisel ürünlerin ve gıdaların antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler”, *Erciyes Üniversitesi, Fen Fakültesi*, Kayseri, 2010.
- Altan, A., “Yemeklik Ya Teknolojisi Ders Notları”, *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi*, Adana, 1989.
- Ameer, Q. and Adeloju, S.B., “Development of a potentiometric catechol biosensor by entrapment of tyrosinase within polyprrole film”, *Sensors and Actuators B*, 140, 4-11(2009).
- Andres, A., Bilbao, C. and Fito, P., “Drying kinetics of apple cylinders combined hot air microwave dehydration ” *Journal of Food Engineering*, 63:71(2004).
- Anonim, “Preservation of Fruits and Vegetables by Drying III Uniswork United Nations Industrial Development Organization (UNIDO)”, *Uluslararası Gıda Güvenliği ve Saklama Yöntemleri Çalışma Program Raporu*, Gebze, Kocaeli, 2004.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Anontmous, “Magnetron”, <http://www.radartutorial.eu/08.transmitters/tx08.tr.html>, 2006
- Anonymous, “Meyve”, <http://www.fao.org/docrep/V5030E/>, 2002
- AOAC, Official Methods of Analysis 17th Ed., *The Association of Official Analytical Chemists*, Editor; William Horwitz, 2002.
- Apak, R., Guclu, K., Ozyurek, M., Karademir, S. E., “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.”, *J Agr Food Chem* , 52:7970-81(2004).
- Apaydın, E., “Nar suyu konsantresi üretim ve depolama sürecinde antioksidan aktivitedeki değişimler”, Yüksek Lisans Tezi , *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* , Ankara, 2008.
- Ardağ, A., “Antioksidan Kapasite Tayin Yöntemlerinin Analitik Açından Karşılaştırılması” *Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Analitik Anabilim Dalı*, Aydın, 2009.
- Arevalo-Pinedo, A. and Murr, F. E. X., “Influence of pre-treatments on the drying kinetics during vacuum drying of carrot and pumpkin”, *Journal of Food Engineering*, 80: 152-156(2007).
- Asami, D. K., YUN-JEONG Hong, Y. J., Barrett, D. M., ve Mitchell A. E., “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 1237(2003).
- Askari, G. R., Emam-Djomeh, Z., Mousavi, S. M., “Akışkan Yataklı Mikrodalga-Destekli Bir Kurutucudaki Elma Küplerinde Kütle ve Isı Transferi”, *Food and Bioproducts Processing*, 2012.
- Asma, B., Gültek, A., Kan, T. ve Birhanlı, O., “Kayısıda Kükürt Sorunu”, *Özgayret Ofset*, Malatya, 108(2005).
- Asplant, “Flash Kurutucu”, [http://asplant.biz/flash\\_kurutucu.htm](http://asplant.biz/flash_kurutucu.htm), 2014
- Ayan, H., “Güneşte ve yapay kurutucuda kurutulmuş domates (*Lycopersitcum esculentum*) üretimi ve proses sırasındaki değişimlerin belirlenmesi” Yüksek Lisans Tezi *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 2010.

### KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Aydın, H., “Bazı baharatların farklı ekstratlarının antioksidan özelliklerinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü*, Edirne, 2011.
- Aydın, Y., “İletken polimerlerin içerisinde enzim tutuklamasıyla yapılan biyosensörler” Yüksek Lisans Tezi, *Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi Kimya Ana Bilim Dalı*, Karaman, 2012.
- Babalık, Ö. ve Pazır, F., “Domates kurutulmasında kükürtdioksit uygulaması”, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Meyve Sebze İşleme Mühendisliği Bilim Dalı *Güneşte Kurutulmuş Domates Üretimi Semineri*, İzmir, 61-72(1996).
- Bagheri, H., Mohammadi, A., and Salemi, A., “On-line trace enrichment of phenolic compounds from water using a pyrrole-based polymer as the solid-phase extraction sorbent coupled with high-performance liquid chromatography”, *Analytica Chimica Acta*, 513, 445–449(2004).
- Baker, G. J. C., “Industrial Drying of Foods”, *Chapmann&Hall Publication*, New York, 299(1997).
- Baloch, A. K., Buckle, K. A. and Edwards, R. A., “Measurement of non-enzymatic browning of dehydrated carrot”, *J. Sci. of Food and Agric*, 24, 389-398(1973).
- Banchero, J.T., Badger, W.L., “Kimya Mühendisliğine Giriş”, *Ünit operasyonlar*, (Çev:Çataltaş, İ.), İstanbul, 1973.
- Barbosa – Canovas, G. V. and Vega – Mercado, H., “Dehydration of Foods”, *Chapmann & Hall Publication.*, First Edition, New York, 327(1996).
- Bayrock, D., Ingledew, W.M., “Mechanism of viability loss during fluidized bed drying of baker’s yeast”, in, *Food Research International*, 30 (6): 417-425(1997).
- Benzie, I., Strain J.J., “The ferric reducing ability of plasma (FRAP) assay a measure of Antioxidant Power, The FRAP Assay.” *Analytical Biochemistry*, 239, 70-76(1996).
- Bingöl G., “Gıda işlemede kurutma teknolojilerinin temel ilkeleri”, Kısaltılmış Doktora Tezi. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü*, İstanbul, 2010.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Bowry VW, Ingold KU, “ The unexpected role of vitamin E (alpha-tocopherol) in the peroxidation of human lowdensity lipoprotein”, *Accounts Chem. Res.*, 32:27-34(1999).
- Boyer, J., Liu, R. H., “Apple phytochemicals and their health benefits”, *Nutrition Journal*, 3, 1-15(2004).
- Burda S., Oleszek W., “Antioxidant and antiradical activities of flavonoids”, *J. Agr. Food Chem.*, 49:2774-9(2001).
- Büyüktuncel, E., “Toplam fenolik içerik ve antioksidan kapasite tayininde kullanılan başlıca spektrofotometrik yöntemler” *Marmara Pharmaceutical Journal*, 17: 93-103, DOI: 10.12991/201317377(2013).
- Cemeroglu, B., Yemenicioğlu, A., Ozkan, M., Meyve ve Sebzelerin Bileşimi ve Soğukta Depolanmaları, *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, No:24, Ankara, 328(2011).
- Cemeroğlu, B., “Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, 2”, *Bizim Grup Basımevi*, Ankara, 2009.
- Cemeroglu, B., Yemenicioğlu, A., ve Ozkan, M., “Meyve ve Sebze Bileşimi Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi”, (B. Cemeroğlu, ed.) 1. Cilt, s. 1-236, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 39, *Bizim Grup Basımevi*, Ankara(2009).
- Cemeroğlu, B. ve Acar, J. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. *Gıda Teknolojisi Derneği, Yayın* No:6, Ankara, 1986 .
- Cemeroğlu, B., Karadeniz, F. ve Ozkan, M., “Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi”, *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, Yayın No:35, Ankara, 2004.
- Cemeroğlu, B., Karadeniz, F. ve Ozkan, M., “Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi”, *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, Ankara, 28,541-542(2003).
- Chauhan, A. K. S.; Srivastava, K., “Optimizing drying conditions for vacuum assisted microwave drying of green peas (*Pisum sativum L.*)”, *DryingTechnology*, 27, 761–769(2009).
- Chen, J. H. ve Ho, C. T., “Antioxidant Activities of Caffeic Acid and Related Hydroxycinnamic Acid Compounds”, *J. Agric. Food Chem.*, 45 (7): s. 2374-2378(1997).

### KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Chinnici, F., Bendini, A., Gaiani, A., & Riponi, C., “Radical scavenging activities of peels and flesh from cv. Golden Delicious apples as related to their phenolic composition”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 4684–4689(2004).
- Contreras, C., Martí'n-Esparza, M.E., Chiralt, A., Martí'nez-Navarrete, N., “Influence of microwave application on convective drying: Effects on drying kinetics, and optical and mechanical properties of apple and strawberry”, *Journal of Food Engineering*, 88,55–64(2008).
- Cuccurullo, G., Giordano, L., Albanese, D., Cinquanta, L., Di Matteo, M., “IR thermography assisted control for apples microwave drying”, *Journal of Food Engineering*, 112, 319–325(2012).
- Cui, Z. W., Li, C. Y., Song, C. F. ve Song, Y., “Combined Microwave-Vacuum and Freeze Drying of Carrot and Apple Chips”, *Drying Technology*, 26, 1517-1523 (2008).
- Çelen, S., “Mikrodalga ve Vakum Kurutucuda Bazı Gıda Ürünlerinin Kurutulması ve Modellenmesi”, Doktora Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Edirne, 2010.
- Dadalı, G., Demirhan, E., Özbek, B., “Microwave Heat Treatment of Spinach: Drying Kinetic and Effective Moisture Diffusivity” *Drying Technology*, 25(10), 1703-1712(2007).
- Dadalı, G., “Bamya ve ıspanağın mikrodalga tekniğini kullanarak kurutulması, doku ve renk özelliklerinin incelenmesi ve modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 195(2007).
- Dadalı, G., Demirhan, E., Özbek, B., “Colour Change Kinetics of Spinach Undergoing Microwave”, *Drying Technology*, 25(10), 1713-1723(2007).
- Danny, K., Asami, Y. J. H., Diane, M. B., Andalyson, E. M., “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 1(2003).

### KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Dinis, T.C.P., Madeira, V.M.C. and Almeida, L.M., “Action of phenolic derivates (acetoaminophen, salicylate, and 5-aminosalicylate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and as peroxy radical scavengers”, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 315, 161-169(1994).
- Doğan, H., Ersöz, M. A., “ Akışkan yatak sürekli kurutucuda tuz kurutulmasının deneysel incelenmesi”, *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09)*, Karabük, 2009.
- Doymaz, I., Tuğrul N., Pala M., “Maydonozun kurutma karakteristiklerinin incelenmesi”, *Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya-Metalurji Fakültesi*, Kimya Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 2000.
- Doymaz, I., Pala M., “The effects of dipping pretreatments on air-drying rates of the seedless grapes”, *Journal of Food Engineering*, 52, 413–417(2002).
- Doymaz, I., “Drying of Leek Slices Using Heated Air”, *Journal of Food Process Engineering*, 31(5), 721-737(2008).
- Doymaz, I., “Effect of citric acid and blanching pre-treatments on drying and rehydration of Amasya red apples”, *Department of Chemical Engineering*, Yıldız Technical University, Istanbul, 2010.
- Duman, İ., Şen, F. ve Arda, E. “Organik Kuru Domates Üretimi, Depolaması ve İşlemesi” *Hasad*, 301: 94-102(2010).
- Eberhardt, M., Lee, Ch., Liu, R.H., “Antioxidant activity of fresh apples”, *Nature*, 405(6789): 903-4(2000).
- El-Nehr, S. ve Karakaya, S., “Bazı Bitkisel Gıdaların Antioksidan Aktivitelerinin Saptanması”, *3. Gıda Mühendisliği Kongresi*, TMMOB Gıda Mühendisliği Odası, Ankara, 253-266(2003).
- Erbay, B., ve Küçüköner, E., “Gıda endüstrisinde kullanılan farklı kurutma sistemleri” *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, Erzurum, 1045-1048(2008).
- Erdem, T., “Ozonlu su ile yıkanan kırmızı pul biberin mikrodalga enerjisi ile kurutulması” Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 2007.

### KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Erden, Ü., “Akdeniz defnesi (*Laurus nobilis* L.)’nde mevsimsel varyabilite ve optimal kurutma yöntemlerinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Adana, 2005.
- Erdoğan, S. S., “Elma posası tozunun antioksidan aktivitesi ile fenolik bileşenlerinin belirlenerek ekmek yapımında kullanım olanaklarının araştırılması”, Doktora Tezi, **Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tekirdağ, 2010.
- Eruçar, S., “Bazı bitkisel çayların fenolik madde profili ve antioksidan aktivitelerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 2006.
- Escarpa, A., González, M., “High-performance liquid chromatography with diode-array detection for the performance of phenolic compounds in peel and pulp from different apple varieties”, **Journal of Chromatography A**, 823:331-337(1998).
- Eskin, N. A. M., “Biochemistry of food processing: Browning reactions in foods”, **In ‘Biochemistry of Foods’**, second edition, Academic Press, p. 240-295, London, 1990.
- Evranuz, Ö., “Gıda Maddelerinin Kurutulması Sırasında Kuruma Kinetiğini Kontrol Eden Faktörler ve Kalite Üzerine Etkileri.”, **Gıda Dergisi**, 1(1988).
- FAO, “Elma”, [www.http://apps.fao.org](http://apps.fao.org), 2012.
- FAO, “Elma”, <http://www.fao.org/docrep/V5030E/V5030Eod.htm>, 2012
- Fennema, O. R., “Principles of Food Science”, **Part I. Food Chemistry Morcel Dekker Inc**, New York, 1976.
- Fenercioğlu, H., Tüfekçi H. B., “Türkiye’de Üretilen Bazı Ticarî Meyve Sularının Kimyasal Özellikler Açısından Gıda Mevzuatına Uygunluğu”, **Akademik Gıda**, 8 (2),11-17(2010).
- Figiel, A., “Drying kinetics and quality of beetroots dehydrated by combination of convective and vacuum-microwave methods”, **Journal of Engineering** 98:461-470(2010).
- Funebo, T. and Ohlsson, T., “Microwave-assisted air dehydration of apple and mushroom”, **J. Food Eng.** 38, 252–267(1998).

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Galvez, A.V., Hen, K.A., Chacana, M., Vergara, J., Monzo, J.M., Segovia, P.G., Mondaca, R.L. and Scala, K., “Effect of temperature and air velocity on drying kinetics, antioxidant capacity, total phenolic content, colour, texture and microstructure of apple (Granny Smith) slices”, *Food Chemistry*, 132, 51–59(2012).
- Garcia-Alonso, M., Pascual-Teresa, S., Santos-Buelga, C. and Rivas-Gonzalo, J. C., “Evaluation of the antioxidant properties of fruits”, *Food Chemistry*, 84, 13–18(2004).
- Ghiselli, A., Serafini, M., Natella, F., Scaccini, C., “Total antioxidant capacity as a tool to assess redox status: critical view and experimental data”, *Free Radical Biol. Med.*, 29, 1106- 1114(2000).
- Gilbert, J. and McWeeny, D.J., “ The reaction of sulphure dioxide in dehydrated vegetables”, *J. Sci. Fd. Agric.*, 27, 1145-1146(1976).
- Gupta, G., Rajendran, V. and Atanassov, P. , “Laccase biosensor on monolayer-modified gold electrode”, *Electroanalysis*, 15 (20), 1577-1583(2003).
- Gönül , M., Altuğ T., Boyacıoğlu D. ve Noka Ü., “Gıda Analizleri”, *Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü*, Çoğaltma Yayınları, Bornava, No:84(1996).
- Gülter, S., “Dondurularak kurutulan kaşar peyniri tozlarının özellikleri üzerine peynir üretim yönteminin, yağ oranının ve olgunluğunun depolama sürecindeki etkileri” Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 2011.
- Güngör, A. ve Özbalta, N., “Ozonlu su ile yıkanan kırmızı pul biberin mikrodalga enerjisi ile kurutulması”, Endüstriyel kurutma sistemleri, TMMOB, MMO, *III. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı*, İzmir, 2:737-747(1997).
- Güngör, A., “Sebze ve meyve kurutmada kullanılan kurutucular ve kurutma teknolojileri”, *11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, 43-63(2013).
- Gürses, Ö. L., Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 963 Ders Kitabı, Ankara, 282(1986).

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Güvenç, A., Gül, H., Uzun, E., “Yaban Mersini Posasının Antioksidan Kapasitesi ve Trans-Resveratrol Derişimi Üzerine Ses Ötesi Dalgaların Etkisinin İncelenmesi” *Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğü*, Öğrenci Odaklı Araştırma Projesi, Proje Yöneticisi, 2012.
- Halvorsen, B. L., Holte, K., Myhrstad, M. C. W., Barikmo, I., Hvattum, E., Remberg, S. F., Wold, A. B., Haffner, K., Baugerod, H., Andersen, L. F., Moskaug, J., Jacobs, D. R., Blomhoff, R., “A Systematic Screening of Total Antioxidants in Dietary Plants”, *Journal of Nutrition*, 132: 461-471(2002).
- Hasançebi, Ö., “Biyosensör hazırlamada enzim kaynağı olarak değerlendirilmek üzere bazı bitkisel dokuların incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Bölümü*, Edirne, 2008.
- Heldman, D., R. and Hartel, R., W., “Principles of Food Processing”, *Chapman & Hall Publication*, New York, 288(1997).
- Hossain, M. S., Kurokawa, K., Sekimizu, K., “Induction of fusion-competent myoblast-specific gene expression during myogenic differentiation of Drosophila Schneider cells by DNA double-strand breaks or replication inhibition”, *Biochim. Biophys. Act.*, 1743(1-2): 176-186(2005).
- Huang, D., Ou, B., Prior R. L., “The chemistry behind antioxidant capacity assays”, *J. Agric. Food Chem.*, 53 (6), pp 1841-1856(2005).
- Hussain, M. M., “Investigation of Heat and Moisture Transfer During Solids Drying”, Yüksek Lisans Tezi, *King Fahd University of Petroleum and Minerals*, , Suudi Arabia, 2001.
- Imabayashi, S., Kong, Y. and Watanabe, M., “ Amperometric biosensor for polyphenol based on horseradish peroxidase immobilized on gold electrodes”, *Electroanalysis*, 13(5), 408-412(2001).
- İTO, İstanbul Ticaret Odası, “Elma”, <http://www.ito.org.tr/Dokuman/Sektor/1-32.pdf>, (2003).
- Jay, J. M., “Modern Food Microbiology, apsen Publisher”, *Inc. Gacithersburg*, Maryland, 2000.
- Jaya, S. and H. Das, “A vacuum drying model for mango pulp”, *Drying Technology*, 21(7): 1215-1234(2003).

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Kanarya, A., “Akışkan yataklı kurutma prosesinin matematiksel modellenmesi” Yüksek Lisans Tezi, *Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü*, Kocaeli, 2-66(2002).
- Kanat, A., “İ.T.Ü. KOSGEB’de geliştirilmekte olan mikrodalga fırında elma meyvesinin kurutulmasına yönelik bir çalışma”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 2001.
- Kara, T., ”Muzun Farklı Kurutma Şartlarındaki Kuruma Karakteristiklerinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 2008.
- Karaaslan, S., “Sebze ve Endüstri Bitkilerinin Mikrodalgayla Kurutulması Üzerine Çalışmalar”, Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 2008.
- Karaaslan, S., Tunçer, İ. K., “Kırmızı biberin fan destekli mikrodalga ile kurutulmasında kuruma karatersitiklerinin incelenmesi ve uygun kuruma modelinin belirlenmesi”, *KSU Doğa Bil. Dergisi*, 12(2):9-16(2009).
- Karabayır, C., “Kurutulmuş Sebzeler” *Başbakanlık*, Ankara, 2006.
- Karadeniz, F., Burdurlu, H. S., Koca N., Soyer, Y., “Antioxidant activity of selected fruits and vegetables grown in Turkey” *Turk J. Agric. For.*, 29: 297-303(2005).
- Karakaya, S., “Mikrodalga fırında pişirmenin gıdaların besin değerine etkisi açısından elektrikli fırında pişirme yöntemiyle karşılaştırılması” Yüksek lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 1991.
- Keçebaş, T., “Farklı haşlama uygulamalar ile saklamanın kurutulmuş brokolinin renk ve antioksidan aktivitesi üzerine etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 2007.
- Kondo, S., Tsuda, K., Muto, N., Ueda, J., “Antioxidative activity of apple skin or flesh extracts associated with fruit development on selected apple cultivars”, *Scientia Horticulturae*, 96: 177-185(2002).
- Koyuncu, Z. D., Zeybek B., Özçiçek P. N., Kılıç E., Pekyardımcı Ş., “Fenolik Bileşiklerin Tayini için Polifenol Oksidaz Temelli Amperometrik Enzim Elektrot Hazırlanması” Gazi Üniversitesi, *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, Cilt 30, Sayı 3, 955-978(2010).

### KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Krokida, M. K., Karathanos, V. T., Maroulis, Z. B. and Marinos-Kouris, D., “Drying Kinetics of Some Vegetables”, *Journal of Food Engineering*, 59:391-403(2003).
- Küçüköner, E., “Gıda endüstrisinde kullanılan farklı kurutma sistemleri”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum, 2008.
- Lee, K. W., Kim, Y. J., Kim, D., Lee H. J. and Lee C. Y., “Major phenolics in the apple their contribution to the total antioxidant capacity”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 20-6516(2003).
- Leite, J. B., Mancini, M. C., Borges, S. V., “Effect Of Drying Temperature On The Quality Of Dried Bananas Cv. Prata And D’água”, *Journal Of Food Engineering*, LWT, 40, 319 – 323(2007).
- Leong, L. P., Shui, G., “An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets”, *Food Chemistry*, 76:69-75(2002).
- Li, Z., Raghavan, G. S. V., Wang, N., & Garipey, Y., “Real-time, volatile-detection-assisted control for microwave drying” *Computers and Electronics in Agriculture*, 69, 177-184(2009).
- Li, Z., Vijaya, G. S., Ning, R., “Wang Apple volatiles monitoring and control in microwave drying”, Volume 43, *Food Science and Technology*, Issue, 684-689(2010).
- Liu, S., Yu, J. and Ju, H., “Renewable phenol biosensor based on a tyrosinase-colloidal gold modified carbon paste electrode”, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 540, 61-67(2003).
- Lu, P., Porat, R., Nadeau, J. A., O’Neill, S. D., “Identification of a meristem L1 layer-specific gene in Arabidopsis that is expressed during embryonic pattern formation and defines a new class of homeobox genes”, *The Plant Cell*, 8:2155–68(1996).
- Lupetti, K. O., Rocha F. R. P. and Fatibello-Filho, O., “An improved flow system for phenols determination exploiting multicommutation and long pathlength spectrophotometry”, *Talanta*, 62, 463–467(2004).

### KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Mabrouk, S. B., Mariem, S. B., and Oueslati, H., “Numerical and Experimental Analysis of Convective and Intermittent Drying Process”, *Science Academy Transactions on Renewable Energy Systems Engineering and Technology* (SATRESET)Vol. 2, No. 1, ISSN: 2046-6404 166(2012).
- MacDonald-Wicks, L. K., Wood L. G and Garg, M. L., “Methodology for the determination of biological antioxidant capacity in vitro: a review”, *J. Sci. Food Agric.*, 86, 2046–2056(2006).
- Markowski, J. and Plochanski, W., “Determinaton of phenolic compounds apples and processed apple products”, *Journal of Fruit and Ornamental Plant Reserch* Vol.14 (Supl.2), 133-142(2006).
- Martins, R. C., Silva, C. L. M., “Modelling Color and Chlorophyll Losses of Frozen Green Beans”, *International Journal of Refrigeration*, 25, 966-974(2002).
- McWeeny, D. T., Knowles, M. E. and Hearne, J. F., “The chemistry of non-enzymic browning in food and its control by sulphites.”, *J. Sci. Fd. Agric*, 25, 735-746(1974).
- Mengeş, H. O., Ertekin C., Aydın C., “Elma kurutmada kurumanın çeşitli modellerle açıklanması” *Tarımsal Mekanizasyon 22. Ulusal Kongresi Bildirisi*, Aydın, 33 (2004).
- Mousa, N. and M. Farid, “Microwave vacuum drying of banana slices”, *Drying Technology*, 20(10): 2055-2066(2002).
- Murcia, M. A., Lopez-Ayerra, B., Martinez-Tom, M., Garcıacarmona, F., “Effect of Industrial Processing on Chlorophyll Content of Broccoli”, *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 80,1447-1451(2002).
- Nergiz, C. ve Ünal, K., “Naturel zeytinyağında bulunan fenolik bileşikler ve stabiliteye olan etkileri”, *Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Seri:B Gıda Mühendisliği, Cilt:7 Sayı:2, 119-127(1989).
- Nielsen, S. S., “Perdue Universtiyt West Lafayette”, *Food Analysis*, Indiana, 2003.
- Norman, P., Joseph H. Hotchkiss “*Food Science Chapman & Hall*”, ISBN0442013981, 9780442013981(1995).
- Okcu, Z., Keleş, F., “Kalp-Damar Hastalıkları ve Antioksidanlar”, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(1):153-160(2009).

### KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Olorunda, A. O., Aworh, O. C. and Onuoha, C. N. "Upgrading quality of dried tomato: Effects of drying methods, conditions and pre-drying treatments", *J. of Sci. of Food and Agric.*, 52, 447-454(1990).
- Ordoudi, S. A., Tsimidou, M. Z., "Crocin bleaching assay step by step: Observations and suggestions for an alternative validated protocol", *J. Agr. Food. Chem.*, 54:1663-71(2006).
- Özçağırın, R., Ünal, A., Özeker, E., İsfendiyaroğlu, M., "Ilıman İklim Meyve Türleri (Yumuşak Çekirdekli Meyveler)", Cilt:2, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, İzmir, No: 556(2004).
- Özler, S., Tarhan, S. ve Ergüneş, G., "Sebze kurutmada önışlemin önemi ve uygulama teknikleri" *1. Cine Tarım*, 61,40-42(2004).
- Özler, S., Ergüneş, G., Tarhan, S., "Mısırdaki farklı ön işlemlerin kuruma hızına etkisi" *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi*, Tokat, 2005.
- Özler, S., Tarhan, S. ve Ergüneş, G., "Sebze kurutmada önışlemin önemi ve uygulama teknikleri" *On Dokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2):160-166(2006).
- Öztan, T., "Mor Havuç, Konsantresi, Şalgam Suyu, Nar Suyu ve Nar Ekşisi Ürünlerinde Antioksidan Aktivitesi Tayini ve Fenolik Madde Profilinin Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 2006.
- Öztürk N., Tunalı Z., Koşar M., ve Başer K. H. C., "Petroselinum crispus, Anethum graveolens ve Eruca sativa 'nın antioksidan etki ve fenolik bileşikler yönünden incelenmesi", *14. Bitkisel İlaç Ham Maddeleri ve Bildirimleri*, Eskişehir, ISBN 975-94077-2-8(2002).
- Panyawong, S. and Devahastin, S., "Determination of Deformation of a Food Product Undergoing Different Methods and Conditions Via Evolution of a Shape Factor", *Journal of Food Engineering*, 78:151-161(2007).
- Pişkin, E., "Biyosensörler. Temel ve Uygulamalı Enzimoloji", *Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları*, İzmir. 205-223(1986).
- Pratt, G. H., "Timber Drying Manual", *Building Research Establishment Report*, Londra, 1974.

### KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Prior, R. L. and Cao, G., “In vivo Total Antioxidant Capacity, Comparison of Different Analytical Methods”, *Free Radical Bio. Med.*, 27,1173–1181(1999).
- Prior, R. L., Wu, X., Schaich, K., “Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements”, *J.Agric. Food Chem.*, 53, 4290- 4302, (2005).
- Quan, D., and Shin, W., “Amperometric detection of catechol and catecholamines by immobilized laccase from denilite”, *Electroanalysis*, 16 (19), 1576-1582(2004).
- Rajesh, T. W. and Kaneto, K., “Amperometric phenol biosensor based on covalent immobilization of tyrosinase onto an electrochemically prepared novel copolymer poly(N-3-aminopropyl pyrrole-co-pyrrole) film”, *Sensors and Actuators B*, 102, 271-277(2004).
- Ratti, C., “Hot Air and Freeze-drying of High-value Foods”, *Journal of Food Engineering*, 49: 311–319(2001).
- Ramirez-Valiente, J.A., Valladares, F., Delgado, A., Granados, S., Aranda, I., “Factors affecting cork oak growth under dry conditions: local adaptation and contrasting additive genetic variance within populations” *Tree Genet. Genom*, 7,285-295(2001).
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C., “Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay”, *Free Radical Biology and Medicine*, 26, 1231-1237(1999).
- Reynolds, T. M., “Chemistry of nonenzymic Browning”, *II. Advances in Food Research Series*, 14. 167-283(1965).
- Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., Paganga, G., “Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids”, *Free Radic. Biol. Med.*, 20(7):933-956(1996)
- Robards, K., Prenzler, P. D., Tucker, G., Swatsitang, P., Glover, W., “Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits”, *Food Chem.*, 66: 401–436(1999).
- Sadıkoğlu, H., ve Özdemir, M., “Dondurarak Kurutma Teknolojisi ve Evreleri”, *Gıda*, 28 (6): 643-649(2003).

### KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Saldamlı, İ., “Gıda Kimyası” *Hacettepe Üniversitesi Yayınları*, Ankara, 608(1998).
- Sanjuan, N., Clemente, G., Bon, J., Mulet, A., “The Effect of Blanching on the Quality of Dehydrated Broccoli Florets”, *Eur.Food Res.Technol.*, 213, 474-479(2001).
- Serra, B., Benito, B., Agui L., Reviejo, A. J. and Pingarron, J. M., “Graphide-Teflon-peroxidase composite electrochemical biosensors. A tool for wide detection of phenolic compounds”, *Electroanalysis*, 13 (8/9), 693-700(2001).
- Sham, P. W. Y., Scaman, C. H. and Durance, T. D., “Texture of vacuum microwave dehydrated apple variety” *Journal of Food Engineering*, 66:1341(2001).
- Shan, D., Zhang, J., Xue, H. G., Zhang, Y. C., Cosnier, S. and Ding, S. N., “Polycrystalline bismuth oxide films for development of amperometric biosensor”, *Biosensors and Bioelectronics*, 24, 2671-3676(2009).
- Somogyi, A., Rosta, K., Pusztai, P., Tulassay Z. and Nagy, G., “Antioxidant measurements, Physiol”, *Meas.*, 28, R41–R55(2007).
- Spanos, G. A., Wrolstad, R. E., “Influence of processing and storage on the phenolic composition of apple juice”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38,817-824(1990).
- Şahin, F. H., Ülger, P., Aktaş T., Orak, H. H., “Farklı Önışlemlerin ve Vakum Kurutma Yönteminin Domatesin Kuruma Karakteristikleri ve Kalite Kriterleri Üzerine Etkisi” *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2012).
- Şerbetçi, Z., Alkan, C., “4-(1h-İmidazo[4,5-F][1,10]Fenantrolin-2-İl)-N,N'-Dimetilbenzenamin Ligandı Ve Metal Komplekslerinin Sentez Ve Karakterizasyonu”, *Fırat Üniversitesi Fen ve Müh. Bilim Dergisi*, 20 (1), 91-97(2008).
- Tanbay, E., “Protein ayırma saflaştırma yöntemleri, elektroforez ve iki yönlü elektroforez” Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü*, Kayseri, 2010.
- Taylor, S.L., Hıgley, N.A. and Brush, R.K., “Sulfites in foods uses, analytical methods, residues, fate, exposure assesment, metabolism, toxicity and hypersensitivity”, *Adv. in Food Res.*, 30, 1-76(1986).
- Telefoncu A., “Biyoreseptör immobilizasyonu”, *Biyokimya Lisans Üstü Yaz okulu*, Kuşadası, 42-61(1999).

### KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Thaipong, K., Boonprakob, U., Krosby, K., Cisneros-Zevallos, L. and Byrne, D. H.,  
 “Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for estimating of  
 antioxidant activity from guava fruit extracts”, *J. Food Comp. Analysis*, 19,669-  
 675(2006).
- Timur, S., Pazarlıođlu, N., Pilloton, R. and Telefoncu, A., “Thick film sensors based on  
 laccases from different sources immobilized in polyaniline matrix” *Sensors and  
 Actuators B*, 97, 132-136(2004).
- Topuz, A., “Akışkan yatakta fındık kurutma prosesinde ısı ve kütle geçişinin  
 incelenmesi”, Doktora Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-  
 93(2002).
- Tripathi, R. N. and Nath, N., “Effect of starch dipping on quality of dehydrated tomato  
 slices”, *J. of Food Sci. and Technol.*, 26 (3), 137-141(1989).
- Tubaro, F., Ghiselli, A., Rapuzzi, P., Maiorino, M., Ursini, F., “Analysis of plasma  
 antioxidant capacity by competition kinetics”, *Free Radical Bio. Med.*, 24:1228-  
 34(1998).
- Turan, E., “Sarı ulak Tarsus zeytini ve siyah çaydan elde edilen fenolik ekstratların  
 antioksidan etkilerinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova  
 Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 2005.
- Türkoğlu, S., Çelik, S., Keser, S., Türkoğlu, İ., Yılmaz, Ö., “Morusalba’ nın Meyve ve  
 Yaprak Ekstrelerinin Antioksidan Kapasitelerinin Belirlenmesi” *Fırat  
 Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 26(1), 21-32(2014).
- Ursini, F., Zamburlini, A., Cazzolato, G., Maiorino, M., Bon, G.B., Sevanian, A.,  
 “Postprandial plasma lipid hydroperoxides: A possible link between diet and  
 atherosclerosis” *Free Radical Bio. Med.*, 25: 250-2(1998).
- Ünlütürk, A. ve Turantaş, F., “Gıdaların Mikrobiyolojik Analizi”, İkinci Baskı, *Meta  
 Basım Matbaacılık*, Bornova, İzmir, 3-22(2002).
- Vianello, F., Cambria, A., Ragusa, S., Cambria, M. T. Zennaro, L. and Rigo, A., “A  
 high sensitivity amperometric biosensor using a monomolecular layer of laccase as  
 biorecognition element” *Biosensors and Bioelectronics*, 20 (2), 315-321(2004).

### KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Villano, D., Fernandez-Pachon, M. S., Troncoso, A. M. and Garcia-Parrilla, M. C., “The antioxidant activity of wines determined by the ABTS●+ method: Influence of sample dilution and time”, *Talanta*, 64, 501-509(2004).
- Wahle, K. W. J., Brown I., Rotondo D., Heys S. H. “Plant Phenolics in the Prevention and Treatment of Cancer Bio-Farms for nutraceuticals”, *Functional Food and Safety Control by Biosensors*, 36(2010).
- Wang, M.; Li, J.; Rangarajan, M.; Shao, Y.; LA Voie, E. J.; Huang, T. C. HO, C. T., “Antioxidative Phenolic Compounds from Sage (*Salviaofficinalis*)”, *J. Agric. Food Chem.*, 46 (12): 4869-4873(1998).
- Wang, H. ve Hellwell, K., “Determination of Flavonols in Green and Black Tea Leaves and Green Ta Infusions by High-Performance Liquid chromatography” *Food Research International*, 34 (2-3): 223-227(2001).
- Wang, G., Xu, J. J, Ye, L. H., Zhu, J. J. and Chen, H. Y., “Highyl sensitive sensors based on the immobilization of tyrosinase in chitosan”, *Bioelectrochemistry*, 57,33-38(2002).
- Wang, J., Chao, Y., “Effect of 60 oC Irridiation on Drying Characteristics of Apple” *Journal of Food Engineering*, 56:347-351(2003).
- Wang, P. Liu, M. and Kan, J., “Amperometric phenol biosensor based on polyaniline”, *Sensors and Actuators B*, 140, 577-584(2009).
- Wedzicha, B. L., “Review: chemistry of sulphur dioxide in vegetable dehydration, Intern.”, *J. of Food Sci. and Technol.*, 22, 433-450(1987).
- Wolfe, K., Wu, X., and Liu, R. H., “Antioxidant Activity of Apple Peels”, *J. Agric. Food Chem.*, 51, 609–614 609(2003).
- Wu, L., Orikasa, T., Ogawa, Y., and Tagawa, A., “Vacuum drying characteristics of eggplants”, *Journal of Food Engineering*, 83: 422-429(2007).
- Yang, S., Li, Y., Jiang, X., Chen, Z. and Lin, X., “Horseradish peroxidise biosensor based on layer-by-layer technique for the determination of phenolic compounds”, *Sensors and Actuators B*, 114, 774-780(2006).

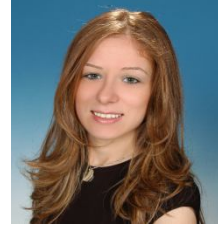
**KAYNAKLAR (devam ediyor)**

- Yaşar, B. S., “Drying Kinetics and Quality Evaluation for Microwave Drying of Green Peppers (*Capsicum Annuum*)”, *A thesis submitted to the graduate school of natural and applied sciences of The Middle East Technical University*, Ankara, 1999.
- Yüzgeç, U., “Kurutma sürecinin modellenmesi ve akıllı öngörülü denetimi”, Doktora Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, 1-35(2005).
- Zeybek, K. D., “Kolesterolün ve fenolik bileşiklerin tayini için amperometrik enzim elektrotların hazırlanması”, Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 2010.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

**Adı Soyadı** : Banu YOKUŞ  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : İnegöl/21-02-1984



### Eğitim Durumu

**Lisans Öğrenimi** : Kimya/Balıkesir Üniversitesi  
 Kimya Eğitimi Tezsiz Yüksek Lisans/Balıkesir Üni.  
**Bildiği Yabancı Diller** : İngilizce (orta)

### İş Deneyimi

**Stajlar** : İsko (2003 Ağustos)  
**Projeler** : Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Bilimsel  
 Araştırma Projesi (BAP)'de Proje Araştırmacısı  
**Çalıştığı Kurumlar** : İnegöl/Bursa-Kurşunlu İlköğretim Okulu- Ücretli  
 Fen ve Teknoloji Öğretmeni  
 Donat Baharat – Sorumlu Müdür  
 İnbak A.Ş- Market Yöneticisi

### İletişim

**Adres** : Cuma Mahallesi Atatürk Bulvarı No:63 İnbak A.Ş  
 İNEGÖL/BURSA  
**Tel** : 0 530 286 10 67  
**E-Posta Adresi** : banu.yokus@outlook.com

**Tarih:**

**İmza**