



**SAĞLIKLI ve CAZİP KURU KAYISI ÜRETİMİNE  
YÖNELİK YENİ BİR TEKNİK: İNDİRGEN  
ATMOSFERİK KURUTMA**

**Betül ÖRS**  
**Yüksek Lisans Tezi**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**  
**Danışman: Dr.Öğr. Üyesi Duried ALVAZEER**  
**2019**

**Her hakkı saklıdır**

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

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**SAĞLIKLİ ve CAZİP KURU KAYISI ÜRETİMİNE YÖNELİK YENİ BİR TEKNİK:  
İNDİRGEN ATMOSFERİK KURUTMA**

**Betül ÖRS**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**IĞDIR**

**2019**

**Her hakkı saklıdır**

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Betül ÖRS



Bu çalışma İğdır Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Merkezi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 2017-FBE-L 24

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

## ÖZET

### SAĞLIKLI VE CAZİP KURU KAYISI ÜRETİMİNE YÖNELİK YENİ BİR TEKNİK: İNDİRGEN ATMOSFERİK KURUTMA

ÖRS, Betül

Yüksek Lisans Tezi: Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Duried ALVAZEER

Mart 2019, 136 sayfa

Bu çalışmada sağlıklı ve cazip kuru kayısı üretimine yönelik geliştirilen İndirgen Atmosferik Kurutma sistemi (İAK) ele alınmıştır. Kayıslar; İndirgen Atmosferik Kurutma sistemi [hava, azot ve indirgen gaz içeren gaz karışımı (%4 H<sub>2</sub>, %5 CO<sub>2</sub>, %91 N<sub>2</sub>) olmak üzere 3 farklı kurutma atmosferi ile]; liyofilizatör, vakum ve fırında kurutularak kayısların renk, antioksidan aktivitesi (DPPH, ABTS, flavonoid ve toplam fenolik madde miktarı) araştırılmıştır. Renk analizi (L\*, a\* ve b\* renk parametreleri ile ΔE değeri) sonucu, Hacihaliloğlu çeşidinde İAK<sub>MİKS</sub> ve İAK<sub>AZOT</sub> örneklerinin tazeye en yakın sonuçlara sahip olduğu tespit edilmiştir. Ön denemelerde kullanılan Şalak çeşidinden elde edilen verilerde İAK<sub>MİKS</sub> örneklerine ait ΔE değerinin (4,08) çok düşük oluşu, söz konusu yöntemin kayısı renginin muhafazasında oldukça etkili olduğunu ortaya koymuştur. DPPH yöntemi ile elde edilen antioksidan aktivite sonuçlarına göre; İAK<sub>MİKS</sub>, fırın (sıcak hava) ve vakum ile kurutulan örneklerle taze (liyofilize) örnekler arasındaki farklılığın önem seviyesinde olmadığı (P<0,05); İAK<sub>MİKS</sub> örneklerinin % 76,3 değeriyle taze örneklerden sonra en yüksek antioksidan aktivitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. En düşük DPPH antioksidan aktivitesi değerine ise İAK<sub>AZOT</sub> (%40,25) örneklerinde rastlanmıştır. Toplam fenolik madde miktarı analizi sonucunda taze, İAK<sub>MİKS</sub>, İAK<sub>HAVA</sub>, fırın ve vakum örnekleri arasındaki farklılığın önem seviyesinde (p<0,05) olmadığı ve İAK<sub>AZOT</sub> örneklerinin, DPPH sonuçlarına benzer şekilde en düşük toplam fenolik madde miktarına [161,8 mg GAE.100 g<sup>-1</sup> (ka)] sahip olduğu tespit edilmiştir. ABTS yöntemiyle elde edilen antioksidan aktivite analizi sonucunda ise; DPPH ve toplam fenolik madde sonuçlarından farklı olarak taze, İAK<sub>MİKS</sub>, İAK<sub>AZOT</sub> ve İAK<sub>HAVA</sub> örnekleri arasındaki farklılığın önem seviyesinde olmadığı ve İAK<sub>MİKS</sub> örneklerinin 68,74 μmol TE. g<sup>-1</sup> (ka) ile en yüksek antioksidan aktivitesi sergilediği gözlenmiştir. Toplam flavonoid sonuçları; sırasıyla 27,38; 24,25; 19,41 ve 18,81mg QE.100g<sup>-1</sup> (ka) değerlerine sahip taze, vakum, fırın ve İAK<sub>MİKS</sub> örnekleri arasındaki farklılığın önemli olmadığını göstermiştir (p<0,05). Dünyada bir ilk olan İndirgen Atmosferik Kurutma, alternatif bir kurutma tekniği olarak dizayn edilmiştir. Gıda ürünlerinin kurutulmasında oldukça etkin ve uygun olduğu tespit edilen bu yeni kurutma tekniği aracılığıyla, gıdaların duyu ve besinsel değerinin (toplam antioksidan ve toplam fenolik) muhafaza edilebileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kurutma, kayısı, İndirgen atmosfer, Renk, Antioksidan kapasitesi

## ABSTRACT

### A NEW DRYING TECHNIQUE FOR PRODUCING HEALTHY AND ATTRACTIVE DRIED APRICOT: REDUCING ATMOSPHERE DRYING

ÖRS, Betül

Master Thesis, Food Engineering Main Discipline

Thesis Adviser: Assist. Prof. Dr. Duried ALVAZEER

March 2019, 136 pages

In this study, a new and alternative technique called Reducing Atmosphere Drying (RAD) was developed for producing healthy and attractive dried apricot. An Hacıhaliloğlu apricot variety fruit was dried using different methods: Reducing Atmosphere Drying System (RAD) with 3 different drying atmospheres [air, nitrogen and reducing gas mixture (4% H<sub>2</sub>, 5% CO<sub>2</sub>, 91% N<sub>2</sub>)], lyophilizator, vacuum and hot air. The color and antioxidant capacity (DPPH, ABTS, and total phenolic content) of dried apricots were evaluated. Color analysis showed that the closest color values to the fresh sample were observed for RAD<sub>MIX</sub> and RAD<sub>NITROGEN</sub> samples. In the preliminary experiment performed on Şalâk variety, results showed that the RAD<sub>MIX</sub> dried apricot had the lowest  $\Delta E$  value (4.08) and exhibited the highly effective method in preserving apricot color. According to results of the antioxidant activity determined by DPPH inhibition activity method, it was observed that the difference between fresh (freeze drying), RAD<sub>MIX</sub>, oven (hot air) and vacuum dried apricot samples was not significant and RAD<sub>MIX</sub> samples had the highest antioxidant activity with 76.3% value after fresh samples. The lowest value of DPPH inhibition activity (40.25%) was observed for the RAD<sub>NITROGEN</sub> samples. The total phenolic content assays showed that the difference between fresh, RAD<sub>MIX</sub>, RAD<sub>AIR</sub>, oven and vacuum samples was not significant ( $p < 0.05$ ) and RAD<sub>NITROGEN</sub> samples had the lowest value [161.8 mg GAE.100 g<sup>-1</sup> (dm)] as in DPPH inhibition activity results. The ABTS method, unlike DPPH and total phenolic results, showed that the difference between fresh, RAD<sub>MIX</sub>, RAD<sub>NITROGEN</sub> and RAD<sub>AIR</sub> was not significant and RAD<sub>MIX</sub> exhibited the highest antioxidant activity with 68.74  $\mu\text{mol TE. g}^{-1}$  (dm). The results of total flavonoid content show that the difference between fresh (or freeze drying), vacuum, hot air and RAD<sub>MIX</sub> samples with range of 27.38, 24.25, 19.41 and 18.81 mg QE.100g<sup>-1</sup> (dm) weren't significant ( $p < 0.05$ ). Reducing Atmosphere Drying, for the first time, has been designed as an alternative and novel drying technique. It was concluded that the sensorial and nutritional values (total antioxidant and total phenolic) of foods could be maintained by this new drying technique, which is found to be highly effective and suitable for drying the food products a.

**Key Words:** Drying, Apricot, Reducing atmosphere, Color, Antioxidant capacity

## ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Ülkemiz açısından oldukça önemli bir yere sahip olan kuru kayısı üretiminde, birçok farklı kurutma tekniği kullanılmasına karşın; Iğdır Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Redoks Uygulamaları Araştırma Merkezi'nde (RCRAF) bu kurutma tekniklerine alternatif olarak dünyada bir ilk olan İndirgen Atmoserik Kurutma (İAK) tekniği geliştirilmiş ve uygulanmıştır.

Tez çalışmam boyunca, görüş ve önerileriyle beni büyük bir özveriyle yönlendiren danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Duried Alvazeer'e; laboratuvar çalışmaları ve verilerin analizinde yardımlarını esirgemeyen değerli dostlarım Kadir Tan, Nur Ökan ve Gamze Şara'ya; bu süre zarfında desteğiyle yanımda olan sevgili aileme saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Betül Örs

Mart, 2019

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	iv
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	<b>7</b>
2.1. Kayısı.....	7
2.1.1. Kayısının sistematığı.....	7
2.1.2. Kayısının kökeni ve tarihçesi.....	7
2.1.3. Ülkemizde yetiştirilen bazı önemli kayısı çeşitleri.....	8
2.1.3.1. Kurutmalık kayısı çeşitleri.....	10
2.1.3.2. Sofralık kayısı çeşitleri.....	11
2.1.4. Kayısının besin değeri ve insan sağlığı açısından önemi.....	12
2.1.5. Kayısının değerlendirilme şekilleri.....	16
2.2. Gıdaların Kurutulması ve Tarihçesi.....	16
2.2.1. Kurutmanın temel aşamaları.....	20
2.2.1.1. Geçiş periyodu.....	20
2.2.1.2. Sabit hızda kuruma periyodu.....	21
2.2.1.3. Azalan hızda kuruma periyodu.....	20
2.2.2. Kurutma hızını etkileyen faktörler.....	21
2.2.2.1. Sıcaklık.....	21
2.2.2.2. Kurutma havasının hızı.....	22
2.2.2.3. Ürünün yüzey alanı.....	22
2.2.2.4. Ortamın nem içeriği.....	22
2.2.3. Gıda kurutma yöntemleri ve kurutucular.....	22
2.2.3.1. Doğal kurutma yöntemleri.....	25
2.2.3.1.a. Güneşte kurutma.....	25
2.2.3.1.b. Yapay kurutma yöntemleri.....	26

2.2.3.2.a. Sıcak hava ile kurutma.....	26
2.2.3.2.b. Vakumda kurutma.....	28
2.2.3.2.c. Dondurarak kurutma (Liyofilizasyon) .....	30
2.2.3.2.ç. Püskürtmeli kurutma.....	32
2.2.3.2.d. Mikrodalga kurutma.....	35
2.2.3.2.e. Ozmotik kurutma.....	38
2.2.3.2.f. Isı pompalı (heat pump) kurutma.....	40
2.2.3.2.g. Akışkan yatak kurutma.....	43
2.2.3.2.ğ. Kızılötesi ışınım ile kurutma.....	45
2.2.3.2.h. Kızgın buharda kurutma.....	45
2.2.4. Gıdaların kalite parametreleri ve kurutma sırasındaki değişimi.....	46
2.2.4.1. Fiziksel özellikler ve değişimi.....	48
2.2.4.1.a. Renk.....	48
2.2.4.1.b. Tekstür (büzüşme ve porozite) .....	51
2.2.4.1.c. Rehidrasyon.....	55
2.2.4.2. Kimyasal özellikler ve değişimi.....	56
2.2.4.2.a. Tat/lezzet.....	56
2.2.4.2.b. Su aktivitesi.....	57
2.2.4.2.c. Raf ömrü.....	58
2.2.4.3. Besinsel özellikler ve kurutma sırasındaki değişimi.....	58
2.2.4.3.a. Besleyici bileşenler.....	58
2.2.4.3.b. Antioksidanlar.....	59
2.2.4.4. Mikrobiyolojik özellikler ve kurutma sırasındaki değişimi.....	63
2.2.4.5. Duyusal özellikler ve kurutma sırasındaki değişimi.....	64
2.2.5. Kayısıda kurutma ve kükürtleme.....	65
2.2.5.1. Doğal kurutma yöntemi (gün kurusu üretimi) .....	66
2.2.5.2. Kükürtlü kurutma.....	67
<b>3. MATERYAL VE METOT.....</b>	<b>72</b>
3.1. Materyal.....	72
3.1.1. Kayısı.....	72
3.1.2. Kimyasallar.....	73
3.1.3. Alet ve cihazlar.....	73
3.1.3.1. Laboratuvar tipi indirgen atmosferik kurutma (İAK) sistemi.....	73



3.1.3.2. Diğer alet ve cihazlar.....	77
3.2. Metot.....	78
3.2.1. Kurutma öncesi işlemler.....	78
3.2.2. Kurutma İşlemi.....	78
3.2.2.1. Liyofilizasyon (dondurarak kurutma) .....	78
3.2.2.2. Vakumda kurutma.....	78
3.2.2.3. Fırında kurutma.....	78
3.2.2.4. İndirgen atmosferik kurutma sistemi (İAK) ile kurutma.....	79
3.2.3. Örneklerin ekstraksiyonu.....	80
3.2.4. Fiziksel ve kimyasal analizler.....	81
3.2.4.1. Nem içeriği analizi.....	81
3.2.4.2. pH analizi.....	81
3.2.4.3. Suda çözümlü kurumadde (briks) analizi.....	81
3.2.4.4. Renk analizi.....	81
3.2.4.5. DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) serbest radikal süpürme gücü analizi.....	82
3.2.4.6. ABTS (2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)) serbest radikal süpürme gücü analizi.....	82
3.2.4.7. Toplam fenolik madde miktarı (Folin-Ciocalteu's) analizi.....	83
3.2.4.8. Toplam flavonoid madde miktarı analizi.....	84
3.2.5. İstatistik analiz.....	84
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>85</b>
4.1. Taze Ürüne Ait Nem, pH ve Briks Analizi Sonuçları.....	85
4.2. Renk Analizi Sonuçları.....	85
4.3. Antioksidan Analizleri.....	91
4.3.1. DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) serbest radikal süpürme gücü analizi sonuçları.....	91
4.3.2. ABTS (2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)) serbest radikal süpürme gücü analizi sonuçları.....	97
4.4. Toplam Fenolik Madde (Folin-Ciocalteu's) Analizi Sonuçları.....	101
4.5. Toplam Flavonoid Madde Miktarı Analizi Sonuçları.....	108
4.6. Antioksidan (DPPH ve ABTS), Toplam Fenolik ve Toplam Flavonoid Madde Miktarı Arasındaki Korelasyon.....	109
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>111</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>113</b>

KAYNAKLAR..... 115



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

% .....	Yüzde
$\mu\text{g}$ .....	Mikrogram
$\mu\text{m}$ .....	Mikrometre
$^{\circ}\text{C}$ .....	Santigrat Derece
$\mathbf{a}^*$ .....	Kırmızı-Yeşil
$a_w$ .....	Su aktivitesi
$\mathbf{b}^*$ .....	Sarılık-Mavilik
$\mathbf{C}^*$ .....	Kroma
$\text{C}_{10}\text{H}_5\text{NaO}_5\text{S}$ .....	Folin-Ciocalteu's (sodium 1,2-naphthoquinone-4-sulfonate)
$\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{O}_4$ .....	Troloks [(±)-6-Hydroxy-2,5,7,8 tetramethylchromane-2-carboxylic acid]
$\text{C}_{18}\text{H}_{12}\text{N}_5\text{O}_6$ .....	DPPH Radikali (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)
$\text{C}_{18}\text{H}_{18}\text{N}_4\text{O}_6\text{S}_4$ .....	ABTS Radikali [2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)]
$\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2$ .....	Sodyum Asetat
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ .....	Etanol
..	
$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ .....	Askorbik Asit
$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_5$ .....	Gallik Asit
$\text{Ca}$ .....	Kalsiyum
$\text{CH}_3\text{OH}$ .....	Metanol
$\text{cm}$ .....	Santimetre
$\text{CO}_2$ .....	Karbondioksit
$\text{Cu}$ .....	Bakır
$\text{dk}$ .....	Dakika
$\text{Fe}$ .....	Demir
$\text{g}$ .....	Gram

<b>GHz</b> .....	Gigahertz
<b>h</b> .....	Renk açısı
<b>H<sub>2</sub></b> .....	Hidrojen
<b>HCl</b> .....	Hidroklorik Asit
<b>Hz</b> .....	Hertz
<b>K</b> .....	Potasyum
<b>K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> .....	Potasyum Metabisülfat
<b>K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub></b> .....	Potasyum Persülfat
<b>Kg</b> .....	Kilogram
<b>KHSO<sub>3</sub></b> .....	Potasyum Bisülfat
<b>Km</b> .....	Kuru Madde
<b>L*</b> .....	Parlaklık
<b>LD<sub>50</sub></b> .....	Letal Doz,%50
<b>m</b> .....	Metre
<b>M</b> .....	Molarite
<b>mbar</b> .....	Milibar
<b>mg</b> .....	Miligram
<b>Mg</b> .....	Magnezyum
<b>MHz</b> .....	Megahertz
<b>ml</b> .....	Mililitre
<b>mm</b> .....	Milimetre
<b>mM</b> .....	Milimolar
<b>mV</b> .....	Milivolt
<b>N</b> .....	Normal
<b>N<sub>2</sub></b> .....	Azot
<b>Na</b> .....	Sodyum
<b>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b> .....	Sodyum Karbonat
<b>Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> .....	Sodyum Metabisülfat
<b>Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b> .....	Sodyum Sülfat
<b>NaHSO<sub>4</sub></b> .....	Sodyum Bisülfat

<b>nm</b> .....	Nanometre
<b>O<sub>2</sub></b> .....	Oksijen
<b>P</b> .....	Fosfor
<b>P</b> .....	Gıdada Bulunan Suyun Buhar Basıncı
<b>P<sub>0</sub></b> .....	Saf Suyun Buhar Basıncı
<b>rpm</b> .....	Dakikadaki dönüş miktarı
<b>s</b> .....	Saniye
<b>Se</b> .....	Selenyum
<b>SO<sub>2</sub></b> .....	Kükürt Dioksit
<b>Spp</b> .....	Subspecies
<b>T'g</b> .....	Camsı Geçiş Sıcaklığı Altındaki Sıcaklık
<b>Tg</b> .....	Camsı geçiş sıcaklığı
<b>Zn</b> .....	Çinko
<b>µl</b> .....	Mikrolitre
<b>µm</b> .....	Mikrometre

### Kısaltmalar

<b>ABD</b> .....	Amerika Birleşik Devletleri
<b>ABTS</b> .....	2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)
<b>ADI</b> .....	Kabul Edilebilir Günlük Miktar
<b>AE</b> .....	Askorbik Asit Eşdeğeri
<b>BI</b> .....	Esmerleşme İndeksi
<b>CIE</b> .....	Uluslararası Renk Belirleme Komisyonu
<b>DK</b> .....	Dondurarak Kurutma
<b>DPPH</b> .....	1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)
<b>FAO</b> .....	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
<b>FDA</b> .....	Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi
<b>FRAP</b> .....	Demir indirgeyici Antioksidan gücü metodu
<b>FIC</b> .....	Demir İyonu Şelatlama Aktivitesi

<b><i>GAE</i></b> .....	Gallik Asit Eşdeğeri
<b><i>GRAS</i></b> .....	Generally Recognize As Safe
<b><i>HMF</i></b> .....	Hidroksi Metil Furfural
<b><i>HPK</i></b> .....	Heat Pump Kurutma
<b><i>HPLC</i></b> .....	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
<b><i>İAK</i></b> .....	İndirgen Atmosferik Kurutma
<b><i>IR</i></b> .....	Infrared Radiation/Kızılötesi Işınım
<b><i>KK</i></b> .....	Konvensiyonel Kurutma
<b><i>M.Ö</i></b> .....	Milattan Önce
<b><i>ORAC</i></b> .....	Oksijen Radikal Kapasite Metodu
<b><i>PPO</i></b> .....	Polifenol Oksidaz Enzimi
<b><i>RAD</i></b> .....	Reducing Atmosfer Drying
<b><i>TE</i></b> .....	Troloks Eşdeğeri
<b><i>VMK</i></b> .....	Vakum Mikrodalga kurutma
<b><i>WHO</i></b> .....	Dünya Sağlık Örgütü
<b><i>Ka</i></b> .....	Kuru Ağırlık
<b><i>Ya</i></b> .....	Yaş Ağırlık

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa No</b>
Şekil 1.1. Kurutucu çeşitleri .....	2
Şekil 2.1. Farklı kayısı çeşitlerine ait fotoğraflar.....	10
Şekil 2.2. Kuruma eğrisi.....	20
Şekil 2.3. Kurutucuların sınıflandırılması.....	24
Şekil 2.4. Güneşte kurutulan kayısılar.....	25
Şekil 2.5. Vakumda kurutma odası.....	29
Şekil 2.6. Dondurarak kurutulmuş kayısı.....	31
Şekil 2.7. Püskürtmeli kurutucuların genel ekipman konfigürasyonu.....	33
Şekil 2.8 .Mikrodalga fırınların genel konfigürasyonu.....	36
Şekil 2.9. Ozmotik kurutma sırasında meyve ve sebzelerdeki kütle transferi.....	39
Şekil 2.10. Isı pompalı kurutucuların şematik diyagramı.....	42
Şekil 2.11. Akışkan yatak kurutucuların genel çalışma prensibi.....	44
Şekil 2.12. Enzimatik esmerleşme reaksiyonu.....	50
Şekil 2.13. Farklı Kurutma Tekniklerinin Pancarın Tekstürü Üzerine Etkisi.....	53
Şekil 2.14. Rehidrasyon öncesi ve sonrası sebzeler.....	55
Şekil 2.15. Gıda ürünlerine ait bazı ortak duyuşsal özellikler.....	65
Şekil 2.16. Gün Kurusu Üretimi.....	66
Şekil 2.17. Esmerleşme reaksiyonunda sülfidlerin indirgeyici ajan olarak aktiviteleri.....	68
Şekil 2.18. Kükürlü kuru kayısı üretimi.....	70
Şekil 3.1. Materyal olarak kullanılan kayısıya ait fotoğraflar.....	72
Şekil 3.2. İndirgen atmosferik kurutma (İAK) sistemi şematik diyagramı.....	75
Şekil 3.3. İndirgen atmosferik kurutma (İAK) sistemine ait fotoğraf.....	76
Şekil 3.4. Ön denemelerde uygulanan ekstraksiyon işlemleri.....	80
Şekil 4.1. Taze ve 6 farklı şekilde kurutulmuş (Liyofilize, İAK <sub>MİKS</sub> , İAK <sub>AZOT</sub> , İAK <sub>HAVA</sub> , Fırın ve Vakum) Şalak kayısı çeşidine ait fotoğraflar.....	87
Şekil 4.2. Taze ve 6 farklı şekilde kurutulmuş (Liyofilize, İAK <sub>MİKS</sub> , İAK <sub>AZOT</sub> , İAK <sub>HAVA</sub> , Fırın ve Vakum) Hacihaliloğlu kayısı çeşidine ait fotoğraflar.....	90
Şekil 4.3. Hacihaliloğlu kayısı çeşidine ait DPPH analizi sonuçları.....	92
Şekil 4.4. Hacihaliloğlu kayısı çeşidine ait ABTS analizi sonuçları.....	98
Şekil 4.5. Hacihaliloğlu kayısı çeşidine ait toplam fenolik madde miktarı	102

sonuçları.....

**Şekil 4.6.** Hacihaliloğlu kayısı çeşidine ait toplam flavonoid miktarı  
sonuçları.....

108





## ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
<b>Çizelge 2.1.</b> Taze kayısının besinsel içeriği.....	13
<b>Çizelge 2.2.</b> Kurutma sırasında gıdaların kalitesini etkileyen faktörler.....	47
<b>Çizelge 2.3.</b> Kurutma esnasında renkte meydana gelen değişikliklerle ilişkilendirilen faktörler.....	51
<b>Çizelge 2.4.</b> Kurutma sırasında besinsel bileşiklerde meydana gelen bazı değişimler.....	59
<b>Çizelge 2.5.</b> Bazı sülfid tuzlarına ait teorik SO <sub>2</sub> verimi ve sudaki çözünürlükleri....	67
<b>Çizelge 2.6.</b> Kurutmalık kayısı çeşitlerinden bazılarında kullanılması gereken kükürt miktarı ve kükürtleme süresi.....	71
<b>Çizelge 3.1.</b> Çalışmalarda kullanılmış olan kimyasalların adı, formülü ve markası..	73
<b>Çizelge 3.2.</b> Çalışmalarda kullanılmış olan cihazların adı ve marka/modeli.....	77
<b>Çizelge 3.3.</b> İndirgen atmosferik kurutma (İAK) sisteminde kullanılan 3 farklı kurutma atmosferi.....	79
<b>Çizelge 3.4.</b> İAK sisteminin her birinde harcanan gaz ve enerji miktarı.....	79
<b>Çizelge 4.1.</b> Taze ve 6 farklı yöntemle (liyofilize, İAK <sub>MİKS</sub> , İAK <sub>AZOT</sub> , İAK <sub>HAVA</sub> , fırın ve vakum) kurutulmuş Şalak kayısına ait fotoğraflar ile L*, a* ve b* değerleri.....	86
<b>Çizelge 4.2.</b> Taze ve 6 farklı yöntemle (liyofilize, İAK <sub>MİKS</sub> , İAK <sub>AZOT</sub> , İAK <sub>HAVA</sub> , fırın ve vakum) kurutulmuş Hacihaliloğlu kayısına ait L*, a* ve b* değerleri.....	89
<b>Çizelge 4.3.</b> Farklı Kayısı Çeşitlerine Ait DPPH Serbest Radikal Süpürücü Gücü Analiz Sonuçları.....	94
<b>Çizelge 4.4.</b> Farklı kayısı çeşitlerine ait ABTS serbest radikal spürücü gücü analiz sonuçları.....	99
<b>Çizelge 4 5.</b> Farklı kayısı çeşitlerine ait toplam fenolik madde miktarı.....	104
<b>Çizelge 4.6.</b> Antioksidan aktivitesi (DPPH/ABTS), toplam fenolik ve toplam flavonoid madde miktarı arasındaki korelasyon.....	109

## 1. GİRİŞ

Gıda muhafazası alanında kurutma, konserveleme, dondurma, tuzlama ve radyasyon uygulaması gibi çok çeşitli muhafaza yöntemleri kullanılmaktadır. Kurutma, bunlar arasında en eski, en ucuz ve en yaygın kullanılan gıda muhafazası yöntemidir. Tahıllar, et -et ürünleri ve meyve – sebze gibi birçok gıda ürünü kurutularak muhafaza edilmektedir (Corrêa *et al.*,2012). Kurutma, bir dizi değişikliğe sebep olan ısı ve kütle transferini içeren bir işlemdir (Lutz *et al.*, 2015). Taze gıda ürünlerinin sahip olduğu nem içeriği, tahıllarda %25-35 gibi düşük, bazı meyvelerde ise %90 gibi yüksek düzeylerde bulunarak geniş bir dağılım gösterdiğinden, kurutmadaki amaç; gıdaların sahip olduğu bu nem içeriğini daha düşük değerlere çekmek, dolayısıyla ortamdaki su aktivitesini ( $a_w$ ) belirli bir değer altına indirmek suretiyle, ürünü mikrobiyolojik, kimyasal ve enzimatik bozulmalara karşı dayanıklı hale getirmektir (Corrêa *et al.*, 2012; Demiray and Tulek, 2012).

Kurutma işlemi, gıda prosesi alanında önemli bir rol oynamakta ve kurutmanın önemi sadece gıdayı muhafaza etmek değil; aynı zamanda paketleme ve taşıma maliyetini de düşürmektir (Santos and Silva, 2009). Bu yüzden, kuru gıdaların işleme, paketleme, taşıma ve depolama maliyeti; konserveleşmiş ve dondurulmuş gıdalara nazaran çok daha düşüktür (O’Neill *et al.*, 1998).

Teknik literatürde 500’den fazla kurutucu çeşidi bildirilmiş olsa da bunların yaklaşık 100 çeşidi ticari olarak kullanılmakta (Mujumdar and Law, 2010) ve dört grup altında toplanmış olan bu kurutucular Şekil 1.1 ‘de gösterilmektedir (Fernandes *et al.*, 2011).

Kuru gıdalar ile ilişkilendirilen kalite parametreleri renk; şekil; tat; mikrobiyal yük; besinsel öge miktarı; gözenek yapısı; tekstür; rehidrasyon özelliği; su aktivitesi; böcek ve diğer kontaminantları içermemesi ve içerdiği koruyucular olarak sıralanabilmektedir (Sablani, 2006). Fakat kurutma mekanizması oldukça kompleks bir olay olduğundan; esmerleşme, büzüşme, besinsel öge kaybı gibi ürün kalitesini olumsuz etkileyen ve arzu edilmeyen sonuçlar doğurmaktadır (Hawlder *et al.*, 2006b). Tüketiciler ise daha iyi kalitede ve besinsel değeri daha yüksek ürün talebinde bulunmakta; kanser, arterioskleroz, baskılanmış immün sistem ve katarakt gibi

hastalıkları engellemeleri sebebiyle özellikle gıdalarda bulunan antioksidanlara (karotenoidler, tokoferoller, C vitamini... vs.) son derece ilgi göstermektedir. Fakat geleneksel yöntemlerin (konvensiyonel), kurutma sırasında genellikle yüksek sıcaklık ve kurutma ortamı olarak hava kullanması sebebiyle yüksek kalitede ürün elde edilmesi oldukça güç bir hal almaktadır (Sablani, 2006; Santos and Silva, 2009).

Kurutma Stratejisi	Kurutma Ortamı	Taşınma Şekli	Isının Aktarım Şekli
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dondurarak kurutma</li> <li>• Vakum Kurutma</li> <li>• Püskürmeli Kurutma</li> <li>• Kesikli Kurutma</li> <li>• Pulse Combustion Kurutma</li> <li>• Impinging Stream Kurutma</li> <li>• Cyclic Pressure Kurutma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sıcak Hava İle Kurutma</li> <li>• Güneşte Kurutma</li> <li>• Süperısıda Buhar İle Kurutma</li> <li>• Heat Pump Kurutma</li> <li>• İnert Atmosferde Kurutma</li> <li>• Süperkritik Akışkan Kurutma</li> <li>• Sorpsiyon Kurutma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tepside Kurutma</li> <li>• Tamburlu Kurutma</li> <li>• Packed Bed Kurutma</li> <li>• Akışkan Yatakta Kurutma</li> <li>• Musluklu Yatakta Kurutma</li> <li>• Titreşimli Yatakta Kurutma</li> <li>• Jet Zone Kurutma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taşınım</li> <li>• İletim</li> <li>• Radyasyon</li> <li>• Mikrodalga</li> <li>• Yüksek Elektrik Alan</li> </ul>

**Şekil 1.1.** Kurutucu çeşitleri

Kurutma işlemi esnasında kullanılan yüksek sıcaklık, kalite kaybının temel sebeplerinden biridir (Sagar and Suresh Kumar, 2010). Çünkü meyve ve sebze gibi birçok gıda; su, karbonhidrat, protein ve lipid fraksiyonlarından oluştuğundan, bu bileşikler yüksek ısının uygulandığı kurutma koşullarında kolaylıkla değişip gıda kalitesinde kayıplara sebep olmaktadır (Hawlder *et al.*, 2006a). Santos and Silva (2009), sıcaklığın C vitamini üzerine etkisine yönelik yaptıkları bir araştırmada, yaklaşık % 46-47 nem içeriğine sahip kuru gıdalardaki C vitamini kaybının, 80°C 'de yaklaşık %62 düzeyinde iken; 110 °C' de yaklaşık %100 olduğunu tespit etmiştir.

Sıcak hava ile kurutma esnasında, havada bulunan oksijen ise; gıdalarda enzimatik ve enzimatik olmayan (Maillard) reaksiyonlar sonucu meydana gelen esmerleşmeye sebep olmakta ve genellikle gıdaların renk, tat, tekstür ve besinsel özelliklerini değiştirerek duyuşal özelliklerini etkilemektedir (Hawlder *et al.*, 2006; Liu *et al.*, 2014). Renk, bu kapsamda tüketicilerin kuru gıdaları seçmesinde etkili olan temel parametrelerden biri olduğundan; gıda üreticileri, ürünlerini daha kaliteli kılmak için rengin fiziksel etkisini kullanmaktadır. Birçok araştırma da, rengin gıdanın kabulü ve

tercihini direkt veya dolaylı olarak etkilediğini göstermektedir (Waliszewski *et al.*, 2000; Ihns *et al.*, 2011). Bu sebeple renkte meydana gelen esmerleşme reaksiyonları, tüketicinin tercihini olumsuz yönde etkilemektedir.

Polifenol oksidaz (PPO) grubu enzimler; kahverengi pigment oluşturmak üzere fenolik bileşiklerin oksidasyonunu katalizleyerek enzimatik esmerleşmeye sebep olmaktadır (Whitaker and Lee, 1995). Fenolik bileşikler; meyve ve sebzelerin rengi, acılığı, tadı ve besinsel kalitesi gibi özelliklerinden sorumlu olmakla birlikte, yüksek antioksidant aktivitesine sahip oluşu sebebiyle insan sağlığı üzerinde de faydalı etkilere sahiptir (Holderbaum, 2010). Bitki hücrelerinde bulunan fenolik bileşikler vakuoller içinde yer alırken, polifenol oksidaz enzimi plastidler içerisinde yer almaktadır (O'Neill *et al.*, 1998). Fakat dokunun dilimleme, kesme ve püre haline getirme gibi işlemlerle zarar görmesi sonucu fenoller, o-benzokinonlara ve daha sonra enzimatik olmayan bir aşama sonucu melanin adlı kahverengi pigmentlere okside olmaktadır (Whitaker and Lee, 1995).

Meyve sektöründeki kayıpların %50'den fazlasının enzimatik esmerleşme sonucu meydana geldiği tahmin edilmekte ve bu nedenle enzimatik esmerleşmenin önlenmesi oldukça önemli bir yer tutmaktadır. PPO enzim aktivitesi; enzimin ısı ile inaktivasyonu, substratlardan (oksijen ve fenolik bileşikler) birinin veya tümünün uzaklaştırılması, pH'nın 2 veya optimum enzim pH'sının altına düşürülmesi, PPO'yu inhibe eden veya melanin oluşumunu engelleyen bileşiklerin ilavesi ile engellenebilmektedir (Whitaker and Lee, 1995; Holderbaum, 2010).

Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) ve sülfidler; genellikle sodyum sülfat (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), sodyum bisülfat (NaHSO<sub>4</sub>) ve sodyum metabisülfid (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), uzun yıllardan beri gıda endüstrisinde polifenoloksidaz enziminin kimyasal inhibitörleri olarak kullanılmaktadır. Sülfürdioksit gaz halinde, sülfidler ise seyreltik sulu çözeltileri olarak uygulanabilmektedir. Bu avantajlarına karşın, gıdalarda kullanımları sonucunda arzu edilmeyen tat ve kokuya ya da gıdanın doğal renginde açılmaya sebep olabilmektedir. Ayrıca, bu bileşikler yüksek seviyede toksik olmalarının yanı sıra B vitaminini de olumsuz şekilde etkilemektedir. Birçok dezavantajı beraberinde getirmesine rağmen, etkinliğinin yüksek ve maliyetinin ise düşük olması nedeniyle çok geniş kullanım alanına sahiptir (Wedzicha, 1984).

PPO aktivitesini azaltmak amacıyla farklı bir yol olarak; düşük oksijen koşulları altında, inert atmosfer şartlarında uygulanan işlemlerde, oksidatif etkiler azaltılarak meyve ve sebze gibi gıda maddelerinin besinsel değerleri sürdürülebilmektedir (Ramesh *et al.*, 1999). Bu kapsamda; ısı pompalı kurutma diğer adıyla *heat pump kurutma* (HPK) tekniği, birçok farklı gıda çeşidinde başarıyla uygulanmıştır (Jangam, 2011). Soğutma ve kurutma sistemleri olmak üzere; iki alt sistemden oluşan ısı pompalı kurutma tekniğinin, sistemden çıkan havanın tekrardan kullanımını olanaklı kılan kapalı bir sistem olması sebebiyle; geleneksel kurutma teknikleriyle aynı sıcaklıkta kullanıldığında % 60-70 daha az enerji harcadığı da bildirilmektedir (Colak and Hepbasli, 2009b; Kivevele and Huan, 2014).

Ramesh *et al.*, (1999), inert atmosfer altında yapılan kurutma ile daha yüksek kuruma oranının elde edildiğini, kütle ve ısı transferinin daha hızlı gerçekleştiğini belirtmektedir. Hawlader *et al.*, (2006a), farklı kurutma teknikleriyle zencefilde meydana gelen 6-gingerol kaybını karşılaştırmak için; normal ve modifiye atmosfer [azot (N<sub>2</sub>) ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>)] koşullarında heat pump kurutma, vakum ve dondurarak kurutma tekniklerini uygulamış ve modifiye atmosferin normal atmosfere kıyasla difüzyon etkinliğini arttırdığını ve 6-gingerol'ün üründe daha yüksek düzeyde kaldığını tespit etmiştir.

Ramesh *et al.*, (2001), biberin kurutulmasında kullanılan N<sub>2</sub> gazının etkilerini araştırmış ve kalite parametreleri olarak kırmızı renk yoğunluğu, tokoferol, karotenoidler ve C vitamini üzerinde çalışmıştır. Santos and Silva, (2009) ise; sadece C vitamininin, atmosfer değişikliğinden belirgin şekilde etkilendiğini tespit etmiştir.

Erenturk *et al.*, (2005), farklı oranlardaki hava-CO<sub>2</sub> karışımını kuşburnu meyvesine uygulamış ve en yüksek kaliteye saf CO<sub>2</sub> ile kurutulan meyvelerde rastlamıştır. Diğer yandan oksijen (O<sub>2</sub>) konsantrasyonunda meydana gelen artış ile C vitamini miktarının azaldığı; CO<sub>2</sub> ile kurutulan örneklerde tespit edilen C vitamini miktarının ise N<sub>2</sub> ile kurutulandan biraz daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır (Santos and Silva, 2009).

Perera and Rahman, (1997) hassas bileşikler içeren gıda ürünlerinin kurutulması sırasında ortam atmosferi olarak N<sub>2</sub> kullanıldığında, oksidatif reaksiyonların olmadığını

bildirmiştir. Bunun dışında, CO<sub>2</sub> ve N<sub>2</sub>'nin esmerleşme, büzüşme ve hızlı rehidrasyon işlemini azalttığı da belirtilmektedir (Dounporn *et al.*, 2012).

Kurutma alanında şu ana kadar herhangi bir şekilde kullanılmamış olan Hidrojen (H<sub>2</sub>) gazı; gıda endüstrisinde margarin üretiminde, gıda standartları organizasyonları tarafından, E 949 kodu ile itici gaz kategorisinde gıda katkı maddesi olarak onaylanmıştır (Alwazeer *et al.*,2003). Hidrojenin havada alev alabilirlik düzeyinin %4 ile %75 (v/v); normal sıcaklık ve atmosfer şartlarında patlayabilme sınırının ise %18,3 ile %59 (v/v) arasında olduğu bildirilmektedir (Crowl and Jo, 2007; Najjar, 2013). Yapılan bir araştıma, N<sub>2</sub> ile seyreltilmiş hidrojenin, normalleştirilmiş kütle yanma oranını ve alev alma indeksini; dolayısıyla hidrojenin patlama riskini düşürdüğünü göstermektedir (Tang *et al.*, 2009). Hidrojen, suda çözünürlük değeri (20 °C ve 1 atm'de 1,57 mg/l) çok düşük olmasına karşın; çok düşük molekül ağırlığı ve hafif olması sebebiyle oldukça yüksek difüze olabilme özelliğine sahiptir. Bunun dışında sağlık alanında terapötik tıbbi gaz olarak geçen hidrojenle alakalı birçok çalışma yürütülmekte ve solunum terapisi alanında kullanılmaktadır. Ayrıca günümüzde hidrojenli su üretimi de söz konusudur (Anonymous, 2019).

Bu tez kapsamında, bahsi geçen modifiye atmosfer kurutma proseslerinden farklı olarak, indirgen gaz (hidrojen/H<sub>2</sub>) içeren bir gaz karışımının (CO<sub>2</sub> ve/veya N<sub>2</sub> ve/veya H<sub>2</sub>) kullanımına dayanan ve HPK sistemine benzer laboratuvar şartlarında tasarlanarak yapılmış olan bir kurutucudan meydana gelen İndirgen Atmosferik Kurutma (İAK) adında dünyada ilk defa uygulanmış yeni bir kurutma tekniği ele alınmıştır. İAK tekniği, kayısı meyvesinin kurutulmasında kullanılmış ve bu tekniğin kayısıya ait belirli kalite parametreleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

Bu yeni kurutma tekniği ile amaçlanan kalemeler şu şekildedir:

- Kurutma atmosferinin modifiye edilmesinde kullanılan azot (N<sub>2</sub>) ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gibi gazlara ek olarak ilk defa indirgen gaz (H<sub>2</sub>) kullanımı ile; gıdanın kendi bünyesinde bulunan oksijen de dahil olmak üzere, ortamdaki oksijen, serbest radikaller ve diğer oksidant maddelerin indirgenmesiyle; daha önce tek veya kombinasyon halinde çalışılmış olan

azot (N<sub>2</sub>) ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gazlarından daha etkili sonuçlar elde etmek,

- Daha yüksek duyusal ve besinsel kalitede kuru ürün elde edebilmek,
- Esmerleşme reaksiyonlarının sebep olduğu renk kayıplarını, sülfür bileşikleri gibi sağlığı olumsuz etkileyen koruyucular kullanmadan önleyebilmek,
- Vitamin, antioksidanlar, pigmentler gibi besinsel öge kaybını en aza indirmek,
- Kurutucunun kapalı bir sistem olarak geliştirilmesiyle, gaz karışımını sisteme sürekli beslemek yerine belli zaman aralıklarıyla besleyerek enerji verimini arttırmaktır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Kayısı

#### 2.1.1. Kayısının sistematığı

Kayısının sistematığı şu şekildedir (Akin, 2006; Güçlü *et al.*, 2006; Cengiz, 2011; Topal, 2012):

Takım: *Rosales*

Familya: *Rosaceae*

Alt Familya: *Prunoidae*

Cins: *Prunus*

Alt Cins: *Prunophora*

Tür: *Prunus armeniaca L.*

#### 2.1.2. Kayısının kökeni ve tarihçesi

Kayısının bilimsel adından (*Prunus armeniaca L.* veya *Armeniaca vulgaris Lam.*) yola çıkılarak anavatanının başlangıçta Ermenistan olduğu düşünülse de, sonradan yapılan araştırmalar sonucu ulaşılan yazılı kayıtlarda, anavatanının Çin ve Asya arasında kalan bölge olduğu tespit edilmiştir. Günümüzde Çin'in kuzey ve kuzeydoğu dağlık alanları, Sinkiang bölgesinde yer alan Tiyan-Şan ve Altay Dağları, Orta Asya ve Mançurya'yı da içine alan oldukça geniş bir bölgede kayısı yetiştirilmektedir (Kılınç, 2010; Şener, 2012). Büyük İskender'in M.Ö. 330–323 yılları arasında gerçekleştirdiği Asya Seferleri sırasında; kayısı, İran ve Transkafkaslar üzerinden ilk olarak Anadolu'ya getirilmiş ve kayısı yetiştiriciliğine uygun coğrafi koşullara sahip olması nedeniyle Anadolu, kayısının ikinci anavatanı haline gelmiştir. M.Ö. 1. yüzyıla gelindiğinde ise Roma ve Pers savaşları esnasında Ermeni tüccarlar aracılığıyla önce İtalya'ya sonra da Yunanistan'a götürülmüştür. Kayısının bu bölgelerden diğer Avrupa ülkelerine geçişi uzun zaman almış olsa da; 13. yüzyılda İspanya ve İngiltere, 17. Yüzyılda ise Fransa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde yetiştiriciliğine başlanmıştır (Kılınç, 2010; Uçar, 2011). Genel tabloya bakıldığında; Çin, Orta Asya ve Yakın Doğu olmak üzere kayısının üç gen merkezi bulunduğu görülmektedir (Asma, 2000).



Dünyada *Prunus armeniaca*, *Prunus brigantiaca* (Briancon kayısı- Alperiği), *Prunus mume* (japon kayısı), *Prunus mandshurica* (Mançurya kayısı), *Prunus holosericea* (Tibet kayısı), *Prunus dasycarpa* (siyah ve mor kayısı) olmak üzere ıslahı yapılan 6 tür kayısı bulunmaktadır (Cengiz, 2011; Otlu, 2016).

Kayısı meyvesi; açık sarıdan turuncuya uzanan (açık sarı, sarı, turuncu, koyu turuncu, kırmızı, beyaz ve yeşil) geniş bir renk çeşitliliğine sahip olsa da, genellikle sarı ve turuncu renkli, sert çekirdekli ve tüylü bir meyve çeşidi olarak ön plana çıkmaktadır (İhns *et al.*, 2011; Yılmaz, 2015). Kayısı, kolay bozulabilen bir meyve olması sebebiyle, hem oda sıcaklığında hem de soğuk koşullarda kısa hasat dönemine ve sınırlı depolama süresine sahiptir. Öyleki, sıcaklığın 1°C gibi düşük ve bağıl nemin %90–95 gibi yüksek olduğu koşullarda bile, yaklaşık 2-3 hafta raf ömrü vardır (İspir and Toğrul, 2009; Mir *et al.*, 2009).

Kayısı, meyve şekillerine göre; küçük meyveli ve büyük meyveli kayısılar, kullanım amaçlarına göre ise sofralık kayısı kurutmalık kayısı) ve sanayi tipi (konservelik) kayısı olmak üzere gruplandırılmaktadır (Asma, 2000).

Fransa, İspanya, İtalya, Macaristan ve Yunanistan taze kayısı ihracatçısı ülkeler olarak yerini alırken; Türkiye, Avustralya, İran ve Orta Asya ülkeleri ise daha çok kuru kayısı ihracatı yapmaktadır. Güney Afrika, Çek Cumhuriyeti, Bulgaristan ve Romanya konservelik kayısı ihracatı yaparken, ABD ise Avrupa kıtasına kuru kayısı ve konserve ihraç etmektedir (Ardıç, 2014).

### **2.1.3. Ülkemizde yetiştirilen bazı önemli kayısı çeşitleri**

Türkiye, dünyanın en büyük kayısı üreticisi olmakla birlikte, birçok farklı bölgesinde kayısı ağaçlarına rastlanmaktadır. Kayısı, ülkemizde genellikle bağ ikliminin hâkim olduğu yerlerde yetiştiriliyor olsa da bazı çeşit ve tipleri subtropik iklim şartlarında da yetişebilmektedir. (Şener, 2012).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) 2012 yılında elde ettiği verilere göre; Türkiye 795 768 milyon ton kayısı üretimi ile üretim sıralamasında ülkeler arasında birinci sıraya yerleşerek dünyadaki toplam kayısı üretiminin % 20,11'ine katkıda bulunmuştur (İncedayı *et al.*, 2016).

Ülkemizde hem üretim hem de dışsattım kapasitesi yönüyle ekonomik açıdan önemli bir yere sahip olan ve sevilerek tüketilen kayısının, dünya kuru kayısı üretiminin yaklaşık % 80-85'inin yapıldığı ülkemizde en çok yetiştirildiği bölgeleri şu şekilde sıralayabiliriz (Asma, 2000).

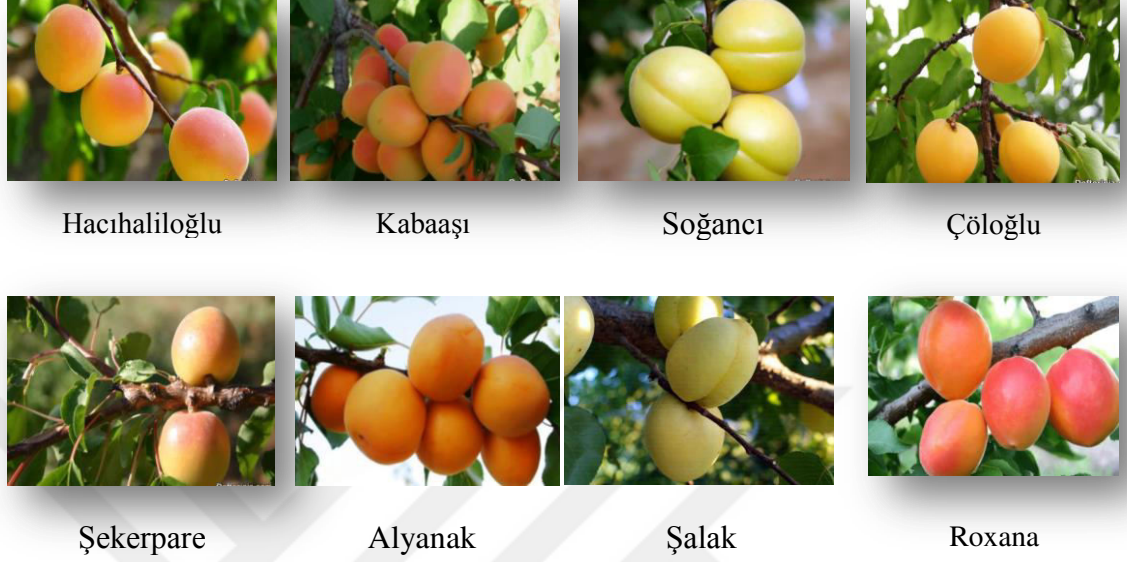
- a) Malatya Bölgesi: (Malatya-Elazığ –Erzincan-Sivas)
- b) Kars-Iğdır Bölgesi
- c) Akdeniz Bölgesi,
- d) Marmara Bölgesi,
- e) İç Anadolu Bölgesi, Ege Bölgesi

Tüm ülkede üretilen kuru kayısının % 90'ını karşılayan Malatya ilinin; Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) 2013 verilerine göre Türkiye'de 14 milyon kayısı ağacından üretilen 780.000 ton kayısının yaklaşık 420.000 tonu ile ülkemizdeki üretimin %50'sinden fazlasını, dünya kayısı üretiminin ise yaklaşık %10'unu da tek başına karşıladığı elde edilmiştir (Akin *et al.*, 2008; Otlu, 2016). Malatya iline ait iklim, toprağın yapı ve içeriği ile diğer tüm çevre koşulları; yüksek kuru madde ve şeker içeriğine sahip kaliteli kayısı üretimine olanak sağladığından bu bölgede yetişen kayısılar özellik ve kalite bakımından da önemli bir yer tutmaktadır (Akin *et al.*, 2008). Malatya kayısı 2007 yılında Türk Patent Enstitüsü tarafından, Avrupa Birliği'nde ise, 7 Temmuz 2017 tarihli ve L 174/1 sayılı AB Resmi Gazetesi'nde coğrafi işaret ile tescil edilmiştir (Anonim, 2007, 2018b).

Malatya kayısını diğer kayılardan ayırt eden en önemli özellik olan kurumadde oranı; Malatya kayısında %24-30, diğer kayılarda ise %18-20 değerleri arasında yer almaktadır. Bunun dışında, vitamin (A1, B1, B2, C), mineral madde, enerji ve protein içeriği bakımından ülkemizde yetişen diğer kayılara nazaran çok daha zengin olduğu belirtilmektedir (Akin, 2006).

Ülkemizde yetiştirilmekte olan kayısılar, kullanım amaçlarına göre, sofralık kayısı (Ninfa, P.Tyrinthe, Piriana, Hasanbey, Tokaloğlu, Çağataybey, Şalak, Şekerpare, Alyanak, Roksana, P.Colomer.); kurutmalık kayısı (Hacıhaliloğlu, Çataloğlu, Soğancı) ile konserve ve meyve suyu üretimi amacıyla kullanılan sanayi tipi kayısı (Royal, Tilton, Luziet, Patterson) olarak sınıflandırılmaktadır (Topal, 2012).

Bu kayısı çeşitlerinden bazılarının ait fotoğraflara Şekil 2.1’de yer verilmektedir.



**Şekil 2.1.** Farklı kayısı çeşitlerine ait fotoğraflar

### 2.1.3.1. Kurutmalık kayısı çeşitleri

Hacihaliloğlu: Malatya ilinde yetiştirilen en önemli kurutmalık kayısı çeşidi olan hacihaliloğlu, Malatya’daki kayısı ağacının yaklaşık % 73’ünü oluşturmaktadır (Gezer *et al.*,2003; Kartalkanatlı, 2014). Bu kayısı çeşidinin, 1900’lü yılların başında Malatya’daki Hacı Haliloğlu çiftliğinde bir seleksiyon sonucu bulunduğu düşünülmektedir (Görünmezoğlu, 2008). Meyvelerin, olgunlaşma dönemi Malatya’da Temmuz ayının ikinci haftasıdır (Çelebi, 2011). Ağaçları yüksek, güçlü, hızlı gelişen ve geniş dalları olan bu kayısı çeşidi, verimli ve sulanabilen arazilerde her yıl ürün verebilme potansiyeline sahip olmakla birlikte; dona, kurağa, monilya ve çil hastalıklarına karşı duyarlıdır (Gezer *et al.*, 2003; Aslan, 2013;). Meyve rengi, şekli, ağırlığı, briks değeri ve ağaç verimi açısından geniş çeşitliliğe sahip olsa da; genellikle meyveleri orta irilikte, 25-35 g ağırlığında, oval veya simetrik şekilli; sarı renkli, sert dokulu ve kırmızı yanak oluşturmaya meyillidir (Abacı, 2004; Aslan, 2013). Ayrıca briks değeri, % 24-28 değerleri arasında, yer almaktadır. (Şener, 2012).

Kabaası: Malatya ilinde Hacihaliloğlu çeşidinden sonra en fazla yetiştirilen kayısı çeşidi olan Kabaası, 1970’li yıllarda yapılan bir seleksiyon çalışması sonucunda tespit edilmiş olan kurutmalık bir kayısı çeşididir (Asma, 2000). Hacihaliloğlu’na

benzer fakat ortalama 30-40 g ağırlığıyla daha iri, oval şekilli, tatlı, sert dokulu ve sarı renkli meyveleri vardır. Briks değeri %24-26 arasındadır. Çekirdeği tatlı, oval şekilli ve meyve etine yapışık değildir (Şener, 2012; Topal, 2012; Aslan, 2013). Olgunlaşma döneminin temmuz ayının ortaları olduğu bildirilmektedir (Akin, 2006).

Soğancı: Kurutmalık ve sofralık olarak tüketilen ve Soğanoğlu olarak da adlandırılan bu kayısı çeşidinin; iri, dik-yayvan şekilli ve orta düzeyde verimli olan ağaçları vardır (Akin, 2006; Topal, 2012). Meyveleri 28-38 g ağırlığında, yuvarlak şekilli, tatlı, sarı renkli, sert dokulu olmakla birlikte, briks değeri %23-26 arasındadır, (Aslan, 2013). Malatya bölgesinde Temmuz ayının ikinci haftasında olgunlaştığı belirtilmektedir (Asma, 2000).

Çataloğlu: Malatya bölgesinin kurutmalık kayısı çeşitlerinden bir diğeri olan Çataloğlu'nun ağaçlarının verimli, meyvelerinin ise orta büyüklükte, yaklaşık 25-35 g ağırlığında, oval şekilli ve sarı renkli olduğu bildirilmektedir. (Aslan, 2013). Hacihaliloğlu çeşidine görsel açıdan oldukça benzemekle beraber daha parlak görümlü olan bu kayısı çeşidinin, Malatya'da Temmuz ayının ortalarında olgunlaştığı bilinmektedir (Akin, 2006).

### **2.1.3.2. Sofralık kayısı çeşitleri**

Hasanbey: Malatya'da Temmuz ayının birinci haftasında olgunlaşan hasanbey kayısı çeşidi, yüksek briks değerine sahip olduğundan başlangıçta kurutmalık kayısı olarak değerlendirilmiş ancak turfanda, iri meyveli ve dayanıklı olması sebebiyle son yıllarda sofralık olarak da tüketilmeye başlanmıştır (Abacı, 2004; Kartalkanatlı, 2014). Ağaçlarının verimliliği orta düzeyli olup; meyveleri kalp şeklinde, büyük, gösterişli, 40-55 g ağırlığında, sert dokulu, tatlı ve sarı renklidir (Aslan, 2013). Briks değeri %18-22; pH 4,9-5,1 ve toplam asitliği ise %0,10-0,20 arasında değişen meyve öteki kayısı çeşitlerine nazaran erkencidir (Abacı, 2004).

Şalak (Aprikoz): Iğdır ve Kağızman bölgesinin sofralık kayısı çeşidi olan ve Ermenistan'da Erevani olarak adlandırılan Şalak'ın kökeni kesin olarak bilinmemektedir. Belirgin şekilde simetrik, eliptik, büyük, ağırlığı 50-60 g arasında değişen, tatlı ve orta sertlikte meyvelerdir. Erkenci ve meyveleri Malatya koşullarında Haziran ayının son haftasında olgunlaşmaya başlayan bu kayısı çeşidinin briks değeri %

17-20; pH 4,4-4,8 ve toplam asitliği % 0,30-0,50 değerleri arasında yer almaktadır (Çimen, 2007; Topal, 2012).

Şekerpare: Ülkemizde birçok bölgede yetiştirilmekte olan tatlı bir kayısı çeşididir. Malatya ili koşullarında Temmuz ayının birinci haftası olgunlaşmaya başlayan meyveleri ufak, 25-30 g ağırlığında, oval şekilli, sarı renklidir (Aslan, 2013). Meyve kabuğu paslı ve beneklidir. Briks değeri % 20-25; pH 4,1-5,2 ve toplam asitliği ise % 0,20-0,30 değerleri arasındadır (Çimen, 2007).

Çöloğlu: Malatya bölgesinde yetişen Çöloğlu, hem sofralık olarak tüketime hem de reçel yapımına ve kurutulmaya elverişli bir kayısı çeşididir (Kartalkanatlı, 2014). Güzel aromaya sahip ve ağızda güzel tat bırakan bu çeşidin meyveleri, ortalama 25-35 g ağırlığında, çok tatlı ve yumuşak dokuludur. (Topal, 2012; Kartalkanatlı, 2014;).

#### **2.1.4. Kayısının besin değeri ve insan sağlığı açısından önemi**

Diğer meyvelerde olduğu gibi günlük enerji ve protein ihtiyacını çok az karşılayan kayısının kimyasal yapısı incelendiğinde yaklaşık olarak %17 karbonhidrat, %80 nem, %0,65 kül ve %1,28 selüloz içermekle birlikte; 11 ayrı kayısı çeşidinin ortalama 71 kcal enerji sağladığı tespit edilmiştir (Sarıbaş, 2007; Cengiz, 2011). Başka bir araştırmaya göre ise taze kayısının besinsel içeriğine ait ortalama değerler farklılık göstermekte ve Çizelge 2.1’de verilmektedir (Fратиanni *et al.*, 2018).

pH değeri 3-4 arasında olan taze kayısı 9 farklı şeker, 18 serbest aminoasit içermektedir. Miktarı çeşitliliğine ve yetiştirildiği coğrafi bölgeye bağlı olmakla birlikte, Zn, Ca, Cu, Fe, Mg, Na, Mn, P ve K kaynağı olan kayısının temel mineral içeriğini potasyum ve demir mineralleri oluşturmaktadır (Abacı, 2004; Çelebi, 2011; İncedayı *et al.*, 2016). Bu kapsamda, sodyum düzeyi düşük, potasyum düzeyi ise yüksek olan kayısının kan basıncını düzenleyici etkisi olduğu ve sodyumun kısıtlanmış olduğu diyetlerde rahatlıkla kullanılabilceği bildirilmekte; potasyum yetersizliğine sebep olan durumlarda da, potasyumca zengin olan kayısı diyetlerde arttırılabilmektedir (Yılmaz, 2015).

Kayısı, zengin lif ve değişen oranlarda vitamin (A ve C vitamini, tiyamin, riboflavin, niasin, pantotenik asit, B6 vitamini, folik asit...), karotenoid ve polifenol gibi fitokimyasallar içermektedir. Bu fitokimyasallar kayısının lezzet, renk ve besin

değerine önemli düzeyde katkıda bulunmaktadır (Jiménez *et al.*, 2008; Mir *et al.*, 2009; Şener, 2012; Topal, 2012; Yılmaz, 2015). Kayısı, mevsimle doğrudan ilişkili olmayan önemli miktarda askorbik asit (C vitamini) içermekte ve askorbik asit miktarı meyvenin olgunlaşma periyoduyla kısmen bağlantılı olmaktadır (Çelebi, 2011). Kayıların toplam fenolik madde içeriği üzerinde çalışmış olan bazı araştırmacılar; bu meyvede baskın olan fenolik bileşiklerin, fenolik asitler olduğunu tespit etmiş ve ilk sırada klorojenik asidin yer aldığını, diğer fenolik asitlerin ise neoklorojenik asit, kaffeik asit,  $\beta$ -kumaric asit, ferulik asit ve bunların esterleri olduğunu bildirmiştir (Drogoudi *et al.*, 2008; Igual, Jiménez *et al.*, 2008; García-Martínez *et al.*, 2012). Fenolikler; antioksidant, anti-karsinogenik, antimikrobiyal, antialerjik, antitumörjenik, antiinflamatuvar etkisinin yanı sıra kardiyovasküler hastalıkları azaltma etkisine de sahiptir (Igual *et al.*, 2012).

**Çizelge 2.1.** Taze kayısının besinsel içeriği

<b>Kimyasal Kompozisyon</b>	<b>Değer/100 g Taze Ürün</b>	<b>Kimyasal Kompozisyon</b>	<b>Değer/100 g Taze Ürün</b>
<b>Yenilebilir Porsiyon (%)</b>	94	<b>Na (mg)</b>	1
<b>Su (g)</b>	86,3	<b>K (mg)</b>	320
<b>Protein (g)</b>	0,4	<b>Fe (mg)</b>	0,5
<b>Lipid (g)</b>	0,1	<b>P (mg)</b>	16
<b>Kolesterol (mg)</b>	0	<b>Ca (mg)</b>	16
<b>Karbonhidrat (g)</b>	6,8	<b>Mg (mg)</b>	0
<b>Nişasta (g)</b>	0	<b>Zn (mg)</b>	0
<b>Çözünür şekerler (g)</b>	6,8	<b>Cu (mg)</b>	0
<b>Toplam Lif (g)</b>	1,5	<b>Se (mg)</b>	0
<b>Çözünür Lif (g)</b>	0,71	<b>Tiamin (mg)</b>	0,03
<b>Çözünmeyen Lif (g)</b>	0,83	<b>Niasin (mg)</b>	0,5
<b>Alkol (g)</b>	0	<b>A Vitamini retinol (<math>\mu</math>g)</b>	360
<b>Enerji (kcal)</b>	28	<b>C Vitamini (mg)</b>	13
<b>Enerji (kj)</b>	117	<b>E Vitamini (mg)</b>	0

Yapısının büyük çoğunluğunu suyun oluşturduğu kayısıda bulunan temel aroma maddeleri, kimyasal yapılarına göre; ketonlar, alkoller, terpen bileşikleri, laktonlar,

esterler, aldehitler, karbonil bileşikleri ve heterosiklik bileşikler olmakla birlikte meyvenin karakteristik aromasını ise; miyrisetin, kuersetin, limonin, terpinolin, trans-2-hegzanal, linalul, kaproik asit, laktonlar ve benzil alkol gibi uçucu bileşikler oluşturmaktadır. Glikozitler, karotenoidler, şekerler ve asitler; bahsi geçen bileşiklerin meydana gelmesinde önemli bir yer tutmakta ve miktarları çeşide bağlı olarak değişmektedir (Şener, 2012). Meyveler olgunlaştıkça yapıda bulunan asit miktarı azalmakta, şeker miktarı ise artış göstermektedir (Cengiz, 2011).

Kayısının, doğal pigmentler ve A vitamininin öncü maddeleri olmaları nedeniyle oldukça önemli bir yer tutan karotenoidler açısından da zengin bir gıda olduğu bilinmektedir ( Linkens and Jackson, 1956; Akin, 2006). Öyle ki; 250 g taze kayısı veya 30 g kuru kayısı tüketimi ile günlük alınması gereken toplam karotenoid miktarının %100'ü sağlanmaktadır (İncedayı ve *et al.*, 2016).  $\beta$ -karoten kayısıya sarıdan turuncuya kadar olan rengini veren ve kayısının toplam karotenoid miktarının % 60-70'ni karşılaması sebebiyle bu meyvede hâkim olan temel karotenoid formudur (Ihns *et al.*, 2011; İncedayı *et al.*, 2016).

Kayısı; fitoin, fitofluen,  $\gamma$ -karoten, likopen, kriptoksantin ve lutein gibi karotenoidlere ait birçok alt grubu bünyesinde barındırır da, bunların miktarları % 2'yi geçmemektedir (Şener, 2012). Başka bir araştırma sonucunda elde edilen verilere göre ise;  $\beta$ -karoten dışındaki diğer karotenoidlerden olan  $\gamma$ -karoten'in %5-7, kriptoksantin'in %4-7, likopen'in %5-5 ve lutein'in ise %1,5-2 düzeyinde bulunduğu belirtilmektedir (Akin, 2006). 1933 yılında Brockmann'ın kayısılarda karotenoidleri araştırmak üzere gerçekleştirdiği bir çalışmada da, kayısılarda en fazla bulunan karotenoidin  $\beta$ -karoten olduğu kanıtlanmıştır (Şener, 2012). A vitamininin; hücre gelişimi, immün sistem fonksiyonu ve göz sağlığı açısından oldukça elzem bir antioksidan olduğu belirtilmektedir. Ayrıca yapılan araştırmalar,  $\beta$ -karotenin kemoprotektif ajan olarak rol aldığı; askorbik asit ve flavonoidler gibi diğer güçlü antioksidanlar ile sinerjik anti-kanser etkisinin olduğunu göstermektedir (Çelebi, 2011). Bu sebeple A vitaminin prekürsörü olan  $\beta$ -karoteni yüksek düzeyde içeren kayısı, bu özelliği ile göz sağlığı, kemik, diş gelişimi ve endokrin bezlerin aktivitesi gibi fonksiyonların düzgün şekilde çalışmasını sağlamakta ve kanserojen maddelerlerin detoksifikasyonunda da görev almaktadır (Mutlu, 2013; Otlu, 2016).

Yüksek besin içeriği ve en lezzetli klimakterik meyvelerden biri olan kayısı, taze tüketiminin yanı sıra; konserve, kuru ürün ve meyve suyu endüstrisi gibi farklı alanlarda da hammadde olarak kullanılmaktadır (Özkan *et al.*, 2003; Mir *et al.*, 2009). Bunun dışında, tatlı olan kayısı çekirdekleri kuruyemiş olarak tüketilirken acı olanları ise kozmetik ve ilaç sanayiinde hammadde olarak (kabızlık giderici, balgam söktürücü, öksürük giderici... vs.) değerlendirilmekte ve kayısı çekirdeğinin tohum ve kabuğundan badem yağı, yemeklik yağ, benzaldehit (aroma esansı), furfural, aktifkarbon, amigdalin ve hidrosiyamik asid elde edilmektedir (Yiğit ve ark., 2009; Ekmenci, 2016). Kayısı çekirdeği önemli miktarda yağ ve lif ile birlikte diyet proteini içermektedir. Femenia *et al.*, (1995) yaptığı bir çalışmada tatlı kayısı çekirdeğinin acı olandan daha fazla yağ içerdiğini; oleik ve linoleik asit miktarının mevcut toplam yağ asidinin yaklaşık 92 g/100 gramına karşılık geldiğini bildirmektedir (Femenia *et al.*, 1995). Birçok araştırma, kayısı çekirdeğinin meyve etinden çok daha fazla antioksidan aktivitesine ve fenolik içeriğine sahip olduğunu göstermektedir (Korekar *et al.*, 2011).

Fonksiyonel gıdalar veya nutrasötikler, anemi dışındaki hastalıkların veya bozuklukların önlenmesine ve/veya tedavisine yardımcı olmaktadır. Bu olumlu etkiler; ürünlerin bileşiminde bulundurduğu karotenoidler, fenolikler, vitaminler ve diyet lifleri gibi biyolojik açıdan aktif bileşenler diğer bir adıyla fitokimyasallar ile sağlanmaktadır. Bu bağlamda bahsi geçen fonksiyonel gıdalar arasında yer alan kayısının; serbest radikal zararına karşı vücudun savunma mekanizmasının güçlenmesi, yaşlılığın geciktirilmesi ve hastalıklardan korunmada oldukça önemli bir yer tutmakta, sağlıklı ve kaliteli bir yaşam için yararlı olduğu öne sürülmektedir (Madrau *et al.*, 2009; Kartalkanatlı, 2014).

Kayısı meyvesi taze haldeyken yaklaşık % 85 su içermekte, kurutulduğunda ise bu oran % 20-25 seviyesine düşerek, besinsel öğeler daha konsantre hale gelmektedir. Bu sebeple, besin öğeleri (özellikle A vitamini ve mineraller) bakımından dikkate alındığında, kuru kayısı taze kayısıdan daha fazla besinsel öğe içermektedir (Güçlü *et al.*, 2006; Yılmaz, 2015). Kuru kayıyı, beslenme ve sağlık açısından önemli bir konuma taşıyan öğelerden biri olan diyet lifi ise, intestinal sistemde salgılanan enzimler tarafından hidrolizlenemeyen polisakkarit ve lignin gibi yapılardan meydana gelmekte ve bağırsakların düzenli çalışmasını sağlamaktadır. (Yılmaz, 2015).



### 2.1.5. Kayısının değerlendirilme şekilleri

Birçok meyve çeşidinin mevsimsel ve raf ömrünün sınırlı olması sebebiyle, kalite parametrelerinin muhafaza edilebilmesi için işlenmesi gerekmektedir (İncedayı *et al.*, 2016). Kayısı meyvesi de yüksek solunum kapasitesi ve hızlı olgunlaşma özelliğiyle, bu meyve grubu içerisinde yer almaktadır. Bu sebeple kayısının raf ömrünün uzatılması ve geniş ürün yelpazesi oluşturulabilmesine yönelik konserveleme, dondurma, kurutma, kontrollü/modifiye atmosfer şartlarında paketlenme; reçel, marmelat, meyve suyu ve pestil ürünlerine işleme gibi birçok farklı muhafaza metodu geliştirilmiştir (Jiménez *et al.*, 2008; Ihns *et al.*, 2011; Igual *et al.*, 2012; İncedayı *et al.*, 2016;). Madrau *et al.*, (2009), dünyadaki toplam kayısı üretiminin %40-45'inin işlendiğini bildirmiştir. Türkiye'de üretilen kayıların önemli bir kısmı kurutma işlemine tabi tutularak tüketime sunulmakta, dünyadaki üretimin yaklaşık %80'ini gerçekleştiren Türkiye'nin dünya kuru kayısı üretiminde de ilk sırada yer aldığı belirtilmektedir. Başta Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Birleşik Krallık, Almanya, Avustralya ve Hollanda olmak üzere birçok ülkeden talep gören kuru kayısı, dünya ticaretinde oldukça önemli bir rol oynamaktadır (Akin, 2006).

Kayılarının meyve etinin yanı sıra iç çekirdeği; badem yağı, benzaldehit, furfural, aktif karbon, esans, amigdalin ve hidrosiyamik asit yapımında kullanılırken, yapılan bir araştırmaya göre çekirdek kabuklarının da biyoyakıt ve biyogaz üretiminde başarıyla kullanılabilceği belirtilmektedir. Bunların yanı sıra kayısı; kayısı maskesi, sabunu ve şampuanı gibi ürünler ile kozmetik sektöründe de yerini almaktadır (Sarıbaş, 2007).

### 2.2. Gıdaların Kurutulması ve Tarihçesi

Gıdaların muhafaza edilmesi amacıyla; kurutma, konserveleme, dondurma, tuzlama, paketlenme, radyasyon... vs. birçok farklı teknik uygulanmasına karşın; kurutma; geçmişten günümüze süregelen meyve, sebze, et, tahıl ve bitki gibi çeşitli gıda maddelerinin raf ömrünün uzatılması, gıdaların mevsimi dışında da tüketilebilir forma getirilmesi için kullanılan en eski, en ucuz ve en yaygın gıda muhafaza tekniklerinden biridir (Mujumdar and Law, 2010; Jangam, 2011; Ouchemoukh *et al.*, 2012; Vega-Gálvez *et al.*, 2012). Kurutma işlemi sırasında, gıdanın nem içeriğinin azaltılmasıyla su aktivitesi değeri mikroorganizma gelişiminin, enzimatik ve diğer bozucu reaksiyonların inhibe olduğu düşük seviyelere getirilmekte ve depolama sırasındaki fiziksel ve

kimyasal değişimlerin önüne geçilmektedir (Mayor and Sereno, 2004; Doymaz, 2010; Mujumdar and Law, 2010). Kurutma işlemi sadece gıdanın raf ömrünü uzatmakla kalmayıp; aynı zamanda paketleme, taşıma ve depolama maliyetini azaltmakta, dolayısıyla kuru gıdaların taşıma ve depolama maliyeti konservelenmiş ve dondurulmuş olan gıdalarinkie kıyasla çok daha düşük bir hal almaktadır ( Perera and Rahman, 1997; O'Neill *et al.*, 1998; Santos and Silva, 2009).

Kurutma ve dehidrasyon, her ne kadar eş anlamlı sözcükler olarak kullanılsa da aslında farklı anlamları bulunmaktadır. İngilizcede bu iki sözcüğü ayırmak amacıyla dehydration (dehidrasyon) ve drying (kurutma) kavramları kullanılmaktadır. Güneş enerjisinden yararlanmak suretiyle uygulanan kurutma işlemi “drying” olarak adlandırılırken, yapay yöntemlerle uygulanan kurutma işlemi ise “dehydration” olarak adlandırılmaktadır. Dehidre gıdaların nem değeri %2,5’ ten azken, kurutulmuş gıdaların nem değeri %2,5’in üzerindedir (Coşkun, 2010; Yılmaz, 2014).

Kurutma işlemi; tarım, kimya, ahşap, tekstil, kâğıt ve ilaç gibi çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde de oldukça önemli bir yer edinmiş olan bu işlemin, eski Mısır’da buğday tanelerinin ve Çin’de ise çayın kurutulması amacıyla kullanıldığı belirtilmektedir (Özen, 2016). Kurutma işleminin tarihçesi ilk çağlara dayanıyor olsa da, işlemin endüstriyel boyutta uygulanması 18. yüzyılda gerçekleşmiştir. Kurutma endüstrisi daha çok askeri alanda kullanılmak üzere geliştirildiğinden, kurutma işleminin tanınması ve yaygınlaşmasında askeri amaçlı kullanımın büyük etkisi olmuştur. 1854-1856 tarihleri arasında Kırım’da savaşmakta olan İngiliz askerlerine İngiltere’den kurutulmuş sebze gönderildiği belirtilmektedir. 1899-1902 tarihleri arasında Boer Savaşı sırasında, kurutulmuş sebzelerin gemiler aracılığıyla Kanada’dan Güney Afrika’ya taşındığı bildirilmektedir. I. Dünya Savaşı sırasında ise yaklaşık 4500 ton kurutulmuş sebze gemilerle taşınmıştır (Özaydın, 2013). ABD’ de meyvelere yönelik kurutma işleminin, 1800’ lü yılların sonu ve 1900’ lü yılların başında hızlı şekilde gelişim gösterdiği ve güneşte kurutma işleminin yerini zamanla yapay kurutma yöntemlerinin aldığı görülmektedir. II. Dünya Savaşından önce valsli ve püskürtmeli kurutucuların kullanıldığı ve bu yöntemlerle en fazla süt ve yumurtanın kurutulduğu bildirilmektedir (Hastürk Şahin, 2010).

Gıdaların kurutulduktan sonra sahip olması gereken son nem içeriği ve kurutma sırasında uygulanan sıcaklık düzeyi, gıda çeşidine göre değişmektedir. Tahıl ürünlerinin başlangıçtaki yaklaşık %30' luk nem içeriğinden %12' lik son nem içeriğine kurutulmaları gerekirken; sebze ve meyvelerin ise %60-80' den %10-25' lik son nem içeriğine kurutulmaları gerekmektedir (Hastürk Şahin, 2010).Kurutma işleminin, 3 temel amacı bulunmaktadır (Ho *et al.*, 2001):

**1. Ekonomik faktörler**

- Kurutma ekipmanının birim miktarı başına maliyetini azaltmak
- Kapasiteyi arttırmak,
- Güvenilir ve en az iş gücü gerektiren basit kurutma ekipmanı geliştirmek, sürekli işlem kabiliyetine sahip sabit bir proses geliştirmek

**2. Çevresel faktörler**

- Kurutma işlemi sırasındaki enerji tüketimini minimize etmek,
- Atıklardaki ürün kaybını azaltarak çevreye verilen zararı azaltmak

**3. Ürün kalitesi**

- Kurutma işleminin sonunda ürün nem içeriğinin net şekilde kontrolünü sağlamak,
- Kimyasal degradasyon reaksiyonlarını minimize etmek,
- Ürün yapı ve tekstüründeki değişimi en aza indirmek,
- Arzu edilen ürün rengini elde etmek,
- Ürün yoğunluğunu kontrol etmek
- Çeşitli son kullanıcılar için farklı fiziksel yapıya sahip ürünler üretebilen esnek bir kurutma işlemi geliştirmek

Sonuç olarak kurutmanın faydalarını şu şekilde özetleyebiliriz;

- Kütle ve hacimde meydana gelen azalma ile depolama, taşıma ve paketleme maliyetinin düşürülmesi (Andrés *et al.*, 2007; Santos and Silva, 2009),
- Mikrobiyal ve enzimatik bozulmaların minimize edilmesi (Andrés *et al.*, 2007),
- Ürünün daha uzun süre bozulmadan depolanabilmesi (Nunes *et al.*, 2016),

- Kuru ürünlerin bileşen olarak kullanımıyla, yeni fonksiyonel ürün üretimine olanak tanınması (kahvaltılık gevrekler, pastacılık ve fırıncılık ürünleri vs.) (Nunes *et al.*, 2016),
- Kurutulan üründe birim alana düşen besin miktarı taze ürüne kıyasla çok daha fazla olacağından, az miktarda kuru ürün tüketimi ile bile yüksek miktarda besinsel öge tüketilebilmesi (Özdeş, 2013),
- Oda sıcaklığında bile kalitenin uzun süre devam ettirilmesi (Tamtürk, 2013a),
- Mevsimi dışında bile gıda ürününün elde edilebilir olması (Vega-Gálvez *et al.*, 2012),
- Soğukta depolamaya ihtiyaç duyulmaması (Tamtürk, 2013a),

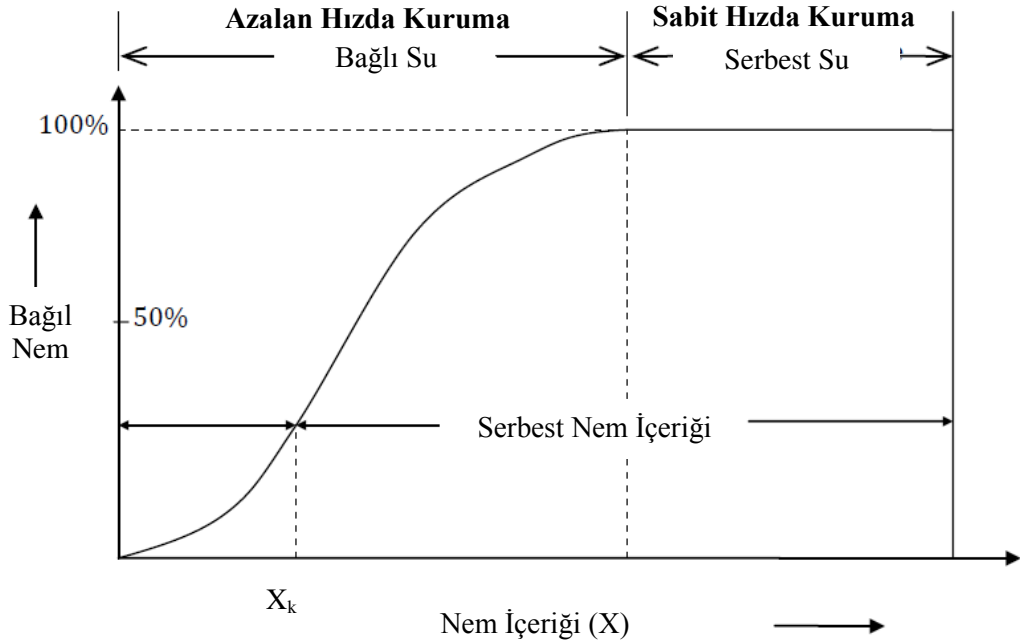
Son yıllarda, hâlihazırdaki yaşam şekline dolaylı olarak kuru ürünlere olan talep artmış ve kuru gıda endüstrisi dünya genelindeki gıda endüstrileri arasında önemli bir yer edinmiştir (Devahastin and Niamnuy, 2010; Vega-Gálvez *et al.*, 2012; İncedayı *et al.*, 2016). Lezzetli, besleyici, hafif, kolay hazırlanabilir ve depolanabilir olan kuru gıdalardan özellikle kuru meyve ve sebzeler yüksek lif, karbonhidrat ve düşük yağ içeriği sebebiyle yağsız atıştırmalık ve sağlıklı birer gıda seçeneği olarak ilgi odağı haline gelmiştir (Ahmed *et al.*, 2013; Megías-Pérez *et al.*, 2014). Kuru meyve ve sebzeler; çeşitli sos, çay, puding, garnitür, bebek ve çocuklara yönelik gıdaların üretimini yapan şekerlemecilik, fırıncılık, tatlı ve damıtma endüstrileri tarafından yaygın olarak kullanılmakla birlikte, bu uygulamalarda; özellikle içecek endüstrisinde ara ürün olan meyve ve sebze tozu, gıda maddesinin besin değerini artıran fonksiyonel katkı maddesi, lezzet verici ve doğal renklendirici (dondurma, yoğurt gibi ürünlerde) olarak görev almaktadır (Karam *et al.*, 2016). Bu bağlamda, bir grup araştırmacı, renklendirici olarak yaban mersini ve kızılıncık meyvesi tozu kullanıldığında, beyaz kahvaltılık mısır unu gevreğinin daha cazip olduğunu belirterek kuru meyve ve sebzelerin önemini örneklendirmektedir (Karam *et al.*, 2016).

Kuru meyve ve sebze pazarı, dünya çapında birçok ülke için önem arz etmektedir. Örneğin, Avrupa'da, kuru sebze pazarının 1990'ların başlarında 260 milyon ABD Doları olduğu tahmin edilmektedir. Yunanistan, Avrupa Birliği ülkeleri arasında önemli kuru üzüm üreticisi konumunda yer almaktadır. Ağırlıklı olarak ABD

(297,5 57 ton) ve Türkiye (190.000 ton) 'de üretilen dünya kuru üzüm üretiminin, 2000 yılında yaklaşık 600 bin ton olup, 125 milyon ABD Doları değerinde olduğu bildirilmektedir (Kamiloglu *et al.*, 2016). 2006 yılında, Avrupa Birliği'nin kuru meyve üretimi ise 428 bin tona karşılık gelen 1700 milyon Euro'ya ulaşmış ve tüketimi 2300 milyon Euro ve 871 bin ton olarak hesaplanmış ve İtalya, Birleşik Krallık ve İspanya en büyük üç Pazar olarak ön plana çıkmıştır (Megías-Pérez *et al.*, 2014).

### 2.2.1. Kurutmanın temel aşamaları

Kuruma işlemi esnasında, geçiş, sabit hızda ve azalan hızda kuruma periyodu olmak üzere üç farklı periyot gözlemlenmekte olup (Dağhan, 2008), Şekil 2.2'de kuruma eğrisi gösterilmektedir (Bingöl, 2010).



\*X<sub>k</sub>: Kritik nem değeri

Şekil 2.2. Kuruma eğrisi

#### 2.2.1.1. Geçiş periyodu

Kurutulacak olan materyalin, kurutma atmosferiyle dengeye gelmesi için gerekli olan geçiş süresini ifade etmektedir (Dağhan, 2008).

### **2.2.1.2. Sabit hızda kuruma periyodu**

Nem serbest halde yüzeyde tutulmakta ve buhar basıncı diğer bir ifadeyle buharlaşma hızı en yüksek seviyede gerçekleşmektedir (Bingöl, 2010). Sabit hızda kuruma periyodunda; kurutulacak materyalin içerisindeki suyun yüzeye olan hareket hızı, yüzeyinden gerçekleşen buharlaşma hızına eşittir (Dağhan, 2008). Bu periyotta, materyalin yüzeyi ıslak ve suyun kurutma atmosferine geçişini sağlamak üzere yüzeyinde bir film tabakası oluşmaktadır. Bu film tabakası aracılığıyla, materyalin yapısındaki serbest haldeki su yüzeyden kurutma atmosferine transfer edilmektedir (Özen, 2016).

### **2.2.1.3. Azalan hızda kuruma periyodu**

Kurutma işlemi sırasında; materyal yüzeyindeki su tüketilerek kritik nem içeriğine ulaşıldıktan sonra, sabit hız periyodundan azalan hız periyoduna geçilmektedir. Kritik nem içeriği, her bir gıda için farklılık göstermektedir. Bu değerden sonra gıdanın yüzeyi tamamiyle kurumakta ve bu sebeple materyalin iç kısımlarındaki su, buharlaşarak yüzeye taşınmakta ve uzaklaştırılmaktadır (Özen, 2016). Bu periyotta su, materyal içerisindeki ince kılcallarda tutulduğundan ve kılcallar yüzeyinden çok yavaş şekilde geçtiğinden kuruma hızı çok hızlı şekilde düşmektedir (Bingöl, 2010). Azalan hızda kuruma periyodu esnasında kütle transfer fenomeni çözümü zor bir mekanizma olmasına karşın; bu aşamadaki etkili tek fiziksel fenomenin difüzyon olduğu belirtilmektedir (Özen, 2016).

## **2.2.2. Kurutma hızını etkileyen faktörler**

Kurutma prosesi; sıcaklık, camsı geçiş sıcaklığı, kurutma atmosfer basıncı bağlı nem ve havanın akış hızı gibi dış faktörler ile gıda maddesinin kompozisyonu, nem içeriği, kalınlığı, şekli, başlangıçtaki tekstürü gibi iç faktörlere bağlıdır. Kurutulan maddenin birim zamanda kaybettiği nem miktarı olarak adlandırılan kuruma hızı genel olarak şu faktörlerden etkilenmektedir (Karam *et al.*, 2016).

### **2.2.2.1. Sıcaklık**

Kuruma hızını etkileyen en önemli faktörlerin başında gelen sıcaklık derecesi arttıkça, difüzyon hızı artmaktadır. Böylelikle kuruma hızı artmakta ve kuruma süresi ise kısalmaktadır. Fakat ince yapılı gıdalarda çok yüksek sıcaklıklar kullanıldığında yanma meydana gelebilmektedir (Yokuş, 2014; Özen, 2016;).

#### **2.2.2.2. Kurutma havasının hızı**

Kurutma havasındaki hızın artışıyla; doymuş olan havanın doymuş olmayan kurutma havasıyla yer değiştirmesi daha hızlı gerçekleşmekte ve kuruma hızını olumlu yönde etkilemektedir. Fakat kurutma işleminin ileri safhalarında kuruma hızı, alt tabakalardaki suyun yüzeye taşınma hızı ile sınırlandırılması sebebiyle, kurutma havasının hızı çok da etkili bir faktör olmamaktadır (Yokuş, 2014; Özen, 2016).

#### **2.2.2.3. Ürünün yüzey alanı**

Kurutulacak materyalin birim yüzey alanı, ısı ve kütle aktarım hızını etkileyen önemli parametrelerden biridir. Kurutma hızı; gıdanın yüzey alanıyla doğru, kalınlığı ile ters orantılı olduğundan; kurutulacak parçacıklar ne kadar küçükse, kuruma hızı da o derece yüksek olacaktır (Cemeroğlu, 2003).

#### **2.2.2.4. Ortamın nem içeriği**

Ortamın bağıl nemi kurutma işleminin hangi seviyeye kadar devam edeceğini belirlemekte ve kurutulacak materyal ile kurutma atmosferine ait nem değerleri dengeleninceye kadar kurutma işlemi devam etmektedir (Millî Eğitim Bakanlığı, 2011).

### **2.2.3. Gıda kurutma yöntemleri ve kurutucular**

Kurutma en eski, en yaygın ve en fazla çeşitlilik gösteren gıda uygulamalarından biri olmakla beraber; hassas işlem kontrolü gerektiren, eş zamanlı ısı ve kütle transferini içeren karmaşık bir süreçtir. Nemli bir materyalin kurutulması; hem serbest hem de gevşek şekilde bağlanmış suyun, katı maddenin içinden atmosfere buharlaşmasını ifade etmektedir (Saribaş, 2007). Kurutulacak maddedeki suyun uzaklaştırılması için gerekli olan ısının transfer yöntemine göre; konveksiyon kurutma (taşınım yoluyla kurutma), kondüksiyon kurutma (iletim yoluyla) ve radyasyonla kurutma (herhangi bir taşıyıcının olmadığı ve ısının radyasyonla sağlandığı kurutma) olmak üzere üç farklı kurutma yöntemi bulunmaktadır (Özaydın, 2013).

Gıda işleme endüstrileri tarafından güneşte kurutma, sıcak hava ile kurutma, ozmotik kurutma, mikrodalga kurutma, vakumda kurutma, ısı pompalı kurutma, dondurarak kurutma ve bunların kombinasyonu gibi birçok farklı kurutma tekniği kullanılmasına rağmen; konvektif (taşınım) kurutma teknikleri, kullanım kolaylığı ve düşük maliyetli olması sebebiyle bunlar arasında en yaygın olanıdır (Wojdyło *et al.*, 2009; Chong *et al.*, 2013; Megías-Pérez *et al.*, 2014). Genellikle bu konvektif

kurutma tekniklerinde ortam atmosferi olarak sıcak hava kullanılmaktadır (Lewicki, 1998).

Teknik literatürde 500'den fazla kurutucu çeşidi belirtilmekte ve bunların yaklaşık 100 çeşidi ticari olarak kullanılmaktadır. Gıda ürünlerindeki çeşitlilik, gıda endüstrisinde farklı tiplerdeki kurutucuların kullanımını gerektirmekte ve kurutucu tasarımı; ürünün farklı fiziksel özellikleri, ısı girişi modu, çalışma sıcaklığı ve basıncı ile kurutulacak ürünün farklı kalite özelliklerine, vb. bağlı olarak değişmektedir (Chou and Chua, 2001; Mujumdar and Law, 2010).

Her ne kadar en yaygın kullanılan kurutucu çeşidi, konvensiyonel (geleneksel) kurutucular olsa da bazı dezavantajları da beraberinde getirmektedir. Bunlar:

- Kurutma işleminin uzun, yetersiz ya da tekdüze olmamasından kaynaklanan aşırı kuruma veya az kuruma nedeniyle eşit olmayan ürün kalitesi;
- Kurutma atmosferi ve kurutulan madde arasında düşük temas etkinliği nedeniyle uzun kuruma süresi,
- Aşırı kurumanın üründe neden olduğu sert doku,
- Kurutma sıcaklığının yüksek olmasından kaynaklı çeşitli kalite kayıpları,
- Esmerleşme ve redoks reaksiyonlarının sebep olduğu ürünün fiziksel, kimyasal, reolojik ve duyuşsal özelliklerindeki değişim,
- Isıtma ve evaporasyon için çok miktarda enerji gerektirmesi

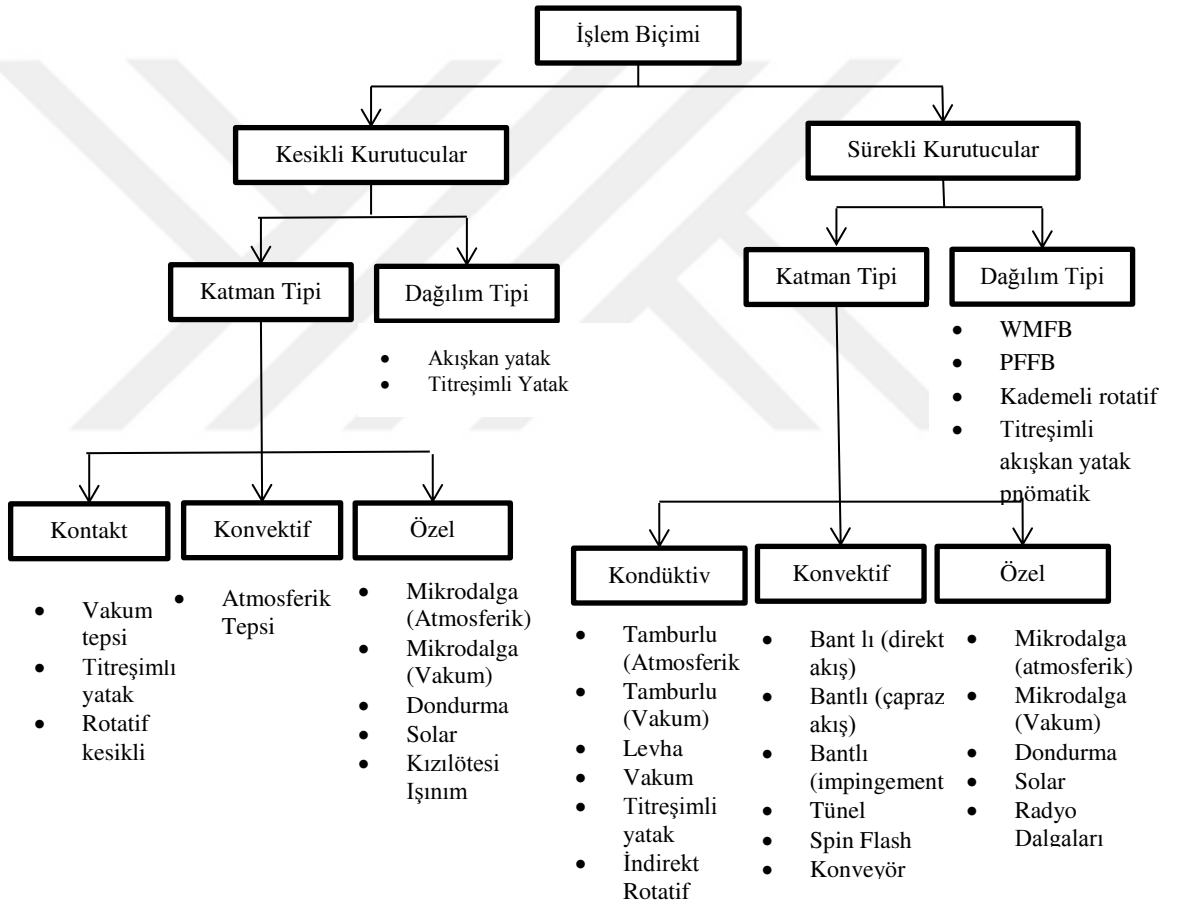
Sadece atık değil aynı zamanda çevreye zarar veren nispeten yüksek sıcaklıktaki nemli havanın, açık devre kurutucu sisteminden ayrılmasına izin vermesi

Yukarıda sıralanan sebepler, kötü kurutma performansına ve daha yüksek işletim maliyetine neden olmaktadır. Kuru ürünlerin kalitesinin iyileştirilmesinin yanı sıra geleneksel kurutucuların işletimi sırasında karşılaşılan sorunların veya zorlukların üstesinden gelmek için birçok çalışma yapılmıştır (Hawlder *et al.*, 2006a; Wojdyło *et al.*, 2009; Jangam, 2011; Mujumdar and Law, 2010).

Seçilen kurutucunun kalitenin yanı sıra maliyet açısından da iyi olması gerektiğinden, gıdalar için kurutucu seçimi oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Gıda ürünlerinin birçoğu düşük maliyetli olduğundan ve son kuru ürün kalitesi çok iyi olsa da dondurarak kurutma gibi pahalı tekniklerin kullanılması önerilmemektedir. Bu yüzden,



gıda ürünlerine yönelik kurutucuların seçimi ve sınıflandırılma aşamasının dikkatli şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Avrupa'daki büyük kimya şirketlerinin %80' inden fazlasının - her biri üretim tesislerinde 1000'den fazla kurutucu kullanmaktadır – 2007 yılında kurutucu seçiminde hatalar yaptığı belirtilmektedir (Jangam *et al.*,2007). Kurutucular genellikle ısı transfer (konveksiyon, kondüksiyon ya da radyasyon) ve operasyon (kesikli veya sürekli) şekline göre sınıflandırılmakta ve bu sınıflandırma Şekil 2.3'de gösterilmektedir (Jangam *et al.*, 2011).



**Şekil 2.3.** Kurutucuların sınıflandırılması

Her bir kurutucu, belirli uygulamalara uygun olup olmama durumuna göre spesifik özelliklere sahiptir. Bazı tipler doğal olarak pahalı (örn. dondurarak kurutucular) iken, diğerleri daha verimli (örn. indirekt veya iletken kurutucular) olabilmektedir. Bu nedenle, piyasada çok çeşitli kurutucunun olmasının yanı sıra bu kurutucuların özel avantaj ve dezavantajlarının da bilinmesi gerekmektedir (Jangam *et al.*,2007).

### 2.2.3.1. Doğal kurutma yöntemleri

#### 2.2.3.1.a. Güneşte kurutma

Güneşte kurutma tropikal ve sub-tropikal bölgelerde hala kullanılmakta olan en eski ve doğal kurutma yöntemidir (Doymaz, 2010; Heybeli, 2017). Bu yöntem, sadece bitkilerin değil aynı zamanda avlanan hayvanların etlerinin çok daha uzun süre muhafaza edilebilmesi için de kullanılmıştır (Tamtürk, 2013b). Doğal kurutma yönteminde en önemli parametre olan sıcaklık aracılığıyla ürün içerisinde bulunan su, ürüne zarar vermeden dışarı çıkarılarak kurutma havasına transfer edilmektedir (Özen, 2016). Açık alana serilerek ve güneş enerjisinden yararlanılarak gerçekleştirilen güneşte kurutma işlemi, çeşitli tarımsal ürünlerde başarıyla uygulanan ve oldukça ucuz bir işlemdir (Doymaz, 2010; Heybeli, 2017). Fakat toz, böcek, kuş, fare gibi zararlılara ve mikroorganizmalara açık olması sebebiyle, hijyen ve sağlık boyutunda tüketiciler açısından risk oluşturmakta; hava şartlarına bağlı olduğundan dolayı ise modern üretim standartlarına uygun ürün üretimini zorlaştırmaktadır (Ihns *et al.*, 2011; Jangam, 2011) Bu kurutma yöntemi, yoğun işçilik, az yatırım, düşük üretim maliyeti gerektiren ve düşük kalitede ürün ile sonuçlanan bir uygulamadır (Heybeli, 2017). Bu sebeple alternatif kurutma teknolojilerinin kullanımı zorunlu hale gelmektedir.



Şekil 2.4. Güneşte kurutulan kayısılar

Meyveler yüksek şeker ve asit içeriğinden dolayı güneşte kurutulmaya uygun görülürken; sebze ve et gibi ürünlerde bu doğal kurutma yöntemi önerilmemektedir. Sebzelerdeki düşük şeker ve asit içeriği, bozucu mikroorganizma riskini arttırmakta; etlerdeki yüksek protein ise ısı ve nem düzeyi kontrol edilemediğinde mikrobiyal gelişim için uygun ortam hazırlamaktadır. Çünkü güneşte kurutmada hava değişimleri kontrol edilemediği gibi, güney bölgelerdeki yüksek nem içeriği risk oluşturmaktadır. Bu kurutma için en uygun nem değerinin %60'ın altındaki değerler olduğu belirtilmektedir. Gıdaların kurutulduğu ve temas ettiği yüzeyin güvenli olması gerektiği ve bu alanda en iyi yüzeylerin paslanmaz çelik, teflon ya da plastik olduğu bildirilmektedir (Ahmed *et al.*, 2013).

### **2.2.3.2. Yapay kurutma yöntemleri**

Kontrol edilebilir koşullar altında ve yapay ortamlarda gerçekleştirilen yapay kurutma yöntemleri ile güneşte kurutma işleminin sebep olduğu birçok olumsuz sonucun önüne geçilerek daha yüksek kalitede ürün elde edilebilmektedir (Dobooğlu, 2012; Özen, 2016; Heybeli, 2017). Ancak maliyetinin yüksek oluşu önemli bir dezavantajdır. Bu kurutma yöntemleri “konveksiyon kurutma”, “kondüksiyon kurutma” ve “radyasyonla kurutma” olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır (Özkan *et al.*, 2003). Kabin kurutucular, tepsili kurutucular, tünel kurutucular, akışkan yatak kurutucular ve püskürtmeli kurutucular konveksiyon kurutmanın bazı uygulamaları arasında yer alırken; vakum kurutucular, dondurmali kurutucular gibi çok çeşitli uygulamalar kondüksiyon kurutmanın uygulamaları arasında yer almakta ve en yaygın örneği olarak valsli kurutucular ön plana çıkmaktadır. Radyasyon ile kurutmaya da; mikrodalga, dielektrik veya infrared kurutucular örnek verilebilmektedir (Cemeroğlu, 2003; Özaydın, 2013). Ürünün, nem miktarı-sıcaklık-süre ilişkisi, kullanılan kurutucu tipine göre değiştiğinden daha yüksek kalitede ürün elde edebilmek amacıyla kurutucu tipi seçimine dikkat edilmelidir (Dobooğlu, 2012). Yapay kurutma yöntemleri oldukça geniş bir dağılım göstermekle birlikte, bunlardan ticari olarak en yaygın kullanılan ve araştırma konusu olarak en çok ele alınan yöntemlerden bazıları aşağıda verilmektedir.

#### **2.2.3.2.a. Sıcak hava ile kurutma**

Konvensiyonel veya konvektif kurutma olarak da bilinen sıcak hava ile kurutma; uzun kuruma süresi ve yüksek sıcaklıkları gerektiriyor olmasına rağmen gıda

endüstrisinde en yaygın ve en ekonomik teknik olarak ilk sırada yer almaktadır. Isıtılmış hava, kurutulan ürünlerin doğasına bağlı olarak farklı yönlerden sistem içerisinde hareket etmektedir (Siriamornpun *et al.*, 2012; Karam *et al.*, 2016). Sıcak hava ile kurutma yöntemi, güneşte kurutma ile kıyaslandığında; mikrobiyal kontaminasyonu azaltması, daha az kalite kaybıyla daha tekdüze ürün üretimini sağlayan kurutma parametrelerinin kontrol edilebilmesi, hava şartlarından daha az etkilenmesi, daha kısa kuruma süresi ve daha düşük işçi maliyeti gerektirmesi sebebiyle oldukça önemli bir yere sahiptir (Karabulut *et al.*, 2007).

Bu kurutma yönteminde; ilk olarak düşük bağıl neme sahip ısıtılmış hava, ısıyı katı içerisine iletim yoluyla transfer eden ıslak materyal yüzeyi ile karşılaşmakta ve ardından materyal yüzeyine transfer olan sıvı, havanın taşınımı ile uzaklaştırılmaktadır. Katı gıda içindeki nemin taşınması; sıvı veya buhar difüzyonu, yüzey difüzyonu, hidrostatik basınç farklılığı ve bunların kombinasyonu ile gerçekleşmektedir. Sıcak hava ile kurutma genellikle, her biri farklı bir kuruma oranıyla karakterize edilen iki aşamada meydana gelmektedir. İlk aşamada, serbest su yüzeye hareket etmekte ve buharlaşma ile kolaylıkla uzaklaştırılmaktadır. İkinci aşamada ise kurutma işlemi devam ettikçe, katı materyalde bulunan sıvı faz daha viskoz hale geldiğinden kuruma işlemi zorlaşmaktadır. Materyalin iç kısmındaki suyun yüzeye olan hareketi, daha fazla zaman aldığından kuruma hızı düşmektedir. Çoğunlukla kurutma işleminin üçte ikisini, ikinci aşama oluşturmakta ve bu durum esasen gevşek bağlı su moleküllerinden kaynaklanmaktadır (Andrés *et al.*, 2007). Ancak, kişniş, nane ve ıspanak gibi yeşil yapraklı sebzelerde suyun buharlaşmasının çok hızlı olduğu ve bir iki saat içerisinde kuruma işleminin tamamlandığı bildirilmektedir (Karam *et al.*, 2016).

Meyve ve sebzelerin kurutulmasında sıcak hava ile kurutma kapsamında genellikle kabin, tünel, fırın, pnömatik ve konveyör kurutucular kullanılmaktadır (Mujumdar, 2006). Yapımının kolay ve maliyetin az oluşu sebebiyle, bu tip kurutucular tercih nedeni olmaktadır (Hastürk Şahin, 2010).

Sıcak hava ile kurutma her ne kadar yaygın ve gıdaların raf ömrünü uzatan bir yöntem olsa da düşük enerji verimliliği; azalan kuruma periyodundaki kuruma süresinin uzunluğu; yüksek sıcaklık kullanması ve ortam atmosferi olarak kullandığı havanın oksijen (O<sub>2</sub>) içermesi sebebiyle üründe sertleşme, düşük rehidrasyon kapasitesi,

büzüşme, esmerleşme, besinsel bileşen ve aroma kaybı gibi birçok duyuşsal ve besinsel kayıplara neden olmaktadır. Ayrıca, faz değişiminin yanı sıra eő zamanlı kütle ve ısı transfer işlemleri sebebiyle yoğun enerji gerektiren, dolayısıyla maliyetli bir işlem olarak ön plana çıkmaktadır (Contreras *et al.*, 2008; Deng and Zhao, 2008; Hastürk Şahin, 2010; Ciurzyńska and Lenart, 2011; Liu *et al.*, 2015).

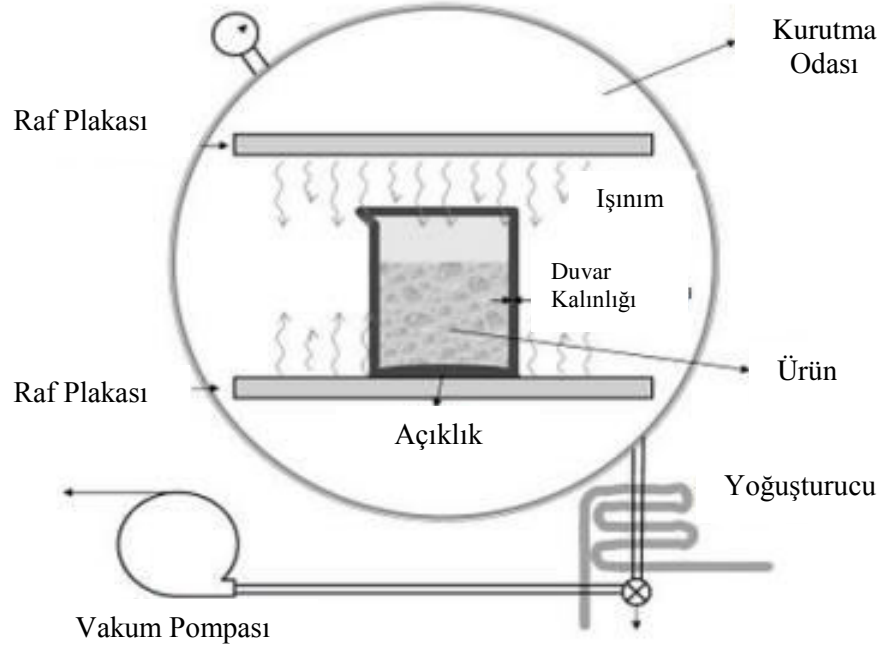
Hava ile kurutulmuş ürünler, diğer kurutma yöntemleri arasında en düşük gözenekli yapısı ve en yüksek yoğunluğu ile karakterize edilmektedir. Üstelik kurutma işlemi esnasında renkte meydana gelen bozulma, sıcak hava ile kurutulan ürünlerde rastlanan en belirgin özelliklerden biri olarak ön plana çıkmaktadır. Daha önce yapılan bazı çalışmalarda hava ile kurutulmuş kuşkonmaz, mantar ve kayısıda, renk parametrelerinden parlaklıkta düşüş ve sarılıkta ise artışın belirgin şekilde gerçekleşmesi bu duruma örnek teşkil etmektedir (Karam *et al.*, 2016).

#### **2.2.3.2.b.Vakumda kurutma**

Vakumda kurutma tekniği, nemli materyallerin atmosfer basıncı altında kurutulması esasına dayanan bir tekniktir. Vakumda kurutma sırasında, su molekülleri yüzeye yayılmakta ve vakum ortamına buharlaşmaktadır. Kurutma haznesindeki kısmi vakum, ürün yüzeyindeki su buharı konsantrasyonunu azaltarak, bir buhar basıncı gradyanı oluşturmaktadır. Ürün kalitesini en üst noktaya çekebilmek amacıyla, ısı genellikle yaklaşık 50-100 mbar kısmi vakumla sisteme iletim yoluyla sağlanmaktadır. Vakumda kurutma, ürünlerin düşük sıcaklıklarda (75 °C'nin altında, genellikle 30 °C'ye yakın değerlerde), havanın olmadığı bir ortamda daha hızlı şekilde kurumasını olanaklı kılmaktadır. Birçok araştırmacı, vakumda kurutmayı kütle transferi için en büyük itici gücü sağlayan yöntem olarak tanımlamaktadır (Karam *et al.*, 2016).

Vakumda kurutma; alternatif bir kurutma metodu olup, maliyetli olduğundan özellikle sıcaklığa duyarlı ve kolay okside olabilen ürünlerin kurutulmasında kullanılan önemli bir yöntemdir (Dobooğlu, 2012; Karam *et al.*, 2016). Atmosferik koşullarda uygulanan kurutma yöntemlerine nazaran, vakumda kurutma yöntemi; daha düşük sıcaklıklar ve kurutma atmosferinde ise oksijensiz ortam kullanması sebebiyle daha kaliteli ürün eldesi sağlamaktadır. Ürünün kurutulması esnasında ortamda hava bulunmadığından, oksidasyon reaksiyonları azaltılmakta dolayısıyla vakumda kurutulan ürünlerin renk, tekstür ve aroma gibi kalite parametreleri daha iyi muhafaza

edilmektedir (Dobooğlu, 2012; Yokuş, 2014). Vakumda kurutulan materyaller, vakum seviyesine bağlı olarak daha yüksek porozite göstermekte; renk ve uçucu aroma bileşenlerinde daha az kayıp özelliğiyle karakterize edilmektedir (Krokida *et al.*,2000). Vakumda kurutma aracılığıyla sıcak hava ile kurutulan ürünlere kıyasla daha yüksek porozite, daha düşük yoğunluk ve büzüşme oranına sahip ürün elde edilebilmektedir (Karam *et al.*, 2016). Yine aynı sıcaklıkta havada ve vakum altında kurutulan materyallerin, vakumun neden olduğu şişirme etkisi nedeniyle farklı dokusal özelliklere sahip olduğu belirtilmektedir (O'Neill *et al.*,1998). Şekil 2.5 'te vakumda kurutma odası gösterilmektedir (Suiçmez, 2014).



**Şekil 2.5.** Vakumda kurutma odası

Gıda endüstrisinde, vakumda kurutma genellikle vakum-mikrodalga ya da vakum-dondurarak kurutma gibi bazı diğer tekniklerle biraraya getirilerek uygulanmaktadır (Karam *et al.*, 2016). Ozmotik kurutma ile vakum kurutma da biraraya getirilerek uygulanmakta ve vakum uygulamasının etkisi; ozmotik geçiş parametresi, kütle transfer katsayısı ve ara yüzey alanı temelinde açıklanmaktadır. Vakum basıncı (50-100 mbar), istenilen sonuca ulaşmak için daha kısa sürede sisteme uygulanmaktadır. Vakumlama işleminde, basıncın düşürülmesi ile gözeneklere tıkanmış gaz genişerek

dışarı çıkmaktadır. Ardından basınç normale döndüğünde ise gözenekler, ozmotik çözelti tarafından dolmakta ve mevcut kütle transfer yüzey alanı arttırılmaktadır (Sagar and Suresh Kumar, 2010)

Vakum- mikrodalga kurutmanın meyvelerde kullanımı, avantajlarından dolayı oldukça popülerite kazanmıştır. Bu yöntemde, mikrodalgalar kurutmaya tabi tutulan materyalin içine nüfuz ederek, suyun düşük sıcaklıkta kaynamasına neden olmaktadır. Bu da, materyalin merkezi ve yüzeyi arasında büyük bir buhar basıncı farkı oluşturarak, materyaldeki nemin hızlı bir şekilde dışarı çıkmasını sağlamak ve yapısal çökmeyi önlemektedir (Wojdyło *et al.*, 2009).

#### **2.2.3.2.c. Dondurarak kurutma (Liyofilizasyon)**

Liyofilizasyon olarak da bilinen dondurarak kurutma, daha yüksek kalitede kuru ürün üretiminde ön plana çıkan en ideal ve sofistike kurutma yöntemlerinden biridir (Krokida and Maroulis, 1999; Doymaz, 2010; Karam *et al.*, 2016). Üründeki suyun katı halden gaz hale geçmesi yani süblimasyon prensibine dayanan liyofilizasyon işlemi; dondurma, I. kurutma ve II. kurutma olmak üzere 3 temel aşamadan oluşmaktadır. İlk basamak olan dondurma aşamasında, ürünün içerdiği suyun tamamı katı (buz) hale geçene dek ürün dondurulmaktadır. Ürünün tamamıyla dondurulduktan sonra I.kurutma basamağına geçilerek süblimasyon işleminde gerekli olan ısıyı sağlamak için sıcaklık tedricen arttırılmaktadır. İkinci ve son kurutma aşamasında ise, su çoğunlukla oda sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklarda desorpsiyonla uzaklaştırılmaktadır (Dobooğlu, 2012).

Liyofilizasyon işleminin, tarihte ilk defa İnkalar tarafından patatesin muhafazasında kullanıldığı ve İnkalar'ın liyofilizasyon ile kuruttukları patatese “*chuno*” dediği öne sürülmektedir. Bunun dışında, II. Dünya Savaşı esnasında da tedavi amacıyla kullanılmakta olan ilaç ve serumların, zarar görmeden taşınabilmesi için kullanıldığı belirtilmektedir (Suiçmez, 2014). Günümüzde ise, bu yöntemin uygulama alanı; nispeten basit muhafaza edilebilir gıdalardan, karmaşık biyoteknolojik veya farmasötik ürünlerden, çoğalan bakterilere ve mantarlara kadar geniş bir dağılım göstermektedir. Gıda ürünlerine (kahve, çay, çıtır meyve ve sebzeler, hazır yiyeceklerde kullanılan bileşenler ve bazı aromatik bitkiler) ek olarak; çiçekler, mikroorganizmalar, ilaçlar, tıbbi materyaller ve kozmetikler, özel kimyasallar ve pigmentler, enzimler ve seramik tozu da

dahil olmak üzere diğer ürünler için uygun bir kurutma tekniğidir (Cieurzyńska and Lenart, 2011).

Bu teknik aracılığıyla, içerisinde oksijenin bulunmadığı vakumlu bir ortam oluşturularak ve düşük sıcaklık uygulanarak kurutma işleminin gerçekleştirilmesiyle; bozulmaların ve mikrobiyolojik reaksiyonların önüne geçilebilmekte, dolayısıyla ürün kalite parametreleri (renk, şekil, aroma ve besinsel değer vs.) muhafaza edilebilmektedir (Ratti, 2001). Yüksek vakum uygulaması sayesinde, kurutulan ürün üzerinde neredeyse hiç basınç olmadığından, tat ve koku hücreleri zarar görmemektedir (Dobooğlu, 2012). Ürünün donmuş olan yüzeyinden kaynaklanan sert yapı ve donmuş suyun hareketliliğinin kısıtlanmış olması, katı matrikste meydana gelebilecek çökmeyi ve büzüşmeyi engellemektedir (Karam *et al.*, 2016). Bu sayede, büzüşmeyen ve gözenekli yapıdaki liyofilize ürüne tekrar su ilave edildiğinde, kuru ürün suyu hızlı bir şekilde bünyesine alarak (rehidrasyon) taze yken sahip olduğu forma yakın bir hal almaktadır (Yokuş, 2014). Bu nedenle dondurarak kurutulmuş ürünler, hazır yemek veya corbalarda kullanım açısından mükemmel bir seçenektir (Karam *et al.*, 2016).



**Şekil 2.6.** Dondurarak kurutulmuş kayısı

Özetleyecek olursak, dondurarak kurutulmuş olan ürünler; sıcak havada kurutma, vakumda kurutma, mikrodalga ve ozmotik kurutma gibi geleneksel kurutma teknikleri ile kıyaslandığında; renk, tat, aroma ve besinsel bileşenlerini muhafaza etmesi, düşük hacimsel yoğunluğu, çok yüksek porozite ve rehidrasyon kapasitesiyle karakterize edilmektedir (O'Neill *et al.*, 1998; Krokida and Maroulis, 1999; Cui *et al.*, 2008). Tüm bu avantajlarına rağmen, enerji maliyetini arttıran soğutma ve vakum sisteminin sebep olduğu düşük kuruma oranından dolayı oldukça yavaş ve pahalı bir sistemdir (Huang *et al.*, 2006; Karam *et al.*, 2016). Bu durum dondurarak kurutmanın endüstriyel skalada uygulamasını sınırlı hale getirmektedir (Doymaz, 2010). Ancak, az



miktarda yüksek değerli gıda ve farmasötik ürünlerin üretimi için kullanılmaktadır. Bu nedenle, nihai ürün kalitesini korurken, işletme maliyetinin azaltılması dondurarak kurutmada hala önemli bir konu olarak ön plana çıkmaktadır (Cui *et al.*,2008).

Geleneksel kurutma yöntemleri ve dondurarak kurutmaya yönelik yapılan enerji gereksinim analizi; 1 kg suyu uzaklaştırmak için gerekli olan enerjinin, dondurarak kurutma işleminde geleneksel kurutmaya göre iki kat fazla olduğunu göstermektedir. Buna ek olarak, karşılaştırıldığında, dondurarak kurutmadaki maliyetin, sıcak hava ile kurutmadan 4-8 kat daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Ratti, 2001). Dondurarak kurutmada, kurutma için gerekli olan ısının sağlanmasının yanı sıra, düşük sıcaklık ve basınç elde etmek için işlem sırasında büyük bir enerji girdisine ihtiyaç duyulduğundan; enerji kayıplarının en aza indirgenmesi oldukça önem arz etmektedir (Ciurzyńska and Lenart, 2011).

#### **2.2.3.2.ç. Püskürtmeli kurutma**

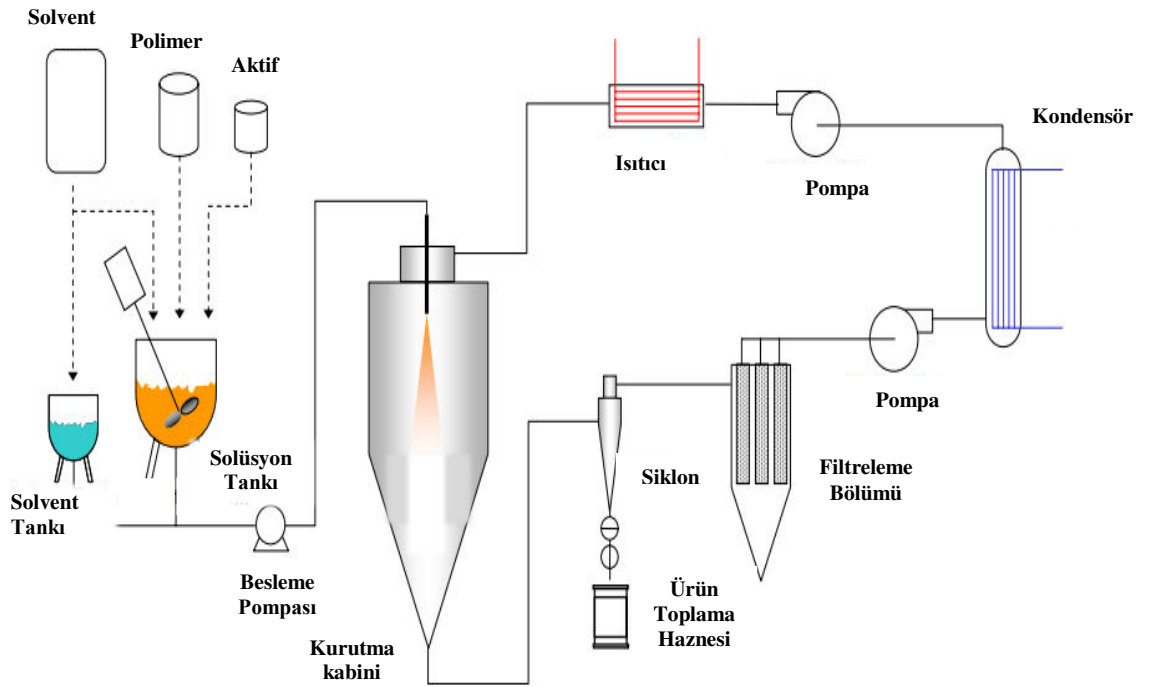
Püskürtmeli kurutma işlemi; sıvı formdaki ısıya duyarlı materyallerin, sıcak kurutma ortamına püskürtülerek kuru partiküllere dönüştürülmesi ve toz haline getirilmesi amacıyla geniş skalada yaygın olarak kullanılan endüstriyel bir teknolojidir. Sıcak kurutma ortamı olarak, çoğunlukla hava veya çok nadiren inert bir gaz olan azot kullanılmaktadır (Gharsallaoui *et al.*,2007). Bu teknolojinin genel amacı, düşük sermaye ve işletme maliyeti ile çevreye zarar vermeden; sıvı fazı, üründen minimal olumsuz etkiyle en hızlı şekilde uzaklaştırmaktır. Su içeriğinin ve su aktivitesinin azaltılması ile püskürtmeli kurutma; genellikle gıda endüstrisinde ürünlerin mikrobiyolojik stabilitesinin sağlanması, kimyasal ve/veya biyolojik degradasyon riskinden kaçınılması, depolama ve taşıma maliyetinin azaltılması ve son olarak hızlı çözünbilme gibi spesifik özellikleri olan ürün elde etmek için kullanılmaktadır (Gharsallaoui *et al.*, 2007). Kullanılan hammadde solüsyon, süspansiyon, emülsiyon ya da püre halinde olabilmektedir. Elde edilen kuru ürünün özellikleri; kullanılan hammaddenin fiziksel ve kimyasal özelliklerine, kurutucu dizaynına ve işletim şekline bağlıdır. Püskürtmeli kurutma tekniğinin, süt ve deterjan sektöründe endüstriyel boyutta uygulaması 1920’li yıllarda başlamış olsa da; Samuel Percy 1872 yılında “Sıvı materyallerin püskürtülerek kurutulmasında ve konsantre edilmesinde yenilikler” adı altında bu alanda patent alan ilk kişidir. Günümüzde püskürterek kurutma tekniğinin uygulanması; yumurta ürünleri,

içecekler, meyve ve sebze ekstraktları, karbonhidratlar, çay ekstraktları, yoğurt gibi birçok farklı ürünün toz forma getirilmesinde yaygın Şekilde kullanılmaktadır (Keshani *et al.*,2015).

Püskürtmeli kurutma prosesi, 4 farklı temel aşamadan oluşmaktadır (Estevinho *et al.*, 2013):

1. Püskürtme (atomizasyon),
2. Sıvı hammadde damlaları ve sıcak gazın teması,
3. Suyun evaporasyonu,
4. Gaz - hammadde tozu ayrımı.

Pskrtcnn dizaynında, damlacık boyutunun niformitesi ve püskürtücü jetinin homojenitesi dikkate alınması gereken önemli iki parametredir. Pnömatik ift kanallı, basınçlı ve koni püskürtücüler en yaygın kullanılan pskrtclerdir (Estevinho *et al.*,2013). Çok çeşitli üründe uygulanabilir olan püskürtmeli kurutucular için tek ve standart bir tasarım bulunmamakla birlikte, kurutucular her ürün için ayrı ayrı ele alınmakta ve ürün özelliklerine uyacak Şekilde tasarlanmaktadır (Jayaraman and Gupta, 2006). Şekil 2.7 püskürtmeli kurutuculara ait genel ekipman konfigürasyonu verilmektedir (Dobry *et al.*, 2009).



**Şekil 2.7.** Püskürtmeli kurutucuların genel ekipman konfigürasyonu

Püskürtmeli kurutucular çoğunlukla 5 temel kısımdan meydana gelmektedir.

Bunlar:

- Sıcak hava üretim düzeni,
- Ürünün çok küçük damlacıklar haline getirildiği püskürtücü sistem (atomizer),
- Sıcak hava ile püskürtülmüş olan ürünün temasta bulunduğu kurutma kabini,
- Kurutma kabininden gelen kuru toz ürünün paketlenme sıcaklığına aşamalı olarak soğutulduğu ve elendiği akışkan yatak (Özdeş, 2013)

Püskürtmeli kurutma, hızlı dehidrasyon işlemi ile kaliteyi muhafaza eden ekonomik bir tekniktir. Püskürtmeli kurutma, düşük işletme maliyetinden dolayı en ekonomik kurutma tekniği olarak kabul görmektedir. Hammami and René, (1997)' ye göre; endüstriyel boyuttaki kıyaslamalar, püskürtmeli kurutma işleminin az elektrik tüketimi ve kısa kurutma süresi sebebiyle, liyofilizasyondan yaklaşık 4-5 kat daha ekonomik olduğunu göstermektedir. Santivarangkna *et al.*, (2007) ise; yine püskürtmeli kurutmanın dondurarak kurutmadan sekiz kat, vakum kurutmadan ise 4 kat daha ekonomik olduğunu belirtmektedir. Bunun da ötesinde, bu kurutma tekniğinin diğerlerine göre kısa kurutma süresine sahip olması ile (5-100 s); besinsel bileşenler, renk ve tat gibi hassas kalite parametreleri muhafaza edilebilmektedir. Bu yöntemle kurutulmuş olan ürünler; düşük nem içeriği ve su aktivitesi sebebiyle oldukça stabil ürünler olmakla birlikte, yine bu şekilde kurutulmuş meyve ve sebzelerin nem içeriği ve su aktivite değerleri sırasıyla %2-5 ve 0,2-0,6'dır. Bu şartlar altında toz haline gelmiş olan ürün, mikrobiyolojik ve oksidatif bozulmaya (esmerleşme ve hidrolitik reaksiyonlar, lipid oksidasyonu, otooksidasyon ve diğer enzimatik reaksiyonlar) karşı daha dirençlidir. Püskürtmeli kurutma, işlemi her ne kadar kısa kurutma süresine sahip olsa da; likopen, b-karoten, antisiyoninler, C vitamini gibi hassas bileşiklere zarar veren; tipik olarak 150-220 °C'de giriş sıcaklığı ve 50-80 °C'de çıkış sıcaklığı ile yüksek kurutma sıcaklıklarını kullanmaktadır. Bunun da ötesinde, meyve ve sebze gibi şeker içeriği yüksek materyallerin, yüzeyde kalıntı problemine ve kurutma zorluğuna sebep olan yapışkanimsı yapılarından ve düşük camsı geçiş sıcaklığından dolayı bir taşıyıcı olmadan direkt olarak püskürtülerek kurutulması zordur (Shishir and Chen, 2017). Bu durumun önüne geçebilmek amacıyla, taşıyıcı olarak maltoz, sakkaroz, maltodekstrin

gibi karbonhidratlar kullanılmaktadır. Fakat bu katkı maddelerinin tat ve aromayı baskılayıcı özellikte olmaması istendiğinden, genellikle maltodekstrin tercih edilmektedir (Yokuş, 2014).

Püskürtmeli kurutucular farklı kriterlere göre farklı sınıflara ayrılabilir. Havanın ve besleme akışının yönüne dayalı olarak eş akımlı kurutucular, karşı akımlı kurutucular ve karışık akımlı kurutucular; ısıtma ortamının geri dönüşümlü/tekrar kullanılıp kullanılmadığına bağlı olarak açık çevrim, kapalı çevrim ve yarı kapalı çevrim kurutucular; kurutulmuş ürün ayrılmadan önceki geçiş sayısına bağlı olarak tek kademeli ve iki kademeli kurutucular ve en-boy oranına bağlı olarak kısa-form ve uzun-form kurutucular şeklinde kategorize edilmektedir (Anandharamkrishnan and Ishwarya, 2015).

#### **2.2.3.2.d. Mikrodalga kurutma**

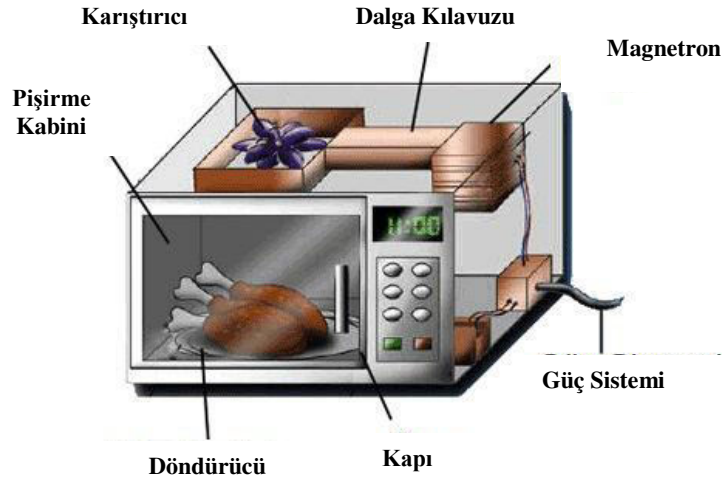
Mikrodalga kurutma, gıda endüstrisinde son dönemde oldukça popülerite kazanmış alternatif bir kurutma tekniğidir (Krokida and Maroulis, 1999). Bu teknolojiye olan büyük ilginin sebebi, kurutma esnasında kullandığı mikrodalgaların penetrasyon kapasitesinin yüksek olması; sadece yüzeyde değil aynı zamanda gıdaların içinde de ısı oluşturmalarıdır (Carranza-Concha *et al.*, 2012). Mikrodalga teknolojisi, materyalin iç kısmına difüze olabilen elektromanyetik dalgaları kullanarak gıda maddelerindeki su molekülleri ve iyonların harekete geçmesini sağlamakta, materyalin hızlı şekilde ısınmasına sebep olmaktadır (Sagar and Suresh Kumar, 2010; Fernandes *et al.*, 2011). Materyal içerisindeki suyun kaynaması ile ürünün iç ve dış kısmındaki buhar basıncı farkı yükselmekte ve nemin hızlıca dışarı çıkması sağlanmaktadır (Heybeli, 2017). Diğer bir ifadeyle mikrodalga kurutma elektromanyetik enerjinin, su içeren materyaller tarafından absorbe edildiği ve moleküler salınım ile ısıya dönüştürdüğü “volumetrik ısıtma işlemi”dir (Karam *et al.*, 2016).

Mikrodalga kurutma genellikle 915 ve 2450 MHz frekanslarında; bitki, patates, üzüm, elma, mantar, havuç, kivi, kuşkonmaz, armut, Amerikan ginseng kökü ve muzların kurutulmasında kullanılmaktadır (Karam *et al.*, 2016).

Mikrodalga kurutmada; elektromanyetik spektrumun bir bölümü olan, görünür ışık ve radyo dalgaları arasında yer alan mikrodalgalar kullanılmakta ve bu

mikrodalgaların dalga boyu 1 nm ile 1 m arasında ve frekansı ise 300 MHz ile 300 GHz arasında farklılık göstermektedir (Yokuş, 2014). Mikrodalga fırınlar; magnetron, transformatör, dağıtıcı ve kontrol ünitesinden oluşmakta ve magnetron aracılığıyla elektrik akımını, frekansı 60 Hz'den 2450 MHz' ye kadar olan mikrodalgalara dönüştürmektedir (Sagar and Suresh Kumar, 2010a; Yokuş, 2014). Mikrodalgada kurutma işlemi üç aşamadan oluşmaktadır (Karam *et al.*, 2016):

1. Mikrodalga enerjisinin, nemli materyal içerisinde termal enerjiye dönüştürüldüğü ve ürünün sıcaklığının zamanla arttığı ısıtma aşaması
2. Termal enerjinin, suyun buharlaştırılması ve transferi için kullanıldığı hızlı kuruma aşaması
3. Suyun buharlaştırılması için gereken enerjinin, mikrodalga tarafından üretilen termal enerjiden daha düşük bir noktaya çekildiği ve bölgesel nemin azaltıldığı kuruma aşaması



**Şekil 2.8** .Mikrodalga fırınların genel konfigürasyonu

Mikrodalga kurutma; gıdanın iç kısmına yüksek ısı iletkenlik, sanitasyon, kısmen düşük enerji maliyeti, kısa kuruma süresi, hassas işlem kontrolü, hızlı başlatılabilme ve kapatılabilme koşulları gibi çeşitli avantajlara sahip alternatif bir yöntemdir (Mujumdar and Law, 2010; Sagar and Suresh Kumar, 2010; İncedayı *et al.*,2016;). Gerekli sıcaklığa ulaşılan kadar olan geçici termal süreyi önemli ölçüde düşürdüğünden, sıcak hava ile kurutma gibi diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında

kuruma süresi kısaltılmakta, dolayısıyla daha yüksek kalitede ürün elde edilmektedir (Carranza-Concha *et al.*, 2012; İncedayı *et al.*,2016). Birçok araştırmacı, mikrodalga yönteminin kurutma hızını, sıcak hava ile kurutmaya nazaran %89 düzeyine kadar düşürdüğünü belirtmektedir (Karam *et al.*, 2016). Bununla birlikte, ısı kuru bölgede değil nemli olan kısımda üretildiğinden; nemli olmayan kısımlar fazladan ısıtılmayarak, sıcaklığın ürün üzerinde oluşturduğu olumsuz etkinin de önüne geçilebilmektedir (Carranza-Concha *et al.*, 2012).

Tüm bu avantajların yanı sıra sistemdeki enerji dağılımının anlaşılmasının oldukça zor olması, tekstürel hasara sebep olabilen uniform olmayan ısıtma işlemi, mikrodalgaların penetrasyonunun sınırlı olması, sofistike mekaniksel ve elektronik bileşenlerden oluşan yüksek ekipman maliyeti gibi bazı dezavantajları da beraberinde getirmektedir. Yapılan bir araştırmada, mikrodalga kuru elmanın pektin içeriği, tekstür ve mikroyapısı üzerine etkisi olduğu belirtilmektedir (Huang *et al.*,2006).

Mikrodalga kurutma, yalnız uygulanamadığından, bu dezavantajların üstesinden gelmek amacıyla; dondurarak kurutma, püskürtmeli kurutma, vakumda kurutma ve sıcak hava ile kurutma (kabin, akışkan yatak ve tünel tipi kurutucularda) gibi diğer bazı kurutma teknikleriyle biraraya getirilerek kullanılabilir (Chou and Chua, 2001). Bunlardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

- Mikrodalga destekli hava ile kurutma: Birçok endüstriyel gıda uygulamasında; kuruma süresinin kısaltılması, gıda kalitesinin iyileştirilmesi ve tekstürde meydana gelen büzüşmenin önlenmesi amacıyla sıcak havada kurutma tekniği yerine kullanılmaktadır (Karam *et al.*, 2016).
- Mikrodalga destekli vakumda kurutma: Vakumda kurutmanın, sıcak hava ile kurutmanın yerini almasıyla; mikrodalga destekli vakum kurutma oldukça önem kazanmıştır. Bu kombine tekniğin, özellikle ısıya duyarlı ürünler (yüksek şeker içeriğine sahip meyveler ve yüksek besin içeriğine sahip sebzeler gibi) açısından oldukça uygun olduğu ve enerji verimini arttırdığı belirtilmektedir ( Krokida and Maroulis, 1999; Hu *et al.*, 2006). Portakal, limon, greylift, ananas, çilek gibi bazı meyvelere ait konsantrelerin bu teknik ile kurutulduğu bildirilmektedir (Jayaraman and Gupta, 2006).

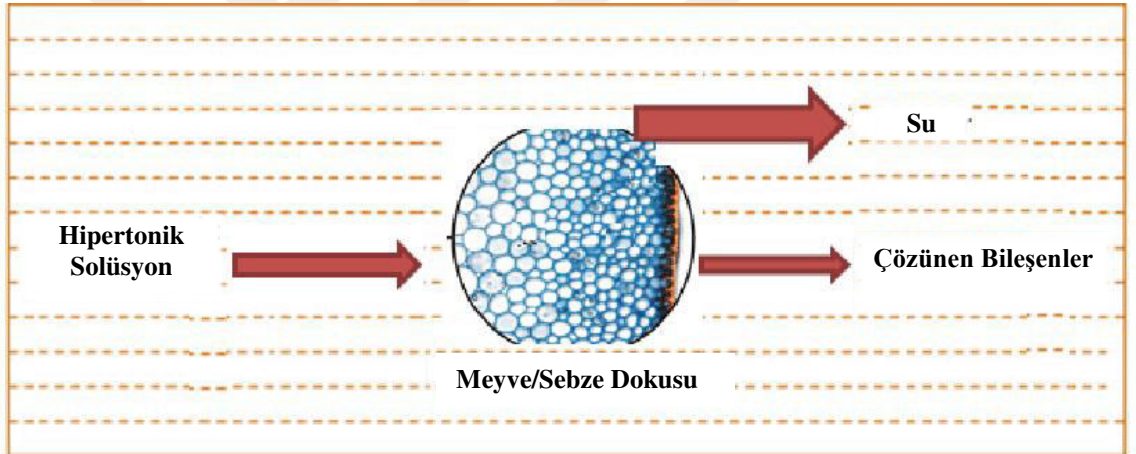
- Mikrodalga destekli dondurarak kurutma: Kurutma prosesini hızlandırmak, ürün kalitesini iyileştirmek ve dondurarak kurutmaya kıyasla maliyeti düşürmek amacıyla ön plana çıkan bir tekniktir (Karam *et al.*, 2016). Dondurarak kurutmada süblimasyon için gerekli olan enerjiyi sağlamak için mikrodalga radyasyonunun kullanıldığı bu kurutma yöntemi, daha önce çalışılmış olsa da araştırma ve uygulama hala deney aşamasında bulunmakla birlikte endüstriyel boyutta uygulanması güç bir tekniktir (Cui *et al.*, 2008).

#### **2.2.3.2.e. Ozmotik kurutma**

Ozmotik kurutma, biyolojik materyallerin (meyve ve sebzeler gibi) belirli bir süre boyunca hipertonic sulu bir çözeltiye daldırılmasıyla gerçekleştirilen, suyun uzaklaştırıldığı eşzamanlı karşı akımlı kütle transfer işlemi olarak tanımlanmaktadır (Jangam *et al.*, 2011). Kullanılan hipertonic çözelti, daha yüksek ozmotik basınca ve dolayısıyla daha düşük su aktivitesine sahip olduğundan, çözelti ve gıda arasında suyun hareketini sağlayan itici bir güç ortaya çıkmakta ve hücre duvarı yarı geçirgen bir zar gibi davranmaktadır. Membran, seçici geçirgen özellikte olduğundan solüsyondan gıdaya çözünen madde ve gıdadan da solüsyona suyun difüzyonu söz konusu olmaktadır (Jayaraman and Gupta, 2006). Suyun difüzyonu, çözünen maddelerin ozmotik çözümlerden dokuya eşzamanlı karşı difüzyonuyla ilişkilidir. Bu durum, işlem koşullarına bağlı olarak dokunun belirli bir çözünen madde kazancı/su kaybı oranı ile konsantre hale gelmesini sağlayan suyun ve çözünen maddenin net karşıt akışına katkıda bulunmaktadır (Chiralt and Fito, 2003). Ozmotik taşımadan sorumlu olan zar; yüksek düzeyde seçici geçirgen olmadığından, hücrelerde bulunan diğer çözümler (şeker, organik asitler, mineraller, vitaminler) ozmotik çözeltiye geçebilmektedir. Diğer geçiş ile karşılaştırıldığında kantitatif olarak ihmal edilebilse de nihai ürün kalitesi açısından önem arz etmektedir (Jangam *et al.*, 2011). Kullanılan ozmotik ajanların, toksik olmaması; iyi tada, yüksek çözünürlüğe ve düşük su aktivitesine ( $a_w$ ) sahip olması gerektiği bildirilmektedir. Şeker, bu amaçla farklı konsantrasyonlarda en yaygın kullanılan ajan olsa da; sebze gibi gıdalarda ozmotik ajan olarak şekerin yerini tuz almaktadır (Jayaraman and Gupta, 2006). Şekil 2.9 'da, ozmotik kurutma sırasında meyve ve sebzelerdeki kütle transferine yer verilmektedir (Ruskova *et al.*, 2016).



Ozmoz ile gıdaların taze ağırlıklarında %50'ye kadar düşüş sağlanabilmektedir. Meyvelerde ve daha az düzeyde sebzelerde, orta düzeyli nemli gıdaların ve raf ömrü uzun ürünlerin üretimine yönelik bir teknik ya da geleneksel kurutmada meydana gelen ısı hasarını ve enerji tüketimini azaltmak için kurutma öncesi işlem (ön konsantrasyon) olarak son dönemde ön plana çıkmıştır. Diğer kurutma teknikleriyle karşılaştırıldığında, direkt ozmoz uygulamasının renk ve lezzette ısı hasarını minimize etmesi, enzimatik esmerleşmeden kaynaklanan renk değişiminin azaltılması, lezzet bileşenlerinin daha iyi muhafaza edilmesi ve suyun faz değiştirmeden uzaklaştırılması ile daha az enerji tüketimi gibi bazı avantajları bulunmaktadır. Fakat sadece bu yöntemle ürünler tamamiyle kurutulamadığı için, ürünlerin raf ömrünün uzatılabilmesi için ek uygulamalar gerektirmektedir (Mujumdar, 2007)



**Şekil 2.9.**Ozmotik kurutma sırasında meyve ve sebzelerdeki kütle transferi

Ozmotik kurutma sırasında, materyalden suyun difüzyon oranını etkileyen farklı değişkenler ve işlem parametreleri olduğundan genel bir kural belirlemek mümkün değildir. Bununla birlikte ozmotik basınç; bitki dokusu, yapısı ve kütsel transfer ilişkisi en önemli parametreler arasında yer almaktadır (Jangam *et al.*, 2011). Genel olarak çözelti içerisindeki çözünür madde miktarı, daldırma süresi, sıcaklık, solüsyon-gıda oranı, gıdanın spesifik yüzey alanının artırılması ve vakum, karıştırma gibi işlemlerin uygulanması ve yeniden konsantre edilmesi ile ozmoza tabi tutulan meyvelerdeki ağırlık kaybının arttığı bildirilmektedir (Mujumdar, 2007).



### 2.2.3.2.f. Isı pompalı (heat pump) kurutma

Vitaminler, pigmentler ve aroma bileşikleri gibi gıda bileşenlerinin oksidasyonu; gıdaların işlenmesi sırasında kalite kaybının en önemli nedenlerinden biri olmakla beraber; kuru ve dondurulmuş ürünler gibi mikrobiyolojik açıdan güvenli gıdalarda bozulmaya sebep olan temel reaksiyondur. Membran lipidleri, vitaminler, pigmentler ve enzimler otooksidasyon yoluyla okside olmaktadır (Ramesh *et al.*, 1999).

Son dönemde, katkı maddesi ve koruyucuları en az düzeyde içeren gıdalara talep oldukça artmakta ve kurutma sırasında katkı maddelerinin minimize edilerek yüksek kalitede ürün elde edilebilmesi ise ekipman ve teknoloji ile ilgili hususlara bağlı olmaktadır. Bu durum, gıda endüstrisi ve kurutucu üreticilerine; sıcaklığa duyarlı materyallerde kullanılabilen, yüksek kalitede nihai ürün sağlayabilen yeni teknolojilerin geliştirilmesiyle ilgili zorluklar doğurmaktadır (Hawlder *et al.*, 2006b). Kurutulan materyalde oksidasyonu ve diğer bozucu reaksiyonları önlemek ve ürünün biyoaktif bileşenlerinin zarar görmesini engellemek amacıyla, geleneksel kurutma yöntemlerinde kullanılan %21 düzeyinde oksijen içeren hava; azot (N<sub>2</sub>) ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gibi gazlarla modifiye edilebilmekte ve bu reaksiyonlar için gerekli olan oksijen ortamdan uzaklaştırılmaktadır (Mujumdar and Law, 2010). Modifiye atmosfer kullanımının normal atmosfer ile kıyaslandığında kuruma oranını, rehidrasyon kapasitesini, kütle ve ısı transferini arttırdığı; esmerleşme ve büzüşmeyi azalttığı bildirilmektedir (Santos and Silva, 2009; Dounporn *et al.*, 2012).

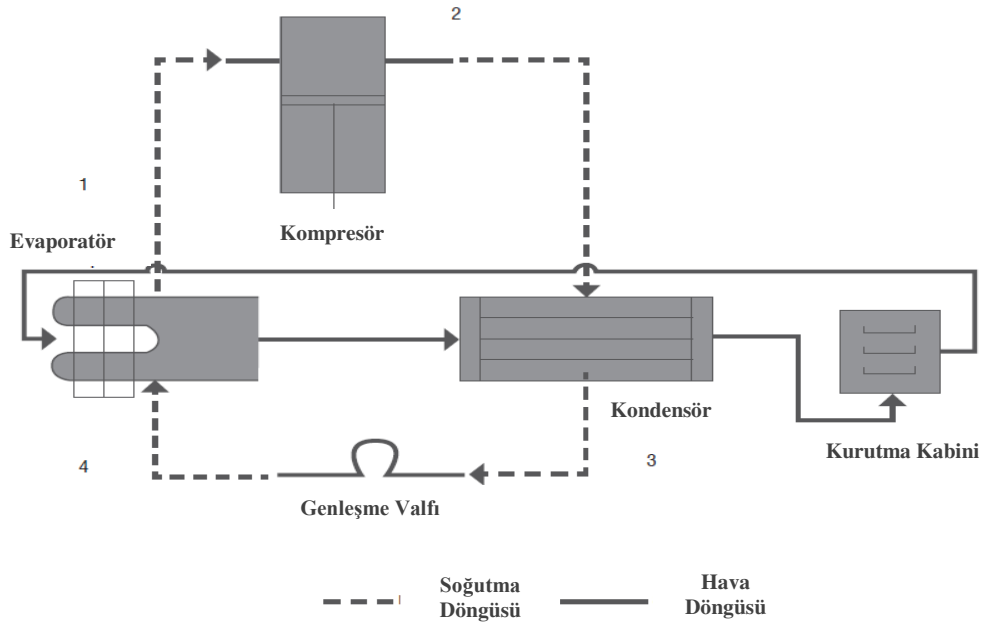
Isı pompalı kurutma tekniği (Heat pump kurutma-HPK), modifiye atmosfer koşulları altında kurutma işlemi yaparak; ürünlerin renk, rehidrasyon kapasitesi, tekstür ve diğer önemli kalite parametrelerindeki kayıpları minimize etmekte, dolayısıyla daha yüksek kalitede kuru ürün üretimini olanaklı hale getirmektedir (O'Neill *et al.*, 1998; Liu *et al.*, 2014). Isı pompalı kurutmada, ürüne zarar verecek sıcaklık değeri aşılmadan kurutma işlemi yapıldığından; bu kurutma tekniği meyve, sebze ve biyolojik materyaller gibi ısıya duyarlı ürünler için özellikle ilgi odağı haline gelmiştir (Colak and Hepbasli, 2009b; Fernandes *et al.*, 2011). Bu kurutma sistemi; geniş sıcaklık değerleri arasında, hava koşullarından bağımsız olarak işletilebilmekte, kapalı bir döngüde gizli ısının geri kazanımını sağladığından daha az enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır (Hawlder *et al.*, 2006b).

Kurutma alanında ısı pompalarının kullanımı 1950'lerin başından beri incelenmiş ve bu fikir mekanik olarak uygulanabilir olsa da, o dönemdeki yakıt fiyatları nedeniyle ekonomik açıdan uygun bulunmamıştır. Ancak 1970'lerin başındaki yakıt maliyetleri, beklenen enerji tasarrufunu karşılaması nedeniyle, bu alanda ısı pompalarının kullanımına olan ilgiyi yeniden canlandırmıştır (Sagar and Suresh Kumar, 2010). Isı pompalarının konvensiyonel sıcak hava kurutucularında kullanımı, ısı pompalı kurutma işlemi için ideal bir ortam oluşturmaktadır (Colak and Hepbasli, 2009b). En basit haliyle ısı pompalı kurutucular; ısıtıcı, kompresör ve yoğuşturucudan meydana gelmektedir. Isıtıcıda istenilen sıcaklığa getirilen kuru hava, kompresör yardımıyla kurutma ortamına gönderilerek burada bulunan üründeki nem havaya aktarılmaktadır. Elde edilen nemli hava, yoğuşturucuya yönlendirilmekte ve burada yoğuşan nem dışarıya atılmaktadır. Nemi uzaklaştırılmış olan hava ise tekrardan sisteme verilerek çevrim tamamlanmaktadır (Suiçmez, 2014). Isı pompalı kurutuculara ait şematik diyagram Şekil 2.10'da gösterilmektedir (Kivevele and Huan, 2014). Mevcut ısı pompalı kurutucuların çoğu havayı sirküle edebilir yapıda olsa da, havayı sirküle etmeyen çeşitleri de bulunmaktadır. Fakat her iki çeşitinden de enerji verimliliği oldukça yüksektir (Mujumdar, 2007). Taşeri *et al.*, (2018) Hamburg Misket üzümünü 45 °C'lik kurutma atmosferi ve farklı hava hızına (1,5; 2,0 ve 2,5 m/s) sahip; açık devre ve laboratuvar tipi kapalı devre ısı pompalı (HP) kurutucuda (kontrol olarak) kurutmuş; konvensiyonel kurutucular ile kıyaslandığında ısı pompalı kurutucunun enerji tüketimini %50 düzeyinde azalttığını tespit etmiştir.

Konvensiyonel (geleneksel) kurutucular ile kıyaslandığında, ısı pompalı kurutucuların yüksek enerji verimliliği, yüksek ürün kalitesi, ürün ihtiyacını karşılayan kontrollü sıcaklık profili, çevre dostu oluşu, geniş kurutma sıcaklık aralığı [-20 - (80) °C ], hava şartlarından bağımsız olarak işletilebilme gibi avantajları bulunmaktadır (Colak and Hepbasli, 2009a; Kivevele and Huan, 2014). Bu avantajlarının yanı sıra yüksek kurulum maliyeti, maksimum sıcaklığının 60-80 °C'lerle sınırlı olması, soğutucuda sızıntının oluşabilmesi, sistemin düzenli bakım gerektirmesi gibi bazı dezavantajları da bulunmaktadır ( Mujumdar, 2007; Kivevele and Huan, 2014)

Ramesh *et al.*, (1999), yaptığı çalışmalarla inert atmosfer ile yapılan kurutma işleminin kuruma oranını, kütle ve ısı transferini arttırdığını; C vitamini, karotenoidler

gibi besinsel bileşenlerin muhafazasını sağladığını belirtmektedir (Liu *et al.*, 2014), Perera and Rahman, (1997) da yine modifiye atmosfer şartlarında [azot (N<sub>2</sub>) kullanarak] kuruttuğu elmaların renginin ve C vitamini içeriğinin çok iyi şekilde muhafaza edildiğini bildirmektedir (Hawladar *et al.*,2006b).



**Şekil 2.10.** Isı pompalı kurutucuların şematik diyagramı

Bir başka çalışmada ise ısı pompalı kurutma teknolojisi ile inert ortam koşulları birleştirilerek, modifiye atmosferde ısı pompalı kurutma yöntemi geliştirilmiş; elma, guava ve patates gibi çeşitli meyve ve sebzeler bu yöntem kullanılarak kurutulmuştur. N<sub>2</sub> ve/veya CO<sub>2</sub> ile kurutulmuş ürünlere ait renk ve besinsel bileşiklerin muhafazasının, vakum veya dondurarak kurutma ile kurutulan ürünlere benzer olduğu tespit edilmiştir (Hawladar *et al.*, 2006b, 2006a; Hawladar, *et al.*,2006). O'Neill *et al.*, (1998), normal havanın inert gaz (N<sub>2</sub>) ile değiştirildiği şartlarda kuruttıkları elma küplerinin daha yüksek poroziteye sahip olduğunu tespit etmiştir.

Isı pompalı kurutucuların, aynı sıcaklıkta işletilen geleneksel kurutucularla kıyaslandığında %60-80 daha az enerji tükettiğini belirtmektedir. Soğan dilimleri üzerinde yürütülen bir diğer araştırma da yine konvensiyonel kurutucularla kıyaslanınca ısı pompalı kurutucuların yaklaşık %30 daha az enerji harcadığını göstermektedir

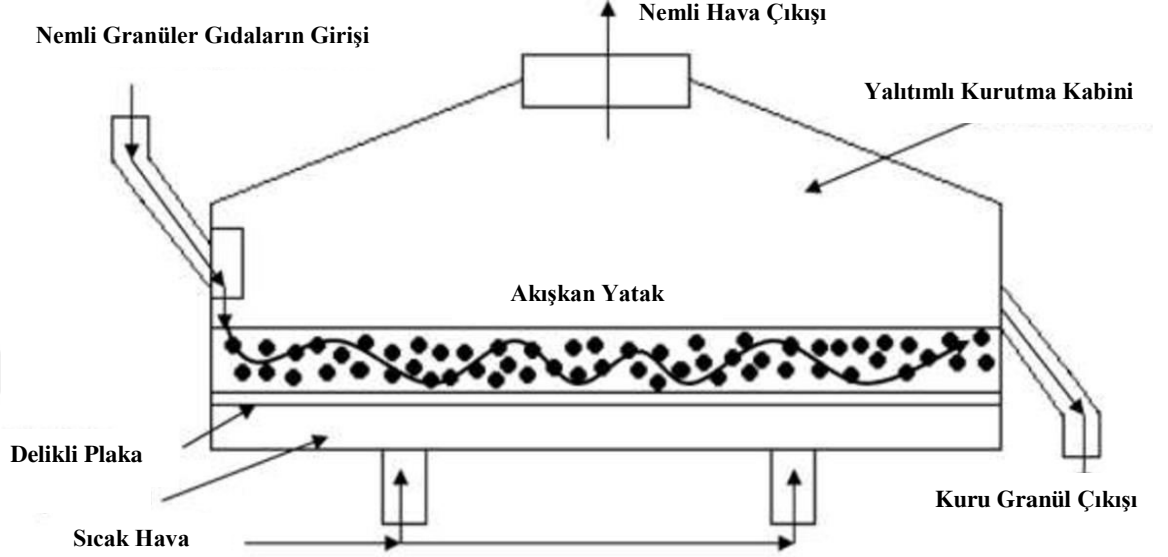
(Hawlder *et al.*, 2006b). Isı pompalı kurutucuda 50 °C’de kurutulan Avusturalya findığında da esmerleşme probleminin olmadığı tespit edilmiştir (Colak and Hepbasli, 2009a).

Literatürde ısı pompalı kurutma tekniğinin farklı tekniklerle desteklenerek uygulandığı çalışmalar da yer almaktadır. Bu kapsamda Taşeri *et al.*, (2018), rendelenmiş havucu ısı pompalı kurutucu ve kızıl ötesi destekli ısı pompalı kurutucu ile kurutmuş; kurutucuların enerji ve ekserji verimliliği ile havucun kuruma kinetiği üzerine çalışmıştır. (Yang *et al.*, 2018), ise ultrason destekli ısı pompalı kurutucunun bezelyenin kuruma kinetiği, antioksidan enzimleri ve çimlenme potansiyeli üzerine etkisini araştırmıştır. Bunlar dışında solar (Huy and Nhüt, 2018) ve radyo frekansı (Zhang *et al.*, 2017) destekli ısı pompalı kurutucular ile vakum ısı pompalı (Dikmen *et al.*, 2018) tamburlu (Gatarić *et al.*, 2018) ve akışkan yatak ısı pompalı kurutucular ile çalışmalar yapılmıştır.

#### **2.2.3.2.g. Akışkan yatak kurutma**

En ilgi çekici kurutma metodlarından biri olan akışkan yatak kurutma; gıda, seramik, farmasötikler ve tarım endüstrisi alanında granüler katıların kurutulmasında oldukça yaygın şekilde kullanılmaktadır (Chou and Chua, 2001; Hashemi *et al.*, 2009). Akışkan yatak kurutmada; sıcak hava, ürün üzerindeki yerçekimi kuvvetinin üstesinden gelmek ve parçacıkları asılı (akışkanlaşmış) halde tutmak amacıyla yeterince yüksek bir hızda, gıda partiküllerinin bulunduğu yataktan geçirilmektedir (Mujumdar, 2007). Bu sebeple kurutulan malzeme, geleneksel sistemlerden farklı olarak ısı alışverişinin olduğu herhangi bir yüzeye serilmeden serbest olarak akmaktadır (Özdeş, 2013). Bu kurutma çeşidine ait genel çalışma prensibi Şekil 2.11’ de verilmektedir (Kumar and Belorkar, 2015). Akışkanlaştırma, küçük bir alanda kuruma yüzey alanını maksimize etmenin çok etkili bir yoludur. Bunun için gerekli olan hava; ürüne ve daha spesifik olarak parçacık büyüklüğü ile yoğunluğuna göre değişmektedir. Meyve-sebze alanında bezelye, fasulye ve doğranmış sebzelerin ticari olarak kurutulmasının yanı sıra; patates granülleri, ince soğan dilimleri ve meyve suyu tozlarını kurutmak için de kullanılmaktadır. Akışkan yatak kurutucular, genellikle diğer kurutucu tipleriyle başlatılan kurutma işleminin tamamlanması için ikincil kurutucu olarak kullanılmakta

ve birtakım değişikliklerle kesikli veya sürekli bir proses olarak gerçekleştirilebilmektedir (Mujumdar, 2007).



**Şekil 2.11.** Akışkan yatak kurutucuların genel çalışma prensibi

Bu metod; tanecik karışımının iyi olması dolayısıyla kurutmada homojen bir sürecin meydana gelmesi, bakımı ve işletimi kolay ekipmandan oluşması, kolay otomatize edilebilmesi, sıcaklığın tekdüze ve yakından kontrol edilebilmesi, bazı prosesler ile kombinasyonunun kolay olması, kuruma oranını arttıran ve daha kısa kuruma süresi sağlayan yüksek ısı ve kütle transferi gibi avantajlara sahiptir. Ayrıca ürünün aşırı ısıya maruz kalmaması, biyolojik ürünler gibi ısıya duyarlı malzemelerin kurutulmasında akışkan yataklı kurutucunun tercih sebepleri arasında yer almaktadır (Mujumdar, 2007; Hashemi *et al.*, 2009; Suiçmez, 2014).

Tüm bu avantajlarının yanı sıra ürün partiküllerinin mekanik açıdan zarara uğrama riski, şekil değişikliğinin meydana gelmesi ve taneciklerin topaklaşarak akışkanlığı zorlaştırmaları gibi bazı dezavantajları da beraberinde getirmektedir (Yokuş, 2014). Ayrıca akışkan yataklı kurutmada, ısı transferi gaz hızının artırılmasıyla iyileştirilebilse de; yüksek hız, partiküllerin yataktan dışarı taşmasına ve ekipmanın volumetrik etkinliğinin azalmasına sebep olmaktadır. Bu durum, gaz- katı teması açısından istenmeyen bir durum olarak ön plana çıkmaktadır. Çünkü gazın çoğu partiküle ait yüzeylere etkin şekilde temas etmeden geçmektedir. Bu kurutma işleminin

bir diğerk dezavantajı ise; maksimum gaz hızının gıda partiküllerinin şekil, yüzey pürüzlülüğü, yoğunluk ve sertlik gibi fiziksel özelliklerine bağılı olmasıdır. Maksimum gaz hızı, proses için genellikle kritik bir gaz sıcaklığı olduğı için yatağı verilen ısı miktarını kontrol etmektedir (Mujumdar, 2007).

#### **2.2.3.2.ğ. Kızılötesi ışınım ile kurutma**

Kızılötesi ışınım ile kurutma 0,5-1000 µm dalga boyunda uygulanan bir ışınım yöntemidir. Birçok gıda maddesinin ısıtılması, kurutulması ve yüzey pastörizasyonu amacıyla uygulanabilmektedir. Kızılötesi (IR) kurutma, kurutma sürecini hızlandırmak için ilave hassas ısıtma sağlayarak kuruma süresini azaltmaya yardımcı olmaktadır. Kızılötesi enerji, ürünü çevreleyen havayı ısıtmadan ürün yüzeyine aktarılmaktadır (Chou and Chua, 2001).

#### **2.2.3.2.h. Kızgın buharda kurutma**

Kızgın buharda kurutma fikri esasen 100 yıl önce öne sürülmüş olduğı ve ilk endüstriyel boyuttaki uygulamalarının 60 yıl kadar önce Almanya' da yapıldığı belirtilse de; bu kurutma tekniğı son 10 yılda gün ışığına çıkmış ve yüksek potansiyeliyle yeni bir teknik olarak geçerli hale gelmiştir. Direkt ya da direkt-indirekt olarak kombine edilmiş herhangi bir kurutucuda, kızgın buharda kurutma prensibi uygulanabilmektedir. Fakat teknoloji oldukça karmaşık olduğundan kurutucu tiplerine uygulaması kolay olmamakta, bu sebeple kızgın buharda kurutma işleminde kullanılacak kurutucularda ek kriterler dikkate alınmalıdır (Mujumdar, 2007).

Kızgın buhar, oksijen içermediğinden oksidatif veya yanma reaksiyonları önlenmekte, yangın ve patlama riski de ortadan kaldırılmaktadır. Kızgın buharla kurutulmuş ürünlerin kalitesi, geleneksel sıcak hava ile kurutulanlardan daha iyi olma eğiliminde olmakla birlikte, bu kurutma yöntemi ürünlerin pastörizasyon, sterilizasyon ve deodorizasyonuna da imkân sağlamaktadır. Bu, özellikle yüksek hijyenik standartları gerektiren gıda ve farmasötik ürünlerde önem arz etmektedir. Ek olarak, kızgın buharda kurutma, belirli koşullar altında hem sabit hem de azalan hızda kuruma periyodunda daha yüksek kuruma hızı sağlayabilmektedir. Kapalı sistemde kızgın buharla kurutma, koku, toz veya diğerk riskli bileşenleri sistemde tutarak dışarıya çıkmasını engellemektedir. Kirliliğe sebep olan maddeler, yoğuşan atık buharda konsantre

edilmekte; diğer taraftan ise istenen organik bileşikler, bu yöntemle muhafaza edilebilmektedir (Mujumdar, 2010).

Kızgın buharda kurutmanın avantajlarıyla birlikte bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Kızgın buharlı kurutucularda, başlatma ve kapatma işlemleri havanın kullanıldığı kurutuculardan daha karmaşıktır. Çünkü beslenen madde, sisteme oda sıcaklığında girmekte ve bu aşamada evaporasyon işlemi başlamadan önce bir yoğunlaşma aşamasına ihtiyaç vardır. Bu durum, ürünün sistem içerisinde tutulma süresini yaklaşık %10-15 arttırmaktadır. Bunun dışında, eriyebilen ve kızgın buharın sıcaklığından herhangi bir şekilde zarar görebilecek ürünler ile oksidasyon reaksiyonlarının istendiği ürünler bu yöntemle kurutulmamaktadır.

#### **2.2.4. Gıdaların kalite parametreleri ve kurutma sırasındaki değişimi**

Kurutma işlemi, nem içeriğini azaltarak üründe meydana gelen birçok mikrobiyal ve kimyasal bozulmanın önüne geçmesi ve ürün hacmini ciddi şekilde azaltması gibi avantajlarıyla bilinen bir muhafaza tekniği olmasına rağmen; kurutma şartlarına bağlı olarak esmerleşme, renk değişimi, rehidrasyon kabiliyetinde düşüş, büzüşme ve besinsel –fonksiyonel bileşenlerde kayıp gibi kuru ürünün ticari potansiyeline zarar veren birçok olumsuz sonucu da beraberinde getirmektedir (Colak and Hepbasli, 2009b; Vega-Gálvez *et al.*, 2009, 2012; Sagar and Suresh Kumar, 2010; Corrêa *et al.*, 2012; Korbel *et al.*, 2013;). Çünkü birçok geleneksel kurutma metodunda, ürün uzun bir periyot boyunca yüksek sıcaklıklara maruz bırakıldığı ve ortam atmosferi olarak hava kullanıldığından, bu durum ısı ve oksijene duyarlı bileşenlere zarar vermektedir (O'Neill *et al.*, 1998; Santos and Silva, 2009). Örneğin; meyve ve sebze gibi ürünler su, karbonhidrat, protein ve lipid fraksiyonlarından oluşmaktadır. Bu bileşenler, yüksek sıcaklığın kullanıldığı kurutma koşullarında kolaylıkla modifiye olmakta ve sonuçta ürün kalitesinde kayıplar meydana gelmektedir (Colak and Hepbasli, 2009). Günümüzde tüketiciler, taze ürüne ait besinsel ve organoleptik özellikleri çok yüksek düzeyde içeren kuru ürün talebinde bulunmaktadır. Bu sebeple, kurutma esnasında gıdalarda meydana gelen kimyasal ve biyokimyasal değişimler anlaşılmalı ve bu kalite kayıplarını önlemek amacıyla yeni yöntemler geliştirilmeye çalışılmakta; çeşitli sofistike ekipmanlar, gıdaların ve biyoaktif materyallerin kurutulması amacıyla kullanılmaktadır (O'Neill *et al.*, 1998; Mayor and Sereno, 2004).

Kuru ürünlere ait en fazla araştırılan özellikler, teknik ve kalite özellikleri olmak üzere iki temel başlık altında toplanmaktadır. Etkin nem yayılımı, etkin ısıl iletkenlik, kurutma kinetiği, özgül ısı, denge nem içeriği kuru ürünlerin teknik özellikleri arasında yer almaktadır. Kuru ürünlerin kalite parametreleri ise; termal özellikler (camsı, kristallimsi, elastik vs.), yapısal ve tekstürel özellikler (yoğunluk, gözeneklilik, gözenek boyutu, spesifik hacim), görsel özellikler (renk, görünüm), duyuşal özellikler (aroma, tat, lezzet), beslenme özellikleri (vitaminler, proteinler) ve rehidrasyon özellikleri (rehidrasyon oranı, rehidrasyon kapasitesi) gibi gruplara ayrılmaktadır (Krokida *et al.*, 2000). Kurutma sırasında gıdaların fiziksel, kimyasal ve besinsel kalitesini etkileyen faktörlere Çizelge 2.2 'de yer verilmektedir (Chou and Chua, 2001).

**Çizelge 2.2.** Kurutma sırasında gıdaların kalitesini etkileyen faktörler

<b>Fiziksel</b>	<b>Kimyasal</b>	<b>Besinsel</b>
Rehidrasyon	Esmerleşme reaksiyonu	Vitamin kaybı
Çözünürlük	Lipid oksidasyonu	Protein kaybı
Tekstür	Renk kaybı	Mikroorganizma canlılığı
Aroma kaybı	Jelatinizasyon	

Kuru ürünlere ait bu kalite parametreleri, kurutma metodu ve şartlarına bağlı olduğundan kalitenin muhafaza edilebilmesi için, doğru kurutma koşulları ve kurutucunun seçilmesi oldukça önemlidir. Yanlış tercih edilen sistem veya şartlar, daha önce bahsi geçen birçok olumsuz sonucu da beraberinde getirmektedir. Bu bağlamda kurutucu seçiminde özellikle ürün çeşidi ve miktarı, suyun formu, kurutma kinetiği, ısıl duyarlılık, ürünün fiziksel yapısı, son üründe arzulanan özellikler gibi parametreler dikkatle göz önünde bulundurulmalıdır (Wojdyło *et al.*, 2009; Deng *et al.*, 2011). Örneğin; herhangi bir tahıl ürünü için uzun raf ömrü gerekliyse, hızlı nem emilimini önleyen sert yapıda ürün tercih edilmekte ve bu sebeple bu ihtiyacı karşılayan sıcak hava ile kurutma gibi bir teknik kullanılmadığıdır. Diğer yandan ise hazır eriştelelerde kullanılan kuru sebzelerde, hızlı rehidrasyon özelliğine sahip gözenekli yapı gerektiğinden, dondurarak kurutma (liyofilizasyon) gibi yüksek rehidrasyon kapasitesi sağlayan bir teknik tercih edilmelidir (O'Neill *et al.*, 1998).



#### **2.2.4.1.Fiziksel özellikler ve değişimi**

Kurutma işlemi sırasında; ürünlerin fiziksel özelliklerinde renk kaybı, tekstürde bozulma, rehidrasyon kapasitesinde azalma, gözeneklerde artma veya azalma ile mikroyapıda bozulma gibi olumsuz değişiklikler meydana gelmekte ve ürünün son kalitesini etkilemektedir (O'Neill *et al.*, 1998; Sagar and Suresh Kumar, 2010; Ciurzyńska and Lenart, 2011). Üründe istenen renge ulaşılmada; kurutma yönteminde kullanılan sıcaklık ve ortamda bulunan oksijen düzeyi temel proses faktörleri arasında yer almaktadır. Bunun dışında tekstür, yoğunluk, ıslanabilirlik, rehidrasyon kapasitesi ve mekaniksel özellikler gibi diğer fiziksel özellikler de kurutma prosesi şartlarına bağlıdır (O'Neill *et al.*,1998). Örneğin, geleneksel sıcak hava ile kurutma, hücre yapısını bozmakta; dondurarak kurutmada ise suyun katı formda oluşu temel hücre yapısını ve ürün şeklini koruyarak yüksek poroziteye sahip son ürün eldesi sağlamaktadır (Sagar and Suresh Kumar, 2010). Yine vakumda kurutma tekniği de geleneksel yöntemlerle kıyaslandığında porozitesi daha yüksek ve renk kaybı daha az olan kuru ürün ile sonuçlanmaktadır (Karam *et al.*, 2016).

##### **2.2.4.1.a. Renk**

Renk, tüketici açısından ürünün kabul edilebilirliğini belirgin şekilde etkilemesi sebebiyle, hem taze hem de işlenmiş gıdalarda en önemli duyuşal parametrelerden biri olarak değerlendirilmektedir (Waliszewski *et al.*, 2000; Özkan *et al.*, 2003). Bu sebeple üreticilerin büyük bir kısmı, rengin fizyolojik etkisini ürün kalitesini arttırmak amacıyla kullanmakta ve birçok çalışma rengin, ürün kabul edilebilirliğini doğrudan veya dolaylı olarak etkilediğini göstermektedir (Waliszewski *et al.*, 2000). Anormal gıda rengi; yeme kalitesinin azalması ve bozulma ile de ilişkilendirilmektedir (Fernandes *et al.*,2011). Rengin belirlenmesi amacıyla; yıkıcı ve yıkıcı olmayan olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Yıkıcı olan yöntem; renk pigmentlerine ait olan ekstraktın spektrofotometrik olarak veya yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) kullanılarak değerlendirilmesine dayanmaktadır. Bu yöntem alternatif olan ve araştırmacılar tarafından daha çok tercih edilen yıkıcı olmayan yöntemde ise; bir cisimden yansıyan ışığı, insan gözünün algılayıcılarıyla aynı duyarlılığa sahip olan, üç temel renk (kırmızı, yeşil ve mavi) çeşidini kullanarak ölçüm yapan tristimulus renk ölçerler kullanılmaktadır. CIE (Uluslararası Renk Belirleme Komisyonu) Hunter L\*

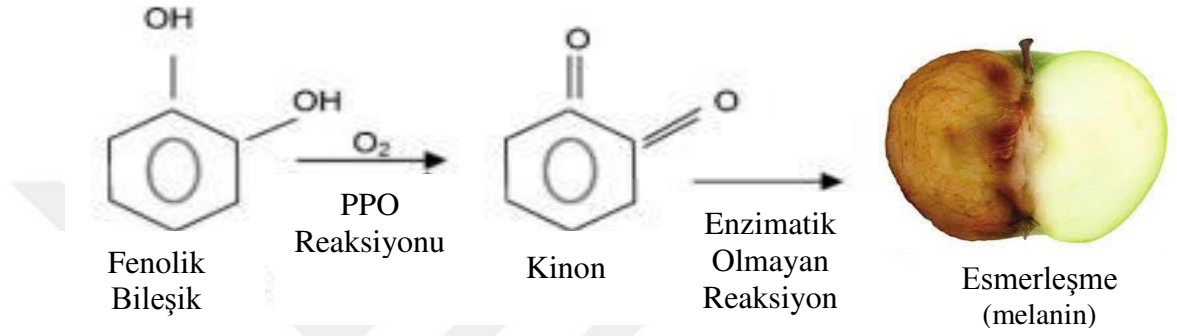
(açıklık, parlaklık), Hunter a\* (kırmızılık-yeşilik) ve Hunter b\* (sarılık-mavilik), bu alanda kullanılan en yaygın renk parametreleridir. Ayrıca bu renk parametreleri kullanılarak, C\* (chroma değeri), h\* (hue açısı) ve BI (kahverengileşme indeksi) değerleri hesaplanmakta ve renk ölçümlerinde kullanılmaktadır (Çelebi, 2011).

Kurutma işlemi sırasında gerçekleşen enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sonucu, gıdaların renginde değişimler meydana gelebilmekte ve bu durum ürün kalitesini etkilemektedir (Waliszewski *et al.*, 2000; Korbel *et al.*, 2013). Bu reaksiyonlar, bazı durumlarda arzu ediliyor olsa da, birçok durumda sadece rengi olumsuz etkilemesi sebebiyle değil; aynı zamanda istenmeyen tat oluşumu ve lizin ile diğer protein bölümlerine ait  $\alpha$ -amino gruplarını etkileyerek besinsel bileşenlerin kaybına sebep olması sebebiyle arzu edilmemektedir. Her iki tip esmerleşme reaksiyonu da pH,  $a_w$ , substrat konsantrasyonu, sıcaklık ve reaktant amin ile şeker grubu çeşidi gibi kimyasal ve fiziksel faktörlerden etkilenmektedir (Jangam *et al.*, 2007; Korbel *et al.*, 2013)

Enzimatik esmerleşme; oksijen, enzim, bakır ve substrat olmak üzere dört bileşenin varlığında gerçekleşmektedir (Contreras *et al.*, 2008). Polifenol oksidaz enzimi (PPO); substratı olan mono- ve orto-difenoller oksidasyona uğratarak o-benzokinonların oluşmasına sebep olmakta ve oluşan o-benzokinonlar ise enzimatik olmayan ileri bir tepkimyle kahverengi pigmentler olan melaninlere polimerize olmaktadır (Whitaker and Lee, 1995; Mujumdar, 2006; Korbel *et al.*, 2013). Polifenol oksidaz enzimi, zarar görmemiş sağlıklı bir dokuda plastidler içerisinde inaktif formda bulunmakta ve hücre herhangi bir şekilde kesildiğinde veya parçalandığında aktifleşmektedir. Aynı fenomen, membran geçirgenliğini etkileyen yüksek sıcaklıkların uygulandığı kurutma koşullarında da gerçekleşmektedir (Korbel *et al.*, 2013).

Enzimatik esmerleşmeye sebep olan PPO aktivitesi; enzimin ısı ile inaktivasyonu, substratlardan (oksijen ve fenoller) birinin veya her ikisinin ortamdan uzaklaştırılması, pH'nın en az 2 birim veya enzimin çalıştığı optimum pH değerinin altına düşürülmesi. PPO'yu inhibe eden veya melanin oluşumunu engelleyen bileşiklerin eklenmesiyle önlenmektedir (Whitaker and Lee, 1995). Bu bağlamda endüstri boyutunda esmerleşme reaksiyonu; askorbat, sodyum bisülfid, sülfür dioksit kullanımı ve sitrik, malik ile asetik asit gibi organik asitlerle pH'nın düşürülmesi

yoluyla kontrol altına alınmaktadır (O'Neill *et al.*, 1998). Sülfid bileşikleri, izin verilen sınırlar dâhilinde kullanıldığında her ne kadar güvenli bir katkı maddesi olarak ele alınsa da, bazı kişilerde oluşturduğu aşırı duyarlılığa sebep olduğu rapor edilmiştir (Mujumdar, 2007). Bu sebeple sağlık açısından tüketiciler tarafından tercih edilmemektedir. Şekil 2.12'de enzimatik esmerleşme reaksiyonu gösterilmektedir.



**Şekil 2.12.** Enzimatik esmerleşme reaksiyonu

Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları ise; maillard reaksiyonu, karamelizasyon ve askorbik asit oksidasyonu olmak üzere genellikle üç gruba ayrılmaktadır (Sagar and Suresh Kumar, 2010). Maillard reaksiyonu, amino grupları ile aktif karbonil grupları arasındaki bir dizi farklı reaksiyon dizisini tanımlamakta ve tümü melanoidin pigmentleri olarak bilinen çözünmeyen, kahverengi, polimerik pigmentlerin oluşumuna yol açmaktadır (Mujumdar, 2007). Maillard reaksiyonunun, yüksek sıcaklıkta ve uzun süre hava ile kurutmaya maruz kaldıktan sonra ve kuru üründe depolama sırasında meydana geldiği bildirilmektedir (Megías-Pérez *et al.*, 2014; Kamiloglu *et al.*, 2016). Özellikle meyvelerde, glukoz, fruktoz, sükröz ve diğer karbonhidratlar gibi yüksek düzeyde indirgen şeker bulunduğundan kurutma sonrasında Maillard tepkimesi meydana gelmektedir (Chong *et al.*, 2014). Esmerleşme, karbonhidrat içeriği yüksek gıdalarda aminlerin; ve protein içeriği yüksek gıdalarda ise indirgen şekerlerin ortadan kaldırılmasıyla kontrol edilebilmektedir. Sülfürleme işlemi, reaktif olmayan hidroksi-sülfonat şeker türevleri oluşturarak başlangıç kondensasyon reaksiyonunu önleyebilmektedir. Karamelizasyonda, şekerlerin ısıtılması kolayca polimerize olan hidroksi metil furfural (HMF) üretmekte ve bu reaksiyon, aldehit formunun konsantrasyonunu azaltmak için şekerler ile reaksiyona giren sülfid ile yavaşlatılabilmektedir.

Kurutma işleminin son aşamalarında askorbik asitin, dehidroaskorbik asit ve diketoglukonik asitlere dönüşümüne bağlı olarak, askorbik asit içeren sebzelerin renginde bozulmalar meydana gelebilmektedir. Yine sülfür uygulaması ile parçalanma ürünlerinde bulunan karbonil gruplarına karşı, bisülfitin reaktivitesine bağlı olarak bu esmerleşme çeşidi önlenmektedir (Sagar and Suresh Kumar, 2010). Her ne kadar enzimatik olmayan esmerleşme alanında pH'nın düşürülmesi, ürünün çok düşük su aktivitesi değerlerine kurutulması, aktif türevlerin ayrılması gibi farklı yöntemler bulunsu ve sülfidril bileşiklerinin uygulama düzeyi sınırlı olsa da; şu ana kadar SO<sub>2</sub> yerine kullanılabilir alternatif pratik bir uygulama mevcut değildir (Mujumdar, 2007). Kurutma esnasında renkte meydana gelen değişikliklerle ilişkilendirilen faktörler Çizelge 2.3'te gösterilmektedir (Jangam *et al.*,2007).

**Çizelge 2.3.** Kurutma esnasında renkte meydana gelen değişikliklerle ilişkilendirilen faktörler

RENK DEĞİŞİMİNDE ETKİLİ FAKTÖR		KURUTMANIN ETKİSİ
<b>Pigmentler</b>	<b>Klorofiller</b>	Yeşilden sarı veya kırmızı renge dönüşmektedir.
	<b>Karotenoidler</b>	Havadaki oksijen sebebiyle karotenoid pigmentleri oksidasyona uğramaktadır.
	<b>Antisyoninler</b>	Düşük pH'daki proses esnasında stabildir.
	<b>Betalainler</b>	pH'ya karşı oldukça hassas ve nötral pH'da degradasyona uğramaktadır.
<b>Maillard Reaksiyonu</b>	<b>İndirgen şekerler</b>	Kahverengi/siyah pigmentler, melanoidinler veya diğer koku bileşenleri meydana gelmektedir.
	<b>Aminoasitler</b>	
	<b>Proteinler</b>	
<b>Enzimatiik Esmerleşme</b>	<b>Fenolikler</b>	Fenolik bileşikler, kahverengi veya siyah polimerlere dönüşmektedir.

#### 2.2.4.1.b. Tekstür (büzüşme ve porozite)

Tekstür; çoğunlukla gıdanın yapısal özelliklerinden kaynaklanan, dokunma duyusu ile hissedilen, gıdaya uygulanan belli bir kuvvet karşılığında meydana gelen deformasyon, disintegrasyon ya da akmaya bağlı olan fiziksel özelliklerin bütünü

olarak açıklanabilmektedir (Bayraktaroğlu, 2008). Tekstür, gıda kalitesi bakımından oldukça önemli ve karmaşık bir faktördür (Witrowa-Rajchert and Rzaca, 2009). Sertlik, kırılgenlik, çignenebilirlik, sakızımsılık, yapışkanlık ve elastikiyet gibi testürel özellikler, tekstür profil analizleri (TPA) ile tespit edilebilmekte ve sonuçlar örnek boyutu, şekli, sıkıştırma hızı ve süresinden etkilenmektedir. Bu özellikler, farklı kurutma metodlarıyla kurutulmuş olan ürünlerin tekstürel yapısının karşılaştırılmasında oldukça yararlı olmaktadır (Jangam *et al.*, 2007).

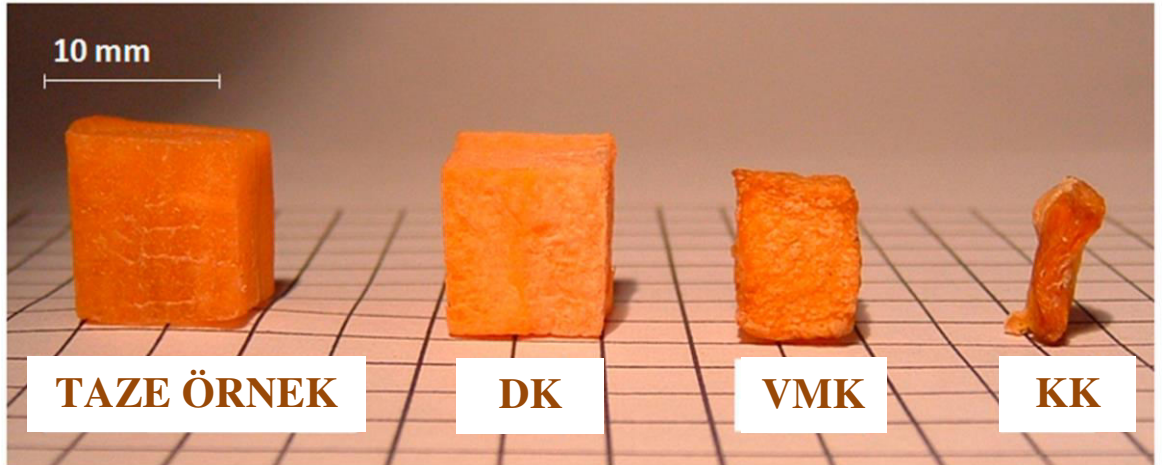
Meyve ve sebzelerde tekstür ile ilişkili kimyasal değişiklikler arasında; selülozun kristalizasyonu, pektinin degradasyonu ve nişastanın jelatinleşmesi bulunurken; et ürünlerinde kas dokusunun sertleşmesine yol açan proteinlerin agregasyonu ve denatürasyonu ile su tutma kapasitesi kaybı gibi değişiklikler yer almaktadır (Witrowa-Rajchert and Rzaca, 2009). Kurutma sırasında ısı ve kütle aktarımının etkisiyle gıda ürünlerinin gözenek yapısı değişmekte, bu nedenle ürünün tekstürel özelliklerinde değişimler meydana gelmektedir (Bayraktaroğlu, 2008).

Kurutma sırasında suyun iç kısımlardan yüzeye ve havaya doğru hareketi, hücre duvarında sertleşmeye sebep olmakta dolayısıyla nem içeriğinin azalmasıyla, dokuda ve hücresel yapıda büzüşme ve gözenekli yapıda çökme meydana gelmektedir (Witrowa-Rajchert and Rzaca, 2009). Kuru gıdaların tekstürel yapısı; gıdaların nem içeriği, kompozisyonu, pH ve olgunluk derecesinden etkilenmekle birlikte kurutma çeşidi, proses değişkenleri ve kurutma sırasında gıdada oluşan mikroyapıya da bağlı olmaktadır (Aguilera *et al.*, 2003).

Özellikle geleneksel kurutma işlemi sırasında istenmeyen ve geri dönüşü olmayan bazı tekstürel değişimler meydana gelebilmekte ve ürün kalitesi açısından risk oluşturabilmektedir. Bu riskleri minimize etmek için, kurutma sırasında tekstür gelişimini gözlemlemek ve kontrol etmek yararlı olmaktadır (Martynenko and Janaszek, 2014). Sebze ve meyvelerin kurutulması amacıyla hala en ekonomik ve yaygın olarak kullanılan yöntem olan sıcak hava ile kurutma; büzüşme, yavaş pişme ve rehidrasyon kapasitesinde azalma gibi geri dönüşü olmayan tekstürel bozulmalara sebebiyet vermektedir. Ticari olarak kurutulan sebzelerin çoğu, gözenekli yapısı çökmüş ve büzüşmüş bir tekstür sergilemekte ve bu durum son ürünün kalitesini, dolayısıyla tüketici açısından kabul edilebilirliğini etkilemektedir (Mujumdar, 2007). Kuruma hızı,

ürün yapısında oldukça önemli faktörler arasında yer almaktadır. Yüksek kuruma hızı ile doku yapısındaki hasar çok daha fazla olup, ürün kırılğan bir hal alırken; düşük kuruma hızıyla kıyaslandığında büzüşme fenomeni de daha yüksek düzeyde gerçekleşmektedir (Witrowa-Rajchert and Rzaca, 2009). Bu sebeple kurutma yöntemi, son kuru ürünün büzüşme ve gözenek (por) yapısında önemli bir rol oynamaktadır (O'Neill *et al.*, 1998).

Büzüşme ve sertleşme, ürünlerde kuruma sırasında meydana gelen en önemli tekstürel değişikliklerden biridir. Bu durum, dokunun mikroyapısında meydana gelen modifikasyonlar, sakkaridleri ve proteinleri etkileyen kimyasal değişikliklerden kaynaklanmakta ve dehidre ürünün rehidrasyon kapasitesini olumsuz şekilde etkilemektedir (Mayor and Sereno, 2004; Megías-Pérez *et al.*, 2014). Diğer bir ifade ile suyun bulunmadığı ortamda, gıda polimerleri ağırlıklarını yerçekimine karşı sürdürememekte ve yapıda çökme meydana gelmektedir (Colak and Hepbasli, 2009b). Kuruma sırasında bazı gıdaların orijinal boyutunun %50'den fazlasının büzüştüğü bildirilmektedir (Corrêa *vd.*, 2012). Figiel *et al.*, (2016), farklı kurutma tekniklerinin pancarın tekstürü üzerine etkisini incelemiş ve çalışmaya ait görsellere Şekil 2.13'te yer verilmiştir.



\*DK: Dondurarak kurutma, VMK: vakum Mikrodalga Kurutma, KK: konvensiyonel Kurutma

**Şekil 2.13.** Farklı Kurutma Tekniklerinin Pancarın Tekstürü Üzerine Etkisi\*

Kurutma sırasında nemin uzaklaştırılması ve sıcaklık uygulamasıyla gıda maddesinin iç ve dış kısmı arasındaki basınçta bir dengesizlik meydana gelmekte; hücresel yapıda oluşan stres materyalde büzüşmeye, dolayısıyla şekilde değişime,

gözenek (por) sayısında ve boyutunda azalmaya, bazen de yapıda çatlama sebeptir (Mayor and Sereno, 2004; Witrowa-Rajchert and Rzaca, 2009). Genellikle büzüşme, kuru ürünün yapısına bağlı olmakta ve nem içeriği ile arasında hemen hemen doğrusal bir korelasyon bulunmaktadır (Witrowa-Rajchert and Rzaca, 2009). Bu sebeple kurutma sırasında meyve ve sebze gibi nem içeriği yüksek gıdaların orijinal yapısı, büzüşme fenomeninden dolayı oldukça zarar görmektedir (Hashemi *et al.*, 2009). Büzüşme ile meydana gelen şekil değişikliği, hacimde azalma ve sertlikte artış, çoğunlukla tüketiciler tarafından olumsuz olarak değerlendirilse de; kuru üzüm, şeftali ve hurma gibi geleneksel olarak büzüşmüş görünüme sahip ürünlerde tercih edilebilmektedir (Mayor and Sereno, 2004).

Kurutma sırasında gıda ürünlerinde meydana gelen büzüşme, deneysel (ampirik) veya temel bağıntılar kullanılarak modellenmektedir. Ampirik modellemede, büzüşme (hacim, alan veya kalınlık) nem içeriğinin (veya nem oranının) bir fonksiyonu olmakla beraber; bu modeller, çok az gözenekli (porozite) materyaller veya kurutma sırasında tek tip gözenek gelişimi gösteren materyaller için uygundur. Temel modelleme ise kütle dengesi, yoğunluk ve gözeneklilik temel alınarak türetilmiştir (Jangam *et al.*, 2007).

Kurutma yöntemi, üründe meydana gelen büzüşme oranında oldukça önemli bir parametredir. Örneğin; büzüşme seviyesinin geleneksel kurutmada yüksek; dondurarak kurutulmuş materyallerde ise minimum düzeyde olduğu ve porlardaki çökmenin (%10'dan az) ihmal edilebileceği bildirilmektedir (Witrowa-Rajchert and Rzaca, 2009; Karam *et al.*, 2016).

Porozite (gözeneklilik), kuru gıda analizinde oldukça önemli fiziksel parametrelerden biridir (Witrowa-Rajchert and Rzaca, 2009). Bu fenomen, bir materyalin gözenek veya boş alanlarının toplam hacme göre ölçümü ya da daha basitçe, gıda ürününde bulunan havanın hacmi olarak tanımlanabilmektedir (Jangam *et al.*, 2007).

Camsı geçiş teorisi, kurutma ve diğer prosesler esnasında büzüşme ve porozitenin açıklanmasında kullanılan bir kavramdır (Sagar and Suresh Kumar, 2010). Camsı geçiş sıcaklığı (T<sub>g</sub>), maddenin camsı özelliklerini kaybedip viskoz özellikler



kazanmaya başladığı sıcaklık sınırı olmakla birlikte, erime sıcaklığından her zaman daha düşüktür (Arslan, 2014; Mujumdar, 2006). Bu konseptte göre, camsı geçiş sıcaklığı (T<sub>g</sub>) altındaki sıcaklığın (T'g) uygulandığı proseslerde, yapıda meydana gelen çökme ihmal edilebilirken; bu sıcaklık üstündeki uygulamalarda yüksek düzeyde çökme meydana gelebilmektedir (Jangam *et al.*, 2007). Bu teoriye dayanarak, dondurarak kurutma ve sıcak hava ile kurutma tekniği kıyaslandığında; dondurarak kurutma camsı geçiş sıcaklığı (T<sub>g</sub>)'nin altındaki sıcaklıklarda (T'g) çalıştığından büzüşme ihmal edilebilmekte ve son ürün daha gözenekli formdadır. Sıcak havayla kurutmada ise, T<sub>g</sub>'den yüksek sıcaklıklar kullanıldığından büzüşme yüksek düzeyde gerçekleşmekle birlikte, ürün daha sert ve elastik bir hal almaktadır (Sagar and Suresh Kumar, 2010). Bu duruma ek olarak; yüzey gerilimi, yapı, çevre basıncı ve nem taşınım mekanizmaları porozite gelişiminde eşit rol oynamaktadır (Jangam *et al.*, 2007; Deng and Zhao, 2008).

#### 2.2.4.1.c. Rehidrasyon

Rehidrasyon, kuru bir materyalin nemlendirilmesi işlemi olup çoğunlukla materyalin porozitesine bağlı olarak, belirli bir süre ve sıcaklıkta kuru ürünün rehidrasyon ile kazandığı orijinal ağırlığın oranı olarak dikkate alınmaktadır (Jangam *et al.*, 2011). Kuru gıdalar genellikle, pişirilmeden veya tüketilmeden önce suya daldırılmakta, bu sebeple rehidrasyon, önemli kalite kriterleri arasında yer almaktadır (Lewicki, 1998).



**Şekil 2.14.** Rehidrasyon öncesi ve sonrası sebzeler

Rehidrasyon yeteneği; kurutma şartları, ürünün cinsi, suyun sıcaklığı ve süreden belirgin şekilde etkilenmektedir (Bayraktaroğlu, 2008). Genel olarak, rehidrasyonun



başlangıç safhasında suyun emilimi hızlıdır. Hızlı su alımı, yüzeyde ve kılcallardaki emilim nedeniyle gerçekleşmektedir. Yüzeye yakın gözenekler, kılcal yapı ve boşluklar rehidrasyon sürecini arttırırken, materyal içerisinde hapsolmuş hava kabarcıkları, sıvıların girişine büyük bir engel teşkil etmektedir (Sablani, 2006). Genellikle rehidrasyon derecesinin hücrel ve yapısal bozulma derecesine bağlı olduğu kabul edilmektedir (Jangam *et al.*, 2007). Ayrıca su sıcaklığının rehidrasyon hızını ve denge nem içeriğini olumlu yönde etkilediği ve genellikle erken aşamalarda rehidrasyonu arttırdığı belirtilmektedir. Sudaki anyonların varlığı, suyun adsorpsiyonu sırasında hacim artışı etkilemektedir (Sagar and Suresh Kumar, 2010).

Hava ile kurutulmuş olan gıda ürünlerinin rehidrasyon kabiliyetinin çok düşük iken; dondurularak kurutulmuş olan ürünlerin ise çok yüksek olduğu belirtilmektedir (Karam *et al.*, 2016). Ratti, (2001), dondurarak kurutulmuş ürünlerin rehidrasyon oranının, hava ile kurutulanlardan 4-6 kat daha yüksek olduğunu tespit etmiş ve bu durumu dondurarak kurutulmuş ürünlerin porozitesinin yüksek olmasıyla ilişkilendirmiştir (Karam *et al.*, 2016).

#### **2.2.4.2. Kimyasal özellikler ve değişimi**

Kurutma işlemi esnasında fiziksel değişimlerle birlikte birtakım kimyasal değişimler de meydana gelmektedir. Bu değişiklikler; kuru ürünün ya da rehidre edilmiş ürünün rengi, lezzeti, tekstürü, viskozitesi, besleyici değeri ve depolama stabilitesinde görülmekle birlikte her üründe kendine has bir şekilde gelişmektedir (Özaydın, 2013).

##### **2.2.4.2.a. Tat/lezzet**

Lezzet, kuru gıda ürününün tekstür, şekil ve renginden bağımsız olarak tüketicilerin dikkatini çeken temel parametrelerden biri olmakla beraber, gıdanın tat ve kokusunu oluşturan çeşitli aroma bileşenlerinden meydana gelmektedir. Bazı lezzet verici bileşenler uçucu özellik göstermekte ve kurutma işlemi sırasında yapıdan uzaklaşmaktadır. Şekil ve tekstürde meydana gelen değişim; gıda ürününün mikroyapısını etkilemekte ve işlem aşamasında lezzet bileşenlerinin salınmasına sebep olmaktadır. Gıdanın lezzetine ait özellikler; kimyasal analiz (örn; kromatografik metod) ve duyuşal değerlendirme yoluyla tespit edilebilmektedir. Kimyasal analiz, aroma bileşiklerinin kantitatif boyutta ayrıntılarını vermekte ancak insanlar tarafından algılanan tadın kabulü ile ilgili herhangi bir bilgi vermemektedir. Bu nedenle, duyuşal

değerlendirme gıda ürününün nihai kabul edilebilirliğine karar vermede özellikle önemli bir yer tutmaktadır. Bu değerlendirmede, test edilecek gıda ürünü referans bir numune ile karşılaştırılmakta ve değerlendirme sonucunda derecelendirme yapılmaktadır (Jangam *et al.*, 2007).

Kuru meyve ve sebzelerin kabul edilebilirliğinde lezzet oldukça önemli bir yer tutmakta ve lezzette meydana gelen kayıp, çeşitli gıda ürününün kabul edilebilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu doğal lezzet bileşenleri; kurutma öncesi işlemler, kurutma ile depolama esnasında çeşitli değişikliklere ve kayba uğramaktadır. Kaba işleme; işlemden gecikme; ışığa, yüksek sıcaklığa ve belirli kimyasallara maruz kalması bu bileşenlerin kaybından genellikle sorumlu olan şartlardır. Soğan gibi temel lezzet bileşenleri uçucu yağlar olan ürünlerde, lezzetin muhafaza edilmeye çalışılması özellikle önemli bir yer tutmaktadır. Fakat kuru ürünlerde meydana gelen bu lezzet kaybı sadece uçucu bileşenlerden kaynaklı olmayıp özellikle oksidasyon ve enzimatik olmayan esmerleşme gibi kimyasal reaksiyonlardan kaynaklanabilmektedir (Mujumdar, 2007). Yüksek yağ içeriğine sahip kuru gıdalarda, yağın oksidasyonundan dolayı ransidite oluşabilmekte ancak oksijen seviyesinin %1'in altında tutulmasıyla, ransidite ve diğer bozucu reaksiyonların önüne geçilebilmektedir (Jangam *et al.*, 2007).

#### **2.2.4.2.b. Su aktivitesi**

Son otuz yıl boyunca su aktivitesi ( $a_w$ ), yiyecek-içeceklerin muhafazası ve işlenmesi alanında oldukça önemli bir rol oynamakta ve gıdada bulunan suyun buhar basıncının ( $P$ ), aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına ( $P_0$ ) oranı ( $a_w=P/P_0$ ) olarak tanımlanmaktadır. Sıcaklığın yanı sıra su aktivitesi, bozucu reaksiyonlar üzerinde en fazla etkisi bulunan parametre olarak dikkate alınmaktadır. Su aktivitesi; yalnızca ürünün mikrobiyal stabilitesini tanımlamak için değil; aynı zamanda gıda sistemindeki biyokimyasal reaksiyonlar alanında da çalışılmış ve gıda prosesleri esnasında, gıdalarla su arasındaki ilişkinin araştırılmasında oldukça yararlı bir araç olmuştur. Günümüz şartlarında ise kuru gıdalarda su aktivitesinin 0,6-0,7 değerlerine eşit veya bu değerlerden az olduğu durumlarda mikroorganizmaların gelişemediği fakat proses veya depolama esnasında ürünün renk, tat ve stabilitesini etkileyen diğer enzimatik ve enzimatik olmayan (örn. Lipid oksidasyonu, maillard reaksiyonu) reaksiyonların belirli bir düzeyde devam ettiği bilinmektedir. Yine de su aktivitesinin, lipid oksidasyonu ve

enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarını etkilediği bildirilmektedir (Jayaraman and Gupta, 2006).

#### **2.2.4.2.c. Raf ömrü**

Depolama ve paketlenme, kuru ürünlerin raf ömrü üzerinde oldukça önemli bir yer tutmakta ve tipik olarak %2-20 arasında değişen nem içeriğine sahip kuru ürünlerin depolanmasında optimum bağıl nem %55-70 arasında bulunmaktadır (Perera *et al.*, 2003). Kuru ürünü bulunduran ambalajlar, nem geçirmez olmalı ve oksijenin ürüne aktarılmasını ve koku oluşumunu engellemeli; alternatif olarak, kuru ürünlerin raf ömrünü uzatmak amacıyla modifiye atmosfer paketlenme tekniği kullanılabilir. Genel olarak, ideal koşullar altında, bir gıda ürününün raf ömrü, mikrobiyal gelişime dayanarak tahmin edilebilmektedir (Jangam *et al.*, 2011).

#### **2.2.4.3. Besinsel özellikler ve kurutma sırasındaki değişimi**

##### **2.2.4.3.a. Besleyici bileşenler**

Kurutma mekanizması; birçok durumda ürün özelliklerinde modifikasyona sebep olan, ısı ve kütle transferinden meydana gelen kompleks bir fenomendir. Gıda bileşenleri, kurutma sırasında degradasyona uğramakta ve değişimin düzeyi gıda türüne ve kurutma koşullarına bağlı olarak değişmektedir (Sablani, 2006). Genellikle besinsel kayıplar, işlem şartlarının şiddeti düzeyince artış göstermektedir (Jangam *et al.*, 2007). Örneğin; meyve ve sebze gibi gıdalar; su, karbonhidrat, protein ve lipid fraksiyonlarından oluşmaktadır. Bu bileşenler, yüksek sıcaklığın uygulandığı kurutma koşullarında kolaylıkla modifiye olarak gıda kalitesinin düşmesine sebep olmakta ve ürünün kabul edilebilirliğini etkilemektedir. Bu sebeple kurutma esnasında uygun sıcaklık seçimi oldukça önemli bir noktadır (Hawladar *et al.*, 2006b).

Kurutma, ürünün nem düzeyini azaltarak geriye kalan kütledeki besinsel bileşen konsantrasyonunun artışına sebep olmaktadır. Dolayısıyla, kuru ürünün birim ağırlığında bulunan protein, yağ ve karbonhidrat düzeyi taze ürüne nazaran çok daha fazladır. Bu bağlamda kuru meyve ve sebzeler; taze olanlarla kıyaslandığında daha yüksek enerji, besinsel yoğunluk, lif içeriği ve belirgin şekilde daha yüksek antioksidan içeriğine sahiptir (Bennett *et al.*, 2011). Meyve ve sebzelerdeki mineral içeriği, kurutma sırasında sabit kalmasına rağmen, vitaminler oldukça kararsızdır ve enzimler tarafından zarar görebilmektedir (Yılmaz, 2014)

Uygun ön işlem ve kurutma metodunun seçilmesi, kurutma koşullarının optimize edilmesiyle besinsel kayıplar en aza indirgenebilmektedir (Sablani, 2006). Çizelge 2.4'te kurutma sırasında meydana gelebilen tipik besinsel değişiklikler gösterilmektedir (Jangam *et al.*, 2011).

**Çizelge 2.4 .Kurutma sırasında besinsel bileşiklerde meydana gelen bazı değişimler**

BESİNSEL BİLEŞEN	KURUTMA SIRASINDAKİ DEĞİŞİM
<b>Kalori içeriği</b>	Değişim olmaz fakat birim kütle başına düşen kalori miktarı artmaktadır.
<b>Lif</b>	Değişim yoktur.
<b>A Vitamini</b>	Kontrollü kurutma şartlarında oldukça iyi muhafaza edilmektedir.
<b>C Vitamini</b>	Sebzelerin kurutulması ve haşlanması esnasında çoğunlukla yıkıma uğramaktadır.
<b>Tiamin, riboflavin ve niasin</b>	Haşlama sırasında bazı kayıplar meydana gelmekte fakat bu su rehidrasyonda kullanılarak tüketilirse geri kazanılabilmektedir.
<b>Mineraller</b>	Bazı minerallerde kayıplar meydana gelebilse de demir zarar görmemektedir.
<b>Proteinler</b>	Isıyla denatürasyona ve enzimatik yıkıma uğrayabilmektedir.
<b>Lipidler</b>	Kurutmanın başlangıç aşamasında enzimatik hidrolize uğrayabilmektedir. Düşük su aktivitesinde, doymamış yağ asitlerinin ootoksidasyonu ransiditeye de sebep olabilmektedir.
<b>Karbonhidratlar</b>	Yüksek ısıda Maillard reaksiyonu ve tat da değişim gerçekleşebilmektedir. Şeker polimerize olarak kuru üründe daha koyu bir renk oluşumuna sebep olabilmektedir.

#### **2.2.4.3.b. Antioksidanlar**

Son yıllarda, insan sağlığına olan faydaları sebebiyle antioksidanlar gibi aktif bileşenlere ilgi oldukça artmıştır (Fernandes *et al.*,2011). Meyve ve sebze gibi gıda ürünleri bu bağlamda; kanser, artrit, arterioskleroz, kalp hastalıkları, inflamasyon, beyin disfonksiyonu, yaşlanma vs. dejeneratif hastalıkların etkisini azaltma gibi insan sağlığına faydalı çeşitli antioksidanları içermektedir. Bunun nedeni, antioksidanların insan vücudundaki serbest radikalleri ortadan kaldırması; böylece lipidler ve DNA gibi biyolojik moleküllere verilen serbest radikal hasar miktarını azaltmasıdır (Jangam *et al.*,

2011). Bu sebeple antioksidanlar, en önemli sağlığı koruyucu faktörler arasında yer almaktadır (Fernandes *et al.*, 2011). C ve E vitamini, karotenoidler, polifenoller, melanoidinler ve indoller antioksidanlardan bazılarıdır (Jangam *et al.*, 2007).

Bazı muhafaza metotlarının, gıdalarda bulunan doğal antioksidanların zarar görmesinden sorumlu olduğu; dolayısıyla gıdaların sağlığı koruyucu etkisini azalttığı ve bu kayıpların prosesin çeşidi, sıcaklığı ve süresi ile depolama şartlarına bağlı olduğu belirtilmektedir (Jiménez *et al.*, 2008). Kurutma işleminde, besin kayıplarına neden olmakta, bu sebeple kurutma koşulları ve kullanılan tekniklere bağlı olarak, bazı antioksidanlar yok olmaktadır (Jangam *et al.*, 2011). Özellikle geleneksel yöntemler (konvensiyonel), kurutma sırasında genellikle yüksek sıcaklık ve kurutma ortamı olarak hava kullandığından; oksijene ve ısıya duyarlı olan karotenoidler, C vitamini ve fenolikler gibi antioksidanlar zarar gördüğünden, yüksek kalitede ürün elde edilmesi oldukça güçtür (Madrau *et al.*, 2009; Albanese *et al.*, 2013; Megías-Pérez *et al.*, 2014).

Vitaminler, pigmentler ve aroma bileşenleri gibi gıda bileşenlerinin oksidasyonu, gıdanın işlenmesi sırasında kalite kaybının en önemli nedenlerinden biri olmakla beraber; kuru ve dondurulmuş ürünler gibi mikrobiyolojik olarak güvenli gıdalarda da temel bozunma reaksiyonudur (Andersson and Lingnert, 1998; Doungporn *et al.*, 2012; Liu *et al.*, 2014). Membran lipidleri, vitaminler, pigmentler; enzimler ya da otooksidasyon yoluyla oksidasyona uğramaktadır (Doungporn *et al.*, 2012). Bu sebeple antioksidan bileşenlerinin muhafazası, özellikle kurutma sırasında gıda kalitesi açısından oldukça önemli bir yer tutmaktadır (Fernandes *et al.*, 2011).

Meyve ve sebzelerde yaygın olarak bulunan antioksidanlardan biri olan karotenoidler, aynı zamanda bu gıda grubunun rengini belirleyen temel bileşenler arasında yer almaktadır (Jayaraman and Gupta, 2006). Örneğin; kayısının karakteristik rengini veren ve A vitaminin prekürsörü olan  $\beta$ -karoten önemli karotenoidlerden biridir (Albanese *et al.*, 2013). Meyve ve sebze ürünlerini, besinsel ve görsel açıdan daha çekici ve kabul edilebilir kılmak amacıyla, kurutma sırasında bu bileşenleri muhafaza etmek oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Gıdalarda bulunan temel karotenoidleri; karotenler ve oksikarotenler (ksantofiller) oluşturmaktadır (Mujumdar, 2010). Karotenoidler, yağda çözünür olmalarına rağmen sulu gıdalarda oldukça yaygın ve kimyasal yapılarındaki yüksek doymamışlık derecesine bağlı olarak kurutma sırasındaki

oksidatif değişikliklere karşı oldukça hassastır (Mujumdar and Law, 2010; Albanese *et al.*, 2013).

Bir grup araştırmacının yaptığı bir çalışmada karotenoid bileşiklerin özellikle likopenin, çok yüksek sıcaklık uygulaması sonrası bile ısıya dayanıklı olduğu sonucuna varmıştır. Fakat yapılan bir başka araştırmada ise geleneksel hava ile kurutulan domateslerde likopen düzeyinin düştüğü tespit edilmiştir (Karam *et al.*,2016). n işlemler, kurutma, depolama ve rehidrasyonun; yeşil biber ve şeftalideki karoten içeriğine etkisi üzerine yapılan bir araştırmada ise karotenin yeşil biberlerde zarar görmediği; şeftalilerde ise ön işlem sonrasında % 72,7' sinin tutulduğu, kurutma sonrasında ise % 37,3 düzeyinde azaldığı tespit edilmiştir (Mujumdar, 2010).

Kuru formdaki meyve, sebze ve bunlara ait ürünler; iyi bir enerji, mineral ve vitamin kaynağı olsa da gıdaların kurutulması sırasında meydana gelen oksidasyon tepkimeleri ve bu tepkimeler sonucunda oluşan ürünler, özellikle yağda znebilen (A, D, E ve K vitamini) ve suda znebilen (B ve C vitamini) vitaminlerin miktarında azalmaya sebep olmaktadır (zen, 2016). A, C ve tiamin gibi birçok vitaminin, ısıya ve oksijene duyarlı olduğu fakat parçalanmaya en eğilimli vitaminlerin, A ve C vitamini olduğu bildirilmektedir. Araştırmacılar, gıdaların kurutulması sırasında askorbik asit olarak da adlandırılan C vitamini kaybına yönelik farklı sonuçlar tespit etse de, genel olarak haşlama ve bunu takip eden kurutma işlemlerinde, başlangıçtaki C vitamini miktarında kayıplar olduğu bildirilmektedir (Bayraktaroğlu, 2008; Sagar and Suresh Kumar, 2010). Yavaş ilerleyen kurutma işleminde meydana gelen C vitamini kaybı, hızlı ilerleyenden daha fazla olduğundan; güneşte kurutma tekniğiyle C vitamini kaybı çok daha fazlayken, püskürtmeli ve dondurarak kurutma tekniğiyle bu kayıplar minimize edilmektedir. Bunun dışında, 10 farklı Nijerya sebzesinde gerçekleştirilen güneşte kurutma işlemi sonucunda sebzelerin yapısına bağlı olarak C vitamini miktarında %21-58 düzeyinde bir kayıp olduğu tespit edilmiştir (Mujumdar, 2007). Yine geleneksel sıcak hava ile kurutma sonucunda çeşitli tarımsal ürünün C vitamini miktarında %20-60 düzeyinde kayıp meydana geldiği bildirilmektedir (Karam *et al.*,2016). Haşlama ve sülfit solüsyonuna daldırma gibi ön işlemler, kurutma esnasında vitamin kaybını azaltırken; sülfürleme, tiamin ve riboflavine zarar verebilmektedir (Sagar and Suresh Kumar, 2010b). Vitamin kayıpları depolama boyunca da devam

etmekle birlikte, özellikle nemin ve sıcaklığın yüksek olduğu koşullarda kayıp çok daha hızlı gerçekleşmektedir. Vitamin kayıplarının minimize edilebilmesi için kurutma süresi kısa ve kuru ürünlerin depolanması sırasında sıcaklık, nem miktarı ve oksijen düzeyi düşük tutulmalıdır (Bayraktaroğlu, 2008).

Düşük sıcaklık ve vakum altında çalışan dondurarak kurutma işlemi ile oksidatif hasarın en aza indirilerek; C vitaminin yanı sıra toplam fenolik, flavonol, flavon ve kateşinler gibi biyoaktif bileşenlerde meydana gelen hasar da ihmal edilecek düzeyde minimize edilebilmektedir (Mujumdar, 2010; Karam *et al.*, 2016).

Bir grup araştırmacı, sıcak hava ile yapılan kurutma sonucunda fenolik içeriğinin ve antisiyonin konsantrasyonunun %20-80 aralığında azaldığını belirtirken, diğer bir grup ise tam aksine bazı gıdalarda (örneğin; kırmızı ahududunda %40, tatlı mısırdı ise %54 düzeyine kadar) fenolik konsantrasyonunun arttığını belirtmektedir. Antioksidan kapasitesine gelince ise, yine bazı araştırmacılar hava ile kurutulmuş meyve ve sebzelerde %29'dan %44'e kadar artış gözlemlemişken, başka bir grup ise yaban mersini ve ahududu üzerinde yaptıkları çalışma sonucunda antioksidan kapasitesinde önemli bir azalma (yaklaşık% 70) olduğunu bildirmiştir (Karam *et al.*, 2016). Papetti *et al.*,(2006), sıcak hava ile kurutmanın, substrat doğasına bağlı olarak antioksidant aktivitesini arttırabileceğini veya azaltabileceğini belirtmektedir. Kayısı üzerinde yapılan araştırmalar sonucu, kurutma prosesinin, kayısının fenolik ve antioksidan aktivitesi üzerine etkisine dair literatürde henüz net bir bilgi bulunmamakla beraber ,Madrau *et al.*, (2009). Hacıhaliloğlu çeşidi kayısılar üzerine yapılan bir çalışmada, kayısılar 50-60-70 ve 80°C'de sıcak havada ve güneşte kurutularak, kurutmanın renk ve  $\beta$  karoten seviyesine etkisi araştırılmış; sıcak havada kurutulan örneklerin renk ve  $\beta$ -karoten içeriklerinin güneşte kurutulanlara göre daha iyi korunduğu tespit edilmiştir. B-karoten içerikleri, 70- 80°C'de kurutulan kükürtlenmemiş kayısılarda sırasıyla 6,12 mg/100 g ve 6,48 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Karataş, 2014). Bu sebeple kayısının hem duyuşal hem de besinsel kalitesinin sürdürülebilmesi amacıyla kurutma tekniğinin dikkatlice seçilmesi ve kurutma koşullarının optimize edilmesi gerekmektedir (Albanese *et al.*, 2013).

#### 2.2.4.4. Mikrobiyolojik özellikler ve kurutma sırasındaki değişimi

Gıdalarda meydana gelen mikrobiyal gelişim, tolere edilemeyen oldukça kritik bir fenomendir. Hükümet ve sağlıkla ilgili yetkililerden (WHO, FAO ve ICMSF vb.) mikrobiyolojik şartnameler hakkında (Küf ve maya, *E. coli*, *Salmonella* vb.) bilgi edinilebilmekte, ancak şartnameler ülkeler arasında farklılık gösterebilmektedir. Bu şartnamelere uyulmadığı takdirde, gıda ürününün tüketimi ölümlerle sonuçlanabilmektedir. Bakteriler (*Salmonella*, *E.coli*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum*, *Staphylococcus aureus* vb.) gıda güvenliği kapsamında insan sağlığı açısından ciddi sorunlara yol açan önemli bir mikroorganizma grubudur (Jangam *et al.*, 2007; Erkmen, 2011). Sağlık açısından risk oluşturan diğer bir durum ise gıdaların mikotoksinlerle kontamine olmasıdır. Mikotoksinler; potansiyel karsinojen, mutajen ve tetrajenler olmakla beraber; gıdalarda bulunan en önemli mikotoksin grupları aflatoksin, okratoksin, trikotesen, zearelenon ve fumonisinlerdir. Bu toksinlerin oluşumu, hem hasattan önce hem de su aktivitesi küf gelişimi için gerekli olan kritik değeri ( $a_w = 0,65$ ) aştığı takdirde depolama sırasında izlenebilmektedir. En yaygın mikotoksin üreten mantarlar (funguslar); *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus*, *Aspergillus ochraceus*, *Fusarium verticillioides*, *Fusarium graminearum* ve *Penicillium* spp. dir (Jangam *et al.*, 2007).

Taze gıda ürünleri; tahıllarda % 25–35 gibi düşük, bazı meyvelerde ise %90 gibi yüksek olmak üzere geniş bir nem içeriği dağılımına sahiptir. Mikrobiyal gelişimin önüne geçilebilmesi amacıyla, bu nem içeriğinin gerekli düzeye indirilmesi gerekmekte ve birçok mikroorganizma için farklılık arzeden bu düzey genellikle su aktivitesi olarak adlandırılmaktadır (Jangam, 2011).

Üründe mikroorganizma varlığı çeşitli sorunlara sebebiyet vermektedir. Bakterilerin gelişim gösterdiği minimum su aktivite değeri çoğunlukla 0,9 iken; mayalar için bu değer 0,8; küfler için ise 0,7 olarak dikkate alınmaktadır. Bu sebeple kserofilik (kuru şartları seven) küf ya da mayaların olmadığı ve su aktivitesinin 0,7'nin altında olduğu durumlarda mikrobiyolojik bozulmanın gerçekleşmediği kabul edilmektedir (Yılmaz, 2014). Kısaca; su aktivitesi değeri 0,7'nin altına düştüğünde mikrobiyolojik faaliyet gerçekleşmemekte ancak bu değer sabit olmayıp gıdadan gıdaya değişmektedir (Özen, 2016).



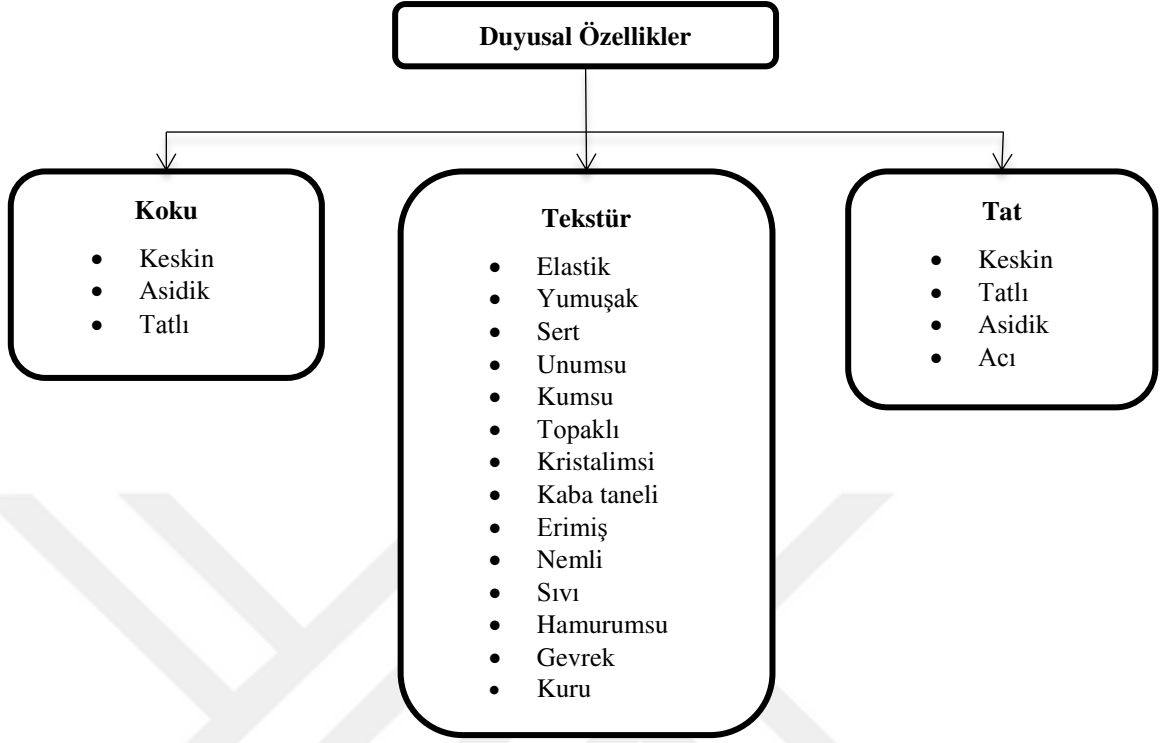
Kurutma; gıdaları mikrobiyolojik bozulmaya karşı korumak amacıyla kullanılan en eski muhafaza yöntemlerinden biridir. Suyun varlığı enzimatik reaksiyonlar için gerekli olduğundan, suyun ortamdan uzaklaştırılması bu reaksiyonları ve mikroorganizma faaliyetlerini engellemektedir (Mujumdar, 2007). Bu sebeple kuru gıdalar mikrobiyal açıdan güvenli olarak kabul görmektedir (Sablani, 2006).

Su aktivitesini düşürmek, mikrobiyal gelişimi inhibe etse de steril bir ürün elde edilememektedir. Kurutma işlemindeki ısı; toplam mikroorganizma sayısını azalmakta fakat canlı kalan bozucu mikroorganizmalar, ürün rehidrasyona uğratıldığında sorun oluşturabilmektedir (Mujumdar, 2007).

Kurutma sırasında ve sonrasında mikroorganizmaların hayatta kalması; sıcaklık,  $a_w$ , pH, koruyucular, kurutma öncesi işlemler, oksijen gibi mikroorganizmaların maruz kaldığı fizikokimyasal koşullara ve mikroorganizmanın cinsi, türü, fizyolojik yaşı ve sayısına bağlı olmaktadır (Mujumdar, 2007; Özaydın, 2013). Kurutmaya en dayanıklı mikroorganizma formu olan bakteri ve küf sporları, kurutma işleminden etkilenmemektedir. Mayalar ve sıcaklığa duyarlı bazı bakterilerin vegetatif hücrelerinin bir kısmı, kurutma esnasında canlılığını yitirmesinin yanı sıra düşük sıcaklıkta uygulanan kurutma işleminde bazı mikroorganizmalar gelişim göstererek çoğalabilmektedir (Özaydın, 2013). Kurutma işlemi esnasında mikrobiyolojik açıdan sağlıklı hammadde kullanılması ve hijyen kurallarına dikkat edilmesi oldukça önemli bir yer tutmaktadır (Özen, 2016). Kurutma sonrasında da mikrobiyal stabilitenin sağlanması için kuru gıdaların % 50–60 düzeyinde nem içeriğine sahip olması; kir, böcek ve kemirgenlerin bulunmadığı ortamlarda muhafaza edilmesi gerektiği bildirilmekle birlikte uygun şartlarda muhafaza edilen kuru gıdalarda mikrobiyal gelişme gözlemlenmemektedir (Sagar and Suresh Kumar, 2010; Özaydın, 2013).

#### **2.2.4.5. Duyusal özellikler ve kurutma sırasındaki değişimi**

Kuru gıda ürünlerinin duyusal özellikleri de kalitenin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu özellikler; gıda ürününün dış görünüş, koku, tat, aroma ve tekstürünü içermekte olup; gıda ürünlerine ait bazı ortak duyusal özellikler Şekil 2.15'te gösterilmektedir (Jangam et al., 2011). Aroma ve tat, kuru ürünlerde en fazla rastlanan kalite kayıplarından biri olan uçucu bileşenlerin kaybıyla değişebilmektedir (Sagar and Suresh Kumar, 2010).



**Şekil 2.15.** Gıda ürünlerine ait bazı ortak duyu özellikleri

Duyusal değerlendirme, gıda ürününün geliştirilmesinde insanların gıdalara olan yanıtını kesin bir şekilde ölçmek amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Bu amaçla gıdaların kalite açısından değerlendirmesine yönelik, akredite bir duyu metod geliştirilmesinde genel bir yaklaşım önerilmektedir. Bu değerlendirme sırasında, referans (kontrol) olan numune, ürünle ilişkili önceden tanımlanmış puanlarla birlikte verilmektedir. Bu nedenle duyu özelliklerinin seçimi oldukça önemli olmakla birlikte gıda ürününe ait temel notları kapsamalıdır.

Çoğu duyu özellik, gıda ürününün fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ilişkilendirilebilmektedir. Örneğin teobromin ve kafeinin duyu değerlendirme sırasında acı tada sebep olduğu bildirilmektedir (Jangam *et al.*, 2011).

### 2.2.5. Kayısıda kurutma ve kükürtleme

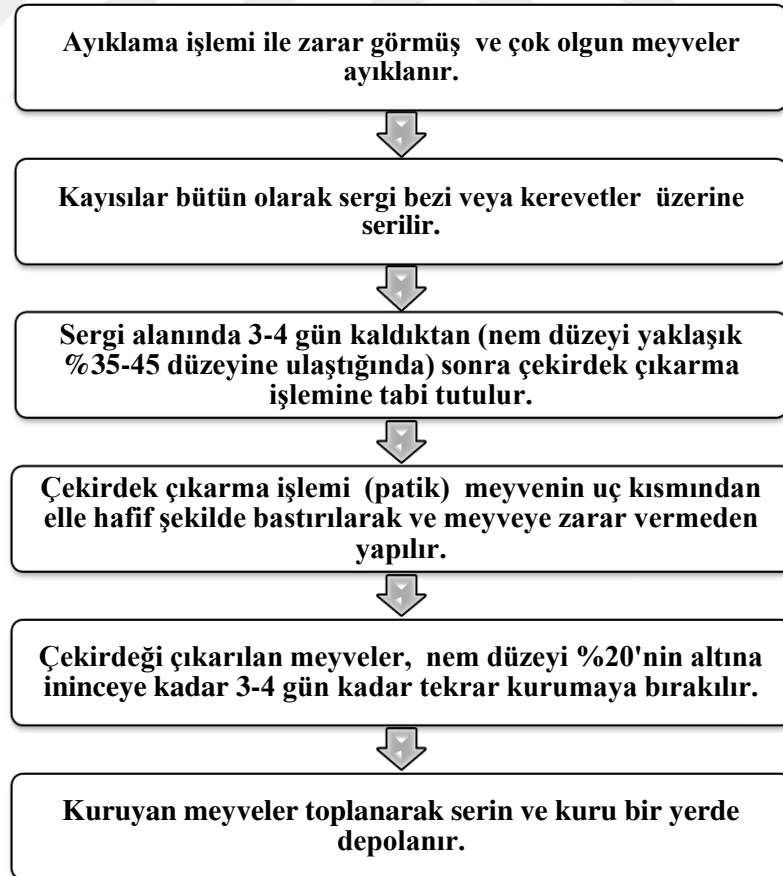
Kayısıların dünyadaki toplam üretiminin % 40-45'i işlenmekte ve bu alanda kurutma, yaygın şekilde kullanılan teknolojilerden biri olarak ön plana çıkmaktadır (Madrau *et al.*, 2009). Kayısıların kurutulmasındaki amaç, nem seviyesini belirli bir düzeye düşürerek çok daha güvenli ve uzun süre depolamayı mümkün kılmaktır (Karabulut *et al.*, 2007). Kayısıların sahip olduğu besinsel ve duyu kalitenin

muhafaza edilebilmesi açısından en iyi kurutma yönteminin seçilmesi ve kurutma şartlarının optimize edilmesi oldukça önemli bir yer tutmaktadır (Sablani, 2006; Karatas and Kamişli, 2007).

Ülkemizde de kayısıların büyük bir kısmı kurutularak değerlendirilmekle birlikte; daha kolay olan, daha az ekipman ve enerji gerektiren güneşte kuruma yöntemi yaygın şekilde kullanılmaktadır (Karabulut *et al.*, 2007; Ispir and Toğrul, 2009; Igual *et al.*, 2012). Geleneksel güneşte kurutma yönteminde; doğal kurutma ve kükürtlü kurutma olmak üzere iki farklı uygulama yapılmaktadır (Akin, 2006).

#### **2.2.5.1. Doğal kurutma yöntemi (gün kuruğu üretimi)**

Bu kurutma işleminde; kükürtsüz kuru kayısı diğer bir adıyla “Gün kuruğu” üretimi yapılmakta ve Şekil 2.15’deki işlem basamakları izlenmektedir (Aslan, 2013; Şen, 2012). 28616/2013 sayılı Kuru Kayısı Lisanslı Depo Tebliği’ne göre; gün kuruğu kayısının azami depolama süresi 12 aydır (Anonim, 2019).



**Şekil 2.16.** Gün Kuruğu Üretimi

### 2.2.5.2.Kükürtlü kurutma

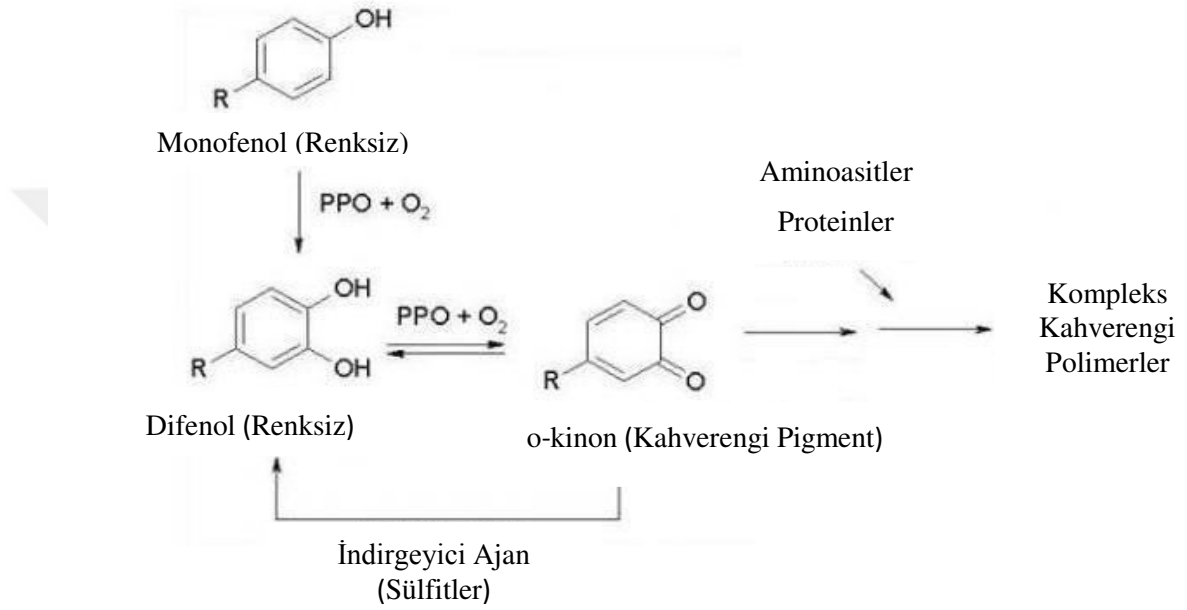
Kükürtleme; kurutma ve depolama esnasındaki enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme, kalite kaybı ve mikrobiyal aktiviteyi önlemek amacıyla düşük konsantrasyonda kullanılan en yaygın ön işlemdir (Karabulut *et al.*, 2007; Igual *et al.*, 2012). Kükürt, çok eski çağlardan bu yana farklı amaçlarla kullanılmakta olan elementlerden biridir. Gıda endüstrisinde koruyucu katkı maddesi olarak kullanılan bir kükürt formu olan sülfite; doğrudan ya da parçalandığında ortama kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) yayan inorganik sülfite tuzları olarak adlandırılmaktadır. İnorganik sülfite tuzları; hidrojen sülfite (bisülfite, HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>), sülfite (SO<sub>3</sub><sup>-2</sup>) ve disülfite (metabisülfite/pirosülfite, S<sub>2</sub>O<sub>5</sub><sup>-2</sup>) anyonlarının Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> ve Ca<sup>+2</sup> katyonlarıyla yaptığı bileşiklerdir. Bu tuzlar, suda çözünerek SO<sub>2</sub>'ye dönüşebilmektedir (Coşkun, 2010). GRAS staüsündeki bazı sülfite tuzlarına ait teorik SO<sub>2</sub> verimi ve sudaki çözünürlükleri Çizelge 2.5'te gösterilmektedir (Coşkun, 2010).

**Çizelge 2.5.** Bazı sülfite tuzlarına ait teorik SO<sub>2</sub> verimi ve sudaki çözünürlükleri

KİMYASAL ADI	FORMÜLÜ	TEORİK SO <sub>2</sub> VERİMİ (%)	SUDA ÇÖZÜNÜRLÜK (g/l)
<b>Kükürtdioksit</b>	SO <sub>2</sub>	100	110 (20 °C)
<b>Sodyum sülfite</b>	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	50,8	280 (40 °C)
<b>Sodyum bisülfite</b>	NaHSO <sub>3</sub>	61,6	3000 (20 °C)
<b>Sodyum metabisülfite</b>	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	67,4	540 (20 °C)
<b>Potasyum metabisülfite</b>	K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	57,6	250 (0 °C)
<b>Potasyum bisülfite</b>	KHSO <sub>3</sub>	53,5	1000 (20 °C)

Kayısının karakteristik altın sarı rengi, kuru kayısı pazarında oldukça önemli bir yer tutmaktadır (Özkan *et al.*, 2003). Dolayısıyla kurutma ve depolama esnasında; kayısının sahip olduğu bu doğal sarı renginin ve mikrobiyal açıdan muhafazası amacıyla, yaş kayısılar kurutulmadan önce kükürtleme işlemine tabi tutulmaktadır. Kükürdün kayısındaki bu etkisinin antioksjen ve indirgen özelliğiyle bağlantılı olduğu

bildirilmektedir. Sistein, N-asetil, L-sistein ve glutatyon gibi kükürlü bileşiklerin, enzimatik esmerleşmeye sebebiyet veren enzimlere karşı oldukça etkili inhibitörler olduğu belirtilmektedir. Bunun yanı sıra kükürdün, ortamda bulunan hidroperoksitleri alkollere indirgeyerek kimyasal oksidasyon oranını düşürmesiyle kayısının renginde etkili olan karotenoidler muhafaza edilebilmektedir (Şen, 2012).



**Şekil 2.17.** Esmerleşme reaksiyonunda sülfitlerin indirgeyici ajan olarak aktiviteleri

Tüm bu pozitif etkilerinin yanı sıra son yıllarda hassas bireylerde astım gibi rahatsızlıklara sebep olabilmesi nedeniyle Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından kullanımı sınırlandırılmış olan sülfitlerin, çiğ meyveler ve sebzelerdeki GRAS statüsü kaldırılarak bu ürünlerde izin alınmadan serbestçe kullanımı yasaklanmıştır (Karabulut *et al.*, 2007; Coşkun, 2010). Kükürtdioksit olan duyarlılığı 5-50 mg aralığında olan duyarlı hastalar, besinlerdeki kükürlü bileşiklere karşı risk gubunu teşkil etmekle birlikte; bu duyarlılık 3 mg'a kadar düşebilmektedir. FAO/WHO Gıda Katkı Maddeleri Ortak Uzmanlar Komitesi kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) için günlük alınabilir kabul düzeyini (ADI) 0,7 mg.kg<sup>-1</sup> olarak belirlemiştir. Bu değere göre; 60 kg ağırlığındaki bir bireyin günlük olarak alabileceği maksimum kükürtdioksit miktarı 42 mg'dır. Bu değere ulaşabilmek için SO<sub>2</sub> içeriği 2000 mg.kg<sup>-1</sup> olan ortalama 3 tane kayısının tüketilmesi gerekmektedir (Hepsağ *et al.*, 2016). Fakat 2000 mg kg<sup>-1</sup>

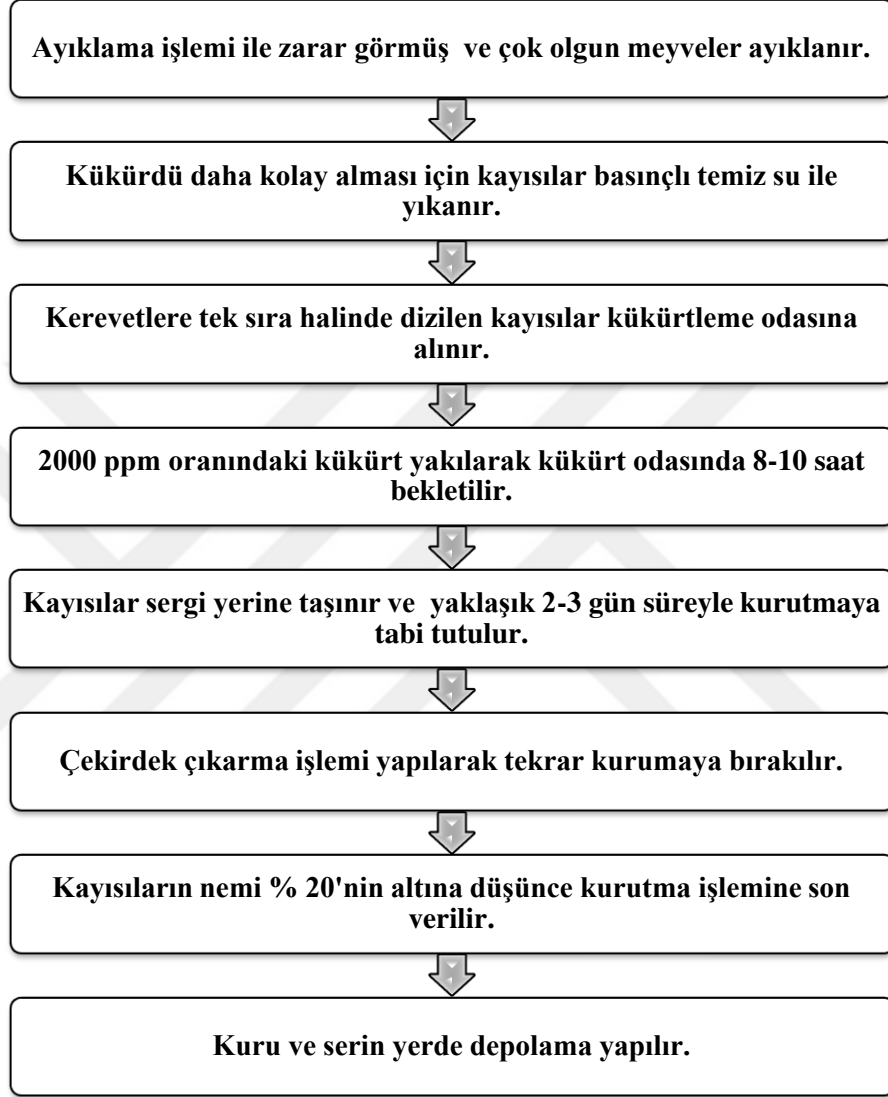
toplamdaki SO<sub>2</sub>'yi ifade ettiği, bunun büyük bölümünün kurutma esnasında uzaklaştığı ve kalan kısmının ise %80-90'nın gıda bileşenleri ile kompleks oluşturduğu dikkate alındığında; 42 mg'ı karşılayacak kayısı miktarının çok daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Kuru kaysılarda serbest haldeki SO<sub>2</sub>'nin % 13-14'lük kısmının kurutmanın ilk aşamasında; % 82-83'ünün ise 12 saatlik kurutma işlemi esnasında kayısı bileşenleriyle, özellikle de glukoz ile kompleks oluşturduğu belirtilmektedir (Kan, 2005; Hepsağ *et al.*, 2016). SO<sub>2</sub> ve sülfid için LD<sub>50</sub> değeri 100 mg.kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Serbest haldeki sülfid, sülfid oksidaz enzimi aracılığıyla sülfata yükseltgenerek idrar yoluyla kolaylıkla atılmaktadır (Hepsağ *et al.*, 2016).

Kuru kayısı ithalatında Almanya ve İngiltere'nin izin verdiği kükürt miktarı 2000 mg.kg<sup>-1</sup> Fransa ve Danimarka'nın 1000 mg.kg<sup>-1</sup> İtalya'nın 600 mg.kg<sup>-1</sup>, Avusturya'nın 300 mg.kg<sup>-1</sup>'dir. ABD, Kanada, Yeni Zelanda ve Avustralya'da ise belirli bir sınırlandırma bulunmamakla birlikte 3000 mg.kg<sup>-1</sup>'ye kadar kükürt içeren kuru kayısı ithalatına izin verilmektedir (Kılınç, 2010; Hepsağ *et al.*, 2016). Ülkemizde ise 30.06.2013 tarihinde 28693 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Türk Gıda Kodeksi Katkı Maddeleri Yönetmeliği'ne göre kuru kayısıda maksimum kükürt miktarı 2000 ppm olarak belirlenmiştir. 28616/2013 sayılı Kuru Kayısı Lisanslı Depo Tebliği'ne göre ise; kükürtlü kayısılar kükürt oranına göre

- a) 2000 ila 2500 ppm olanlar 12 ay
- b) 2501 ila 3000 ppm olanlar 15 ay,
- c) 3001 ila 3500 ppm olanlar 18 ay,
- d) 3500 ve üzeri ppm olanlar 20 ay süreyle hasat döneminden itibaren depolanabilmektedir.

Ülkemizde ilk olarak 1925 tarihinde Malatya'da kayısılarda uygulanan kükürtleme işlemi çoğunlukla, toz halindeki kükürdün kapalı bir odada (islim odası) yakılması ve kayısıların gerekli olan kükürt miktarını bünyesine alıncaya dek bu odada bekletilmesiyle gerçekleştirilmektedir (Kan, 2005; Türkyılmaz, 2011; Şen, 2012). Kükürtleme işleminde; toz kükürdün dışında, suda çözünebilen kükürt bileşiklerinden olan sodyum meta bisülfid, sodyum bisülfid ile sodyum sülfid de kullanılmaktadır. Yaş kayısılar, sodyum meta bisülfidin %6, %8 ve %10'luk çözeltilerine 20, 25, 30 dk. boyunca daldırılarak kükürtleme işlemi gerçekleştirilmektedir (Kılınç, 2010).

Ülkemizde genellikle uygulanan kükürtlü kuru kayısı üretim işlem basamakları şu şekildedir (Anonim, 2018a; Aslan, 2013).



**Şekil 2.18.**Kükürtlü kuru kayısı üretimi

Kükürtleme işleminde kullanılan kerevetler 90x90 cm ya da 90x180 cm boyutlarında olmakta; plastik ya da kavak ağacı kerestesinden üretilmektedir. Tek sıra halinde kayısıların dizilmiş olduğu bir kerevet, 30-32 kg kayısı taşıyabilecek kapasitededir (Otlu, 2016). Kurutmalık kayısı çeşitlerinden bazılarında kullanılması gereken kükürt miktarı ve kükürtleme süresi Çizelge 2.6 'da verilmektedir (Otlu, 2016).

**Çizelge 2.6.** Kurutmalık kayısı çeşitlerinden bazılarında kullanılması gereken kükürt miktarı ve kükürtleme süresi

<b>Kayısı Çeşidi</b>	<b>Olgunluk</b>	<b>Şekil</b>	<b>1 Ton Yaş kayısı İçin</b>	
			<b>Kükürt (kg)</b>	<b>Süre (sa)</b>
<b>Hacıkız</b>	Olgun	Tam	3	6
	Ham	Tam	2	4
	Olgun	İkiye Bölünmüş	1	2
	Olgun	Tam	6	12
<b>Hasanbey</b>	Ham	Tam	5	10
	Olgun	İkiye Bölünmüş	3	6
<b>Hacıhaliloğlu</b>	Olgun	Tam	4	8
<b>Çöloğlu</b>	Ham	Tam	3	6
<b>Çataloğlu</b>	Olgun	Çekirdeksiz Tam	3	6



### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Kayısı

Materyal olarak Hacıhaliloğlu ve Şalak kayısı çeşidi kullanılmıştır. Hacıhaliloğlu eŐidi Malatya ilinden, Şalak eŐidi ise Iğdır ilinden temin edilmiştir. Şalak eŐidi yalnızca renk analizine tabi tutulmuştur.



**Şekil 3.1.**Materyal olarak kullanılan Hacıhaliloğlu kayısı çeşidine ait fotoğraflar

### 3.1.2. Kimyasallar

Çalışmalarda kullanılmış olan kimyasalların adı, formülü ve markasına Çizelge 3.1’de yer verilmiştir.

**Çizelge 3.1.**Çalışmalarda kullanılmış olan kimyasalların adı, formülü ve markası

KİMYASAL ADI	KİMYASAL FORMÜLÜ	KİMYASAL MARKASI
DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)	C <sub>18</sub> H <sub>12</sub> N <sub>5</sub> O <sub>6</sub>	Sigma Aldrich
ABTS [2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)]	C <sub>18</sub> H <sub>18</sub> N <sub>4</sub> O <sub>6</sub> S <sub>4</sub>	Sigma Aldrich
Metanol	CH <sub>3</sub> OH	Sigma Aldrich
Hidroklorik Asit	HCl	Sigma Aldrich
Sodyum Asetat	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> NaO <sub>2</sub>	Sigma Aldrich
Potasyum Persülfat	K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	Sigma Aldrich
Askorbik Asit	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>6</sub>	Sigma Aldrich
Troloks [(±)-6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid]	C <sub>14</sub> H <sub>18</sub> O <sub>4</sub>	Sigma Aldrich
Etanol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	Sigma Aldrich
Folin-Ciocalteu’s (sodium 1,2-naphthoquinone-4-sulfonate)	C <sub>10</sub> H <sub>5</sub> NaO <sub>5</sub> S	Sigma Aldrich
Sodyum Karbonat	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Sigma Aldrich
Gallik Asit	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>5</sub>	Sigma Aldrich

### 3.1.3. Alet ve cihazlar

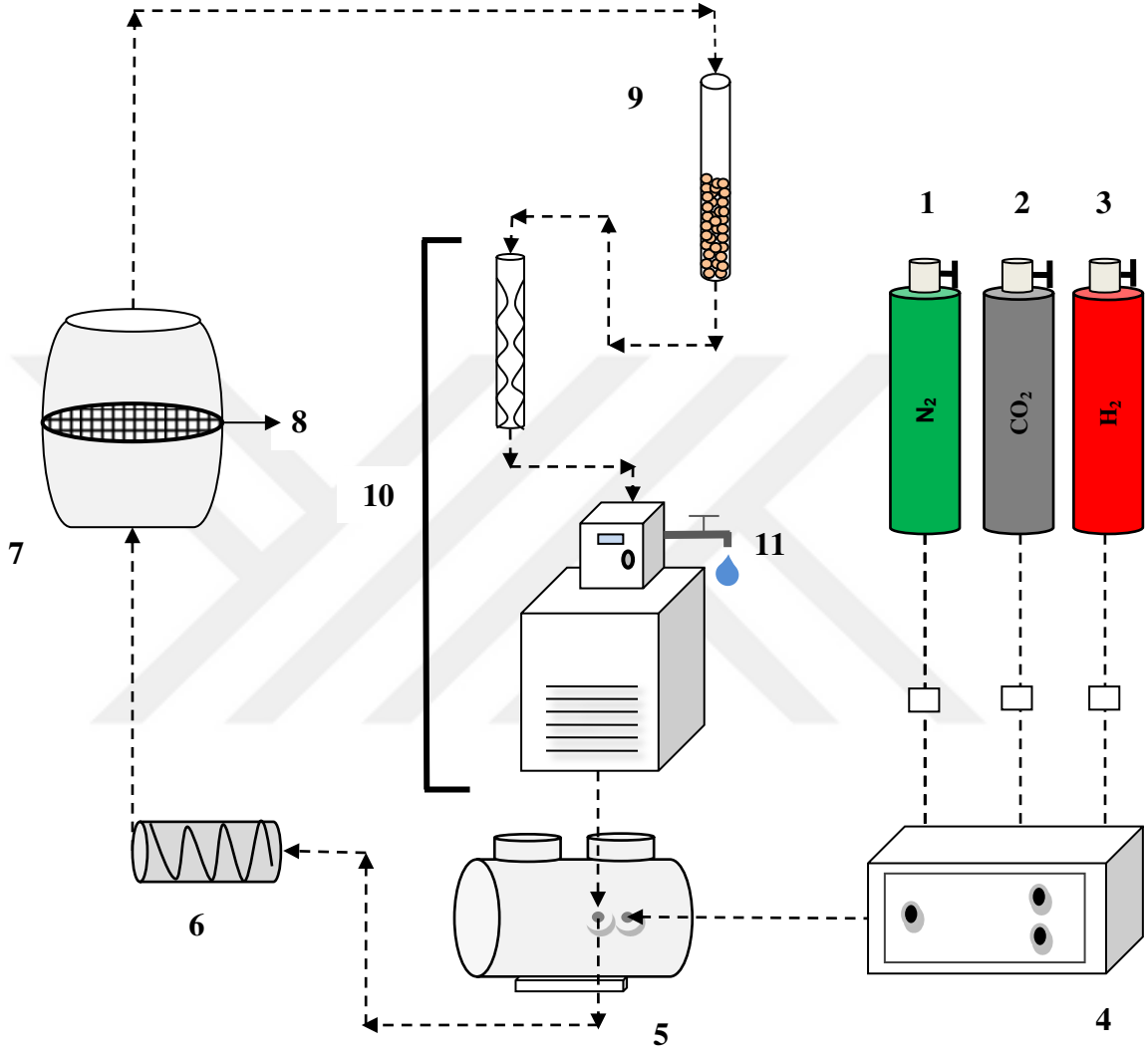
#### 3.1.3.1 Laboratuvar tipi indirgen atmosferik kurutma (İAK) sistemi

Laboratuvar (İğdır Üniversitesi Redoks Uygulamaları Araştırma Merkezi) şartlarında tasarlanmış ve yapılmış olan İndirgen Atmosferik Kurutma (İAK) Sistemi; kapalı çevrim bir kurutma sistemi olup şu kısımlardan meydana gelmektedir:

1. Azot (N<sub>2</sub>) gaz tüpü
2. Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gaz tüpü
3. Hidrojen (H<sub>2</sub>) gaz tüpü

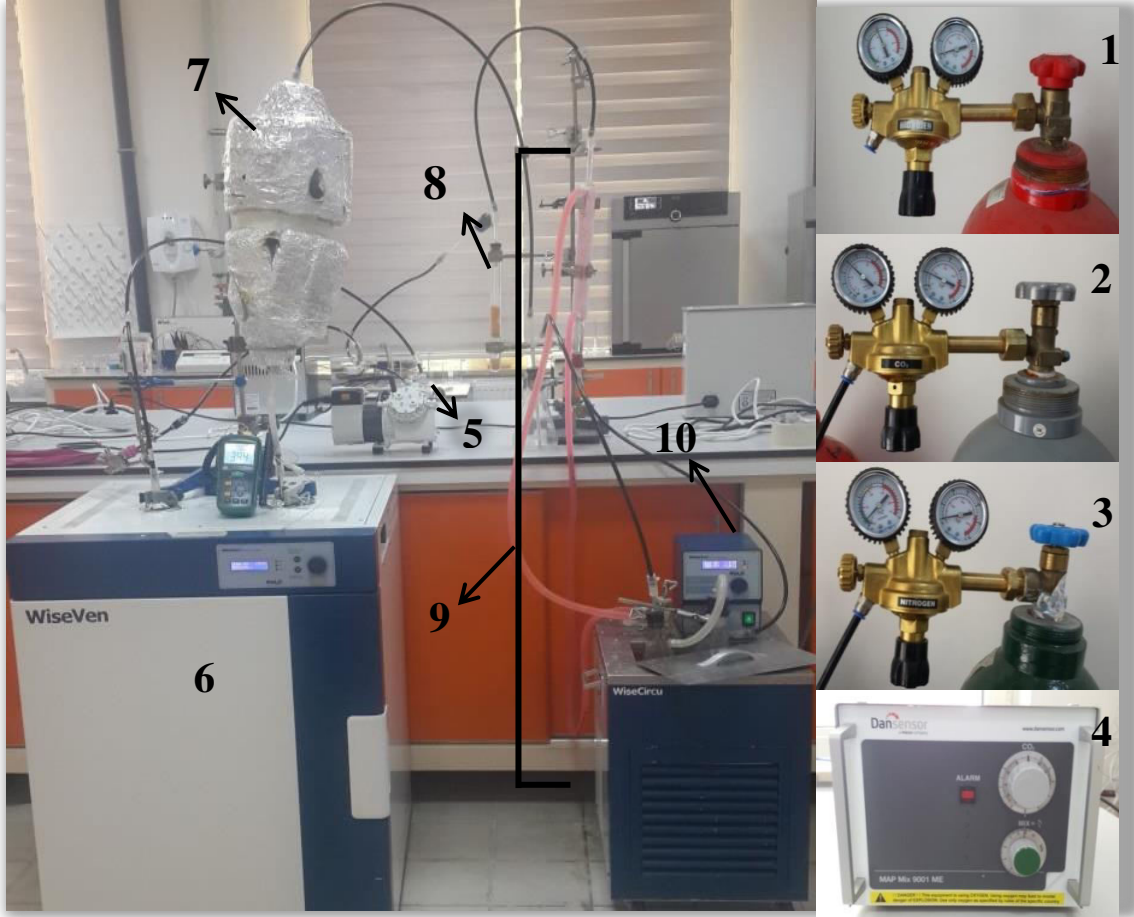
4. Gaz mikseri,
5. Gaz sirkülatörü,
6. Isıtıcı,
7. Kurutma kabini,
8. Nem tutucu (silikajel),
9. Aşamalı kondensör sistemi,
10. Kurutma tepsisi
11. Üründen ayrılan nem

İAK sisteminin (Şekil 3.2) çalışma prensibi özetlenecek olursa; sisteme verilecek olan gaz karışımı [Azot ( $N_2$ ) ve/veya karbondioksit ( $CO_2$ ) ve/veya hidrojen ( $H_2$ )] gaz mikseri aracılığıyla istenilen konsantrasyonlarda ayarlanmakta ve elde edilen gaz karışımı, gaz sirkülatörü ile ısıtıcıya gönderilmektedir. Isıtıcıda istenilen sıcaklığa getirilen gaz karışımı, ısı ve ışık izolasyonu sağlanmış olan ve üzerine ürünün yerleştirildiği ızgara şeklinde bir kurutma tepsisi bulunduran kurutma kabine geçmektedir. Ürünün kurutulmak üzere yerleştirildiği kurutma tepsinin ızgara şeklinde olmasının sebebi, kurumun daha tekdüze şekilde gerçekleştirilmek istenmesidir. Gaz karışımı, silikajelden meydana gelen nem tutucuya ulaştığında, bir kısım nem burada tutulmaktadır. Kurutma atmosferinde kalmış olan nem ise aşamalı kondensör sisteminde yoğunlaştırılarak kurutma atmosferinin nem yükü azaltılmakta ve kuruma süresi kısaltılmaktadır. Sistem kapalı çevrim şeklinde olduğundan, aşamalı kondensör sisteminden çıkan gaz karışımı, tekrar hava sirkülatörüne beslenmektedir. Sistemde sirküle olan gaz karışımı tekrar tekrar kullanılıyor olsa da belirli zaman aralıklarıyla sisteme taze gaz karışımının beslenmesi gerekmektedir. Sisteme gaz akışı sağlandığında, nem tutucu sistem içerisindeki silikajel hareketlenmekte ve bu hareketliliğin hızı, gaz akış indikatörü olarak kullanılmaktadır.



\* 1, Azot ( $N_2$ ) gaz tüpü; 2, Karbondioksit ( $CO_2$ ) gaz tüpü; 3, Hidrojen ( $H_2$ ) gaz tüpü; 4, Gaz mikseri; 5, Gaz sirkülatörü; 6, Isıtıcı; 7, Kurutma kabini; 8, Nem tutucu (silikajel); 9, Aşamalı kondensör sistemi; 10, Kurutma tepsisi; 11, Üründen ayrılan nem

**Şekil 3.2.** İndirgen atmosferik kurutma (İAK) sistemi şematik diyagramı



\*1, Azot ( $N_2$ ) gaz tüpü; 2, Karbondioksit ( $CO_2$ ) gaz tüpü; 3, Hidrojen ( $H_2$ ) gaz tüpü; 4, Gaz mikseri; 5, Gaz sirkülatörü; 6, Isıtıcı; 7, Kurutma kabini; 8, Nem tutucu (silikajel); 9, Aşamalı kondensör sistemi; 10, Kurutma tepsi; 11, Üründen ayrılan nem. Not: gaz tüpleri (1,2 ve 3) ve gaz mikseri (4) farklı bölüme olduğundan ayrı şekilde verildi ve kurutma tepsi (10) kurutma kabini içerisinde olduğundan görülmemektedir.

**Şekil 3.3.**İndirgen atmosferik kurutma (İAK) sistemine ait fotoğraf

### 3.1.3.1. Diğer alet ve cihazlar

Çalışmalar esnasında kullanılmış olan cihazların adı ve marka/modeli Çizelge 3.2’de gösterilmektedir.

**Çizelge 3.2.** Çalışmalarda kullanılmış olan cihazların adı ve marka/modeli

<b>CİHAZ ADI</b>	<b>CİHAZ MARKA/MODEL</b>
<b>Fırın (1)</b>	Memmert UN55
<b>Fırın (2)</b>	Dahan, WOV-105, Kore
<b>Hassas Terazı (1)</b>	Shimadzu-ATX224, Japonya
<b>Hassas Terazı (2)</b>	AND, FZ-5000i, Japonya
<b>Homojenizatör</b>	IKA Ultra Turrax, T18, Almanya
<b>Kolorimetre</b>	Minolta, CR 410, Osaka, Japonya
<b>Liyofilizatör</b>	Martin Christ, Alpha 1-2 LD, Almanya
<b>Manyetik Karıştırıcı</b>	IKA RH Basic 2, Kore
<b>Multiparametre Ölçüm Cihazı (pH/Redoks)</b>	Consort, C3040, Belçika,
<b>Nem Tayin Cihazı</b>	Shimadzu MOC63, Japonya
<b>Otomatik Pipet</b>	Eppendorf, ABD
<b>Refraktometre</b>	Boeco Digital Abbe Refractometer, BOE 32400, Almanya
<b>Saf Su Cihazı</b>	Milipore-112, ABD
<b>Santrifüj</b>	Healforce, Neofuge 23 R, Çin
<b>Soğutucu</b>	Dahan, WCR-P12, Kore
<b>Spektrofotometre</b>	Thermo Scientific, AQ 8000, Çin
<b>Tekstür Analiz Cihazı</b>	Model TA-XT2, Stable Microsystems, Surrey, İngiltere
<b>Termometre- Nemölçer</b>	
<b>Ultra Saf Su Cihazı</b>	Millipore Direct Q 3, ABD
<b>Vakum Fırını</b>	Dahan, WOV-30, Kore
<b>Vorteks</b>	Wisemix WM-10, Kore

## **3.2. Metot**

### **3.2.1. Kurutma öncesi işlemler**

Kayıslar; kurutma işlemi öncesi musluk suyu ile yıkandıktan sonra, kurularak çekirdek, sap vb. yenilmeyen kısımları uzaklaştırılmıştır. 8 mm x 8 mm'lik küpler halinde dilimlenmiştir.

### **3.2.2. Kurutma işlemi**

Örnekler, son nem değeri %20'nin altında olacak şekilde, laboratuvar tipi İndirgen Atmosferik Kurutma Sistemi (İAK) [hava, %100 N<sub>2</sub> ve indirgen gaz içeren gaz karışımı (%4 H<sub>2</sub>, %5 CO<sub>2</sub>, %91 N<sub>2</sub>) olmak üzere 3 farklı kurutma atmosferi ile]; liyofilizatör, vakum ve fırında kurutmaya tabi tutulmuştur.

#### **3.2.2.1. Liyofilizasyon (dondurarak kurutma)**

Küpler halinde dilimlenmiş olan örnekler, ağzı kapalı petriler içerisinde (kayısları birbirine değmeyecek şekilde) -80 °C'deki dondurucuda yaklaşık 4 saat süre ile bekletilmiştir. Bu süre sonunda dondurucudan çıkarılarak liyofilizatöre alınmış ve son nemi %20'nin altında olacak şekilde 22 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır. Elde edilen kuru örnekler kullanılacağı süreye kadar -20 °C'de muhafaza edilmiştir. Liyofilize örnekler; DPPH, ABTS, toplam fenolik ve toplam flavonoid madde miktarı analizinde taze (referans) olarak dikkate alınmıştır.

#### **3.2.2.2. Vakumda kurutma**

Küpler halinde dilimlenmiş olan örnekler, petriler içerisine ağzı açık ve birbirine değmeyecek şekilde alınarak 70 °C'ye ayarlanmış olan vakum fırını içerisine yerleştirilmiştir. Kurutma esnasında örneklerden uzaklaştırılan nemin oluşturacağı buğulanmanın, dolayısıyla kuruma süresindeki artışın önlenmesi için; her bir petrideki örnek miktarının yaklaşık 3 katı silikajel petriler içerisinde ağzı açık şekilde vakum fırını içerisine yerleştirilmiştir. 6,5 saatlik kuruma süresinin ardından nem değeri %20'nin altına düşen kuru örnekler, kullanılacağı süreye kadar -20 °C'de muhafaza edilmiştir.

#### **3.2.2.3. Fırında kurutma**

Küpler halinde dilimlenmiş olan örnekler, petriler içerisine ağzı açık ve birbirine değmeyecek şekilde yerleştirilerek 70 °C'ye ayarlanmış olan fırında 7 saat süreyle

kurumaya bırakılmıştır. Nem değeri %20'nin altına düşen kuru örnekler, kullanılacağı süreye kadar -20 °C'de muhafaza edilmiştir.

#### 3.2.2.4.İndirgen atmosferik kurutma sistemi (İAK) ile kurutma

Laboratuvar tipi İndirgen Atmosferik Kurutma Sistemimizde (İAK) Çizelge 3.3'te verildiği üzere kurutma işlemi,3 farklı kurutma atmosferinde gerçekleştirilmiştir.

**Çizelge 3.3.** İndirgen atmosferik kurutma (İAK) sisteminde kullanılan 3 farklı kurutma atmosferi

Kurutma Atmosferi Adı	Kurutma Atmosferi içeriği
İAK <sub>HAVA</sub>	%100 Hava
İAK <sub>AZOT</sub>	%100 N <sub>2</sub>
İAK <sub>MİKS</sub>	%4 H <sub>2</sub> , %5 CO <sub>2</sub> , %91 N <sub>2</sub>

İndirgen gaz içeren gaz karışımı (İAK<sub>MİKS</sub>) ile kurutma yapılmadan önce; elde edilen gaz karışımındaki hidrojen (H<sub>2</sub>) varlığını tespit etmek amacıyla, H<sub>2</sub> gazının ortamın redoks potansiyelini negatif değerlere çekme özelliğinden faydalanılmıştır. Bunun için; ilk olarak bir beher içerisine belli miktar çeşme suyu alınmış ve multiparametre cihazı aracılığıyla redoks değeri ölçülmüştür. Daha sonra mikserden çıkan gaz karışımı, bir hortum aracılığıyla bu çeşme suyu içerisine aktarıldığı sırada yeniden redoks değeri ölçülmüştür. 250-280 mV değerleri arasındaki çeşme suyunun redoks değeri, (-200)-(-300) mV değerlerine geldiğinde, gaz karışımındaki hidrojen varlığı tespit edilmiş ve kurutma işlemine başlanmıştır.

Gazlarla kurutma işlemi yapılırken, kurutma süresi boyunca sisteme belirli aralıklarla toplamda 6 defa 57 litrelik gaz beslenmiştir. Her üç kurutma işlemi için de gerekli olan süre, kullanılan gaz ve enerji miktarı Çizelge 3.4.'te verilmektedir. Kurutma işlemi 70 °C'de 7 saat süreyle gerçekleştirilmiştir.

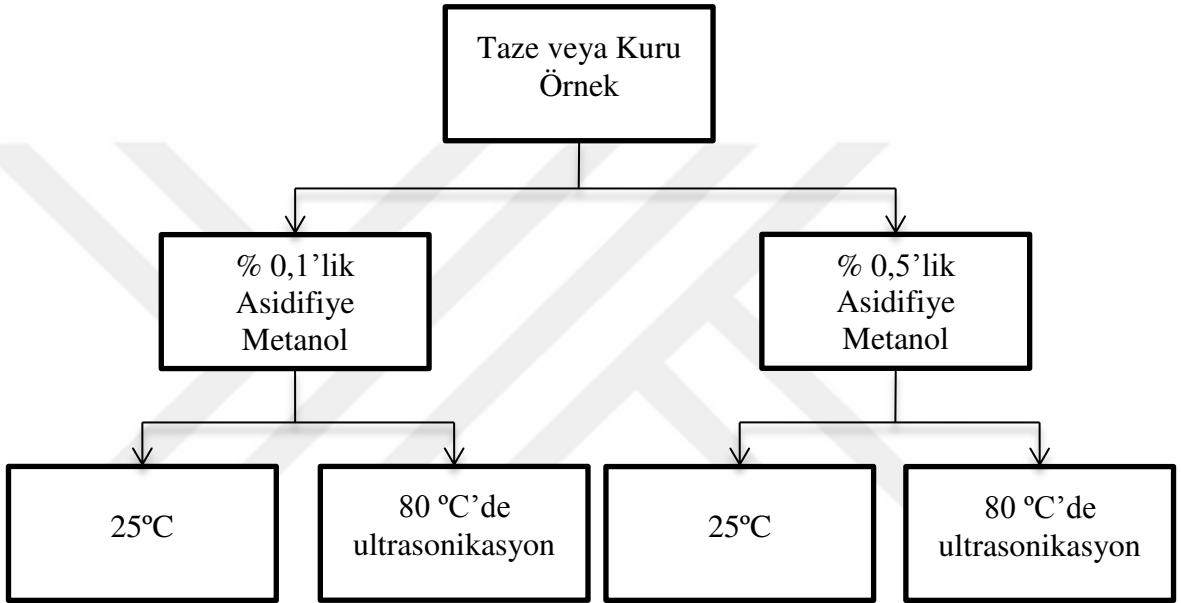
**Çizelge 3.4.** İAK sisteminin her birinde harcanan gaz ve enerji miktarı

Ortalama Kurutma Süresi (saat)	Kullanılan Gaz Miktarı (Litre)	Harcanan Enerji ( kJ )			Toplam
		Isıtıcı	Soğutucu	Gaz Sirkülatörü	
7	342	32 400	32 400	3672	68 472



### 3.2.3. Örneklerin ekstraksiyonu

Ekstraksiyon işleminde kullanılması gereken solvent ve sıcaklık miktarı tespiti için bir takım ön denemeler gerçekleştirilmiştir. Ön denemelerde; taze ve kuru kayısı örnekleri, iki farklı çözücü [%0,1 ve %0,5 HCl asit içeren %50'lik metanol (asidifiye metanol)] ve iki farklı sıcaklık (25 °C ve ultrasonikasyon şartlarında 80 °C) kullanılarak ekstrakte edilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Ön denemelerde uygulanan ekstraksiyon işlemi

Ekstraksiyon işlemi; Vijaya Kumar Reddy *et al.*, (2010) referansı bazı modifikasyonlarla ele alınmış ve şu şekilde uygulanmıştır:

- Taze örnekten 5 g ve kuru örnekten ise 0,2 g tartılarak deney tüplerine alınmıştır.
- Üzeri 10 ml asidifiye metanol (%0,1 veya %0,5 HCl asit içeren %50'lik metanol) ile tamamlanmıştır.
- Ardından homojenizatörde (1300 rpm/1 dk) homojenize edilmiştir.
- Homojenize hale gelen karışım, 25 °C'de veya ultrasonikasyonda (%50 sonikasyon) 80 °C'de 2 saat, ışık almayacak şekilde bekletilmiştir.
- Bu süre sonunda santrifüje (10 000 g/10 °C/15 dk) tabi tutulmuştur.

- Süpernatant alınmış ve önce kaba filtreden sonra 0,45 µm'lik filtrelerden geçirilmiştir.
- Elde edilen filtrat, ya hemen kullanılmış ya da -80 °C' de analize kadar bekletilmiştir.

Yapılan ön denemelerle elde edilen verilere göre; örneklerin ekstraksiyonunda çözücü olarak %0,1 HCl içeren metanol (%50 v/v) ve sıcaklık olarak 25 °C kullanılarak bahsi geçen ekstraksiyon yolu izlenmiştir. Taze ürün için ise önce ürün liyofilizasyon işlemine tabi tutulmuş ve ardından ekstraksiyon yapılmıştır.

### **3.2.4. Fiziksel ve kimyasal analizler**

#### **3.2.4.1. Nem içeriği analizi**

Taze ve kuru örneklerdeki nem içeriği; nem tayin cihazı (Shimadzu MOC63, Japonya) kullanılarak 100 gram üründeki nem içeriği şeklinde tespit edilmiştir. Cihazın doğruluğu, örneklerin (5g ± 0,1 mg) atmosferik basınç altında 105 °C'deki fırın içerisinde, sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulması ile teyit edilmiştir. Sonuçlar, 100 gram kuru maddedeki nem miktarı olarak verilmiştir (Devic *et al.*, 2010).

#### **3.2.4.2. pH analizi**

Örneklerin pH değerinin ölçümü için; multiparametre (Consort, C3040, Belçika) ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ölçüme başlanmadan önce cihaz, pH değeri 4 ve 7 olan tampon çözeltilerle kalibre edildikten sonra örneklerin pH değeri 20 °C'de tespit edilmiştir (Tüfekci and Fenerçioğlu, 2010).

#### **3.2.4.3. Suda çözünen kurumadde (briks) analizi**

Briks değerinin tespiti için refraktometre (Boeco Digital Abbe Refractometer, BOE 32400, Almanya) kullanılmıştır. Ölçüm öncesi cihaz saf su ile kalibre edilmiştir. Prizmaya 1-2 damla numune damlatılmış ve görüntü netleştirilerek refraktometreye göre kırılma indisi veya kütlece yüzde suda çözünen katı madde miktarı (briks) okunmuştur (Cemeroğlu, 2003).

#### **3.2.4.4. Renk analizi**

Renk değerleri ölçülürken; CIE parametreleri (L\*, a\* ve b\* ) dikkate alınarak kolorimetre cihazı (Minolta, CR 410, Osaka, Japonya) kullanılmış ve cihaz her ölçüm öncesi kalibre edilmiştir. Kullanılan parametrelerden; L\* değeri, parlaklığı; a\* değeri,

yeşil-kırmızı renk tonunu; b\* değeri ise mavi-sarı renk tonunu ifade etmektedir. Taze (t) ve kuru (k) örneklerin L\*, a\* ve b\* değerleri arasındaki farka dayanan toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) aşağıdaki bağıntıdan (3.1) hesaplanmıştır (Ihns et al., 2011).

$$\Delta E = [(L^*_t - L^*_k)^2 + (a^*_t - a^*_k)^2 + (b^*_t - b^*_k)^2]^{1/2} \dots \dots \dots (3.1)$$

#### 3.2.4.5. DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) serbest radikal süpürme gücü analizi

DPPH analizi Madrau *et al.*, (2009) referansında bazı modifikasyonlarla şu şekilde uygulanmıştır.

- $6 \cdot 10^{-5}$  M'lik DPPH solüsyonu metanol ile hazırlanmıştır.
- Hazırlanan solüsyondan 2,5 ml deney tüplerine alınmış ve üzerine kuru ürünlerden elde edilmiş olan ekstraktlardan 500  $\mu$ l eklenmiştir.
- Elde edilen DPPH solüsyonu-ekstrakt karışımı 90 dk boyunca oda sıcaklığında inkübasyona bırakılmıştır.
- Ardından spektrofotometre kuvvetlerine alınmış ve 515 nm'de spektrofotometrik ölçüm yapılmıştır.
- Kontrolde örnek yerine asidifiye metanol kullanılmıştır.
- DPPH inhibisyon değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\%DPPH = \left[ 1 - \frac{Abs_{örnek}}{Abs_{kontrol}} \right] \times 10 \dots \dots \dots (3.2)$$

- Sonuçlar %DPPH inhibisyonu olarak verilmiştir.

#### 3.2.4.6. ABTS (2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)) serbest radikal süpürme gücü analizi

ABTS analizi Ozgen and Reese, (2006) referansı dikkate alınarak, bazı ufak modifikasyonlarla şu şekilde uygulanmıştır.

- İlk olarak 2,45 mM potasyum persülfat ( $K_2S_2O_8$ ) içeren 7 mM'lik ABTS çözeltisi hazırlanmış ve 12-16 saat süreyle oda sıcaklığında karanlıkta bekletilmiştir.
- 20 mM sodyum asetat ( $C_2H_3NaO_2$ ) çözeltisi hazırlanmış ve 0,1 N'lik HCl asit ile pH değeri 4,5'e ayarlanmıştır.

- Hazırlanan ABTS solüsyonu, 20 mM'lık asidifiye sodyum asetat (C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>NaO<sub>2</sub>) ile spektrofotometrede 734 nm'de absorbanısı 0,700 ± 0,01 nm oluncaya kadar seyreltilmiştir.
- Kayısı ekstraktlarından 100 µl alınarak 1900 µl seyreltik ABTS solüsyonu ile karıştırılmış ve 5 dk sonunda spektrofotometrede 734 nm'deki absorban değeri kaydedilmiştir.
- Kontrolde örnek yerine asidifiye metanol kullanılmıştır.
- ABTS inhibisyon değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\%ABTS = \left[ 1 - \frac{Abs_{örnek}}{Abs_{kontrol}} \right] \times 100 \dots\dots\dots (3.3)$$

- Standart olarak Troloks kullanılmış olup, sonuçlar 100 g kuru maddedeki troloks eşdeğeri (TE) cinsinden verilmiştir.
- Troloks kalibrasyon eğrisi, 0-2,5 mM arasındaki konsantrasyonlar kullanılarak oluşturulmuştur.

#### 3.2.4.7. Toplam fenolik madde miktarı (Folin-Ciocalteu's) analizi

Toplam fenolik madde analizi López *et al.*, (2010) referansına göre şu şekilde gerçekleştirilmiştir.

- Kayısı örneklerinden elde edilen ekstraktlardan 0,5 ml alınmış ve üzerine 0,5 ml saf folin Ciocalteu reaktifi eklenerek vortekslenmiştir.
- 5 dk oda sıcaklığında bekletilmiştir.
- Üzerine 2 ml, % 20 'lik Sodyum Karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) çözeltisi eklenmiş ve tekrardan vortekslenmiştir.
- 30 dk karanlıkta bekletildikten sonra üzerine 10 ml ultra saf su eklenerek vortekslenmiştir.
- Santrifüje (4000 g/5dk/oda sıcaklığı) tabi tutulmuştur
- Elde edilen süpernatant küvetlere alınmış ve absorbanısı 765 nm'de spektrofotometrede okunmuştur.
- Kontrol olarak örnek yerine asidifiye metanol kullanılmıştır.
- Standart olarak gallik asit kullanılmış olup, sonuçlar 100 g kuru maddedeki gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak verilmiştir.

- Gallik asit kalibrasyon eğrisi, 0-100  $\mu\text{g.ml}^{-1}$  arasındaki konsantrasyonlar kullanılarak oluşturulmuştur.

#### **3.2.4.8. Toplam flavonoid madde miktarı analizi**

Toplam flavonoid madde miktarı analizi Vital *et al.*, (2017) referansı dikkate alınarak şu şekilde gerçekleştirilmiştir.

- İlk olarak 50 g/L'lik  $\text{AlCl}_3$  çözeltisi hazırlanmıştır.
- Kayısı örneklerinden elde edilen ekstraktan 300  $\mu\text{l}$  alınmış, 150  $\mu\text{l}$   $\text{AlCl}_3$  çözeltisi ve 2550  $\mu\text{l}$  metanol ile karıştırılmıştır.
- Elde edilen ekstrakt- $\text{AlCl}_3$ -metanol karışımı, oda sıcaklığında 30 dk süreyle inkübasyona bırakılmıştır.
- Karışım küvetlere alınmış ve spektrofotometrede 425 nm'de okuma yapılmıştır.
- Kontrol olarak örnek yerine asidifiye metanol konulmuştur.
- Standart olarak quercetin kullanılmış olup, sonuçlar 100 g kuru maddedeki quercetin eşdeğeri (QE) olarak verilmiştir.
- Quercetin kalibrasyon eğrisi, 0-300  $\mu\text{g.ml}^{-1}$  arasındaki konsantrasyonlar kullanılarak oluşturulmuştur.

#### **3.2.5. İstatistik analiz**

İstatistik analizde Minitab 17 programı kullanılarak varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçlar ortalama  $\pm$  SS (standart sapma) şeklinde ifade edilmiştir.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Taze Ürüne Ait Nem, pH ve Briks Analizi Sonuçları

Taze Hacihaliloğlu kayısı çeşidine ait ortalama nem, pH ve briks değerleri sırasıyla %74,77; 5,66 ve 22,95 °Bx olarak tespit edilmiştir. Akin *et al.*, (2008); Hacihaliloğlu çeşidine ait %75,22 ve 23,20 °Bx olarak elde ettiği nem ve briks değerleri, çalışmamızdaki sonuçlarla benzerlik gösterirken; pH'nın 4,90 değeri ile daha düşük olduğu saptanmıştır.

### 4.2. Renk Analizi Sonuçları

Tez çalışmalarına başlanmadan önce yapılan ödenemelerde; şalak kayısı, tez materyali olarak kullanılan Hacihaliloğlu kayısı çeşidinde uygulandığı gibi 6 farklı şekilde kurutulmuş olup; renk değişimi CIE L\*, a\* ve b\* değerleri dikkate alınarak ölçülmüş ve bu değerler kullanılarak toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) hesaplanmıştır.

Taze ve kurutma işlemleri sonrası Şalak kayısına ait renk değerlerine Çizelge 4.1'de yer verilmiştir. Taze ve İAK<sub>MİKS</sub> ile kurutulmuş olan Şalak kayısına ait L\* (parlaklık) ve b\* (sarı-mavi) değerleri dikkate alınarak değerlendirildiğinde, aralarındaki farklılığın önem seviyesinde olmadığı tespit edilmiştir (P<0,05). Kurutma alanında en iyi muhafaza tekniklerinden biri olarak ön plana çıkan liyofilizasyon işlemi sonucunda, L\* değerinde ciddi bir artışın meydana geldiği ve kayısının orijinal renginden uzaklaştığı gözlemlenmiştir. En düşük L\* (41,705) ve b\* değerine (28,580) sahip olması sebebiyle vakumda kurutulan örneklerde esmerleşme fenomeni, diğer kurutma çeşitlerine nazaran çok daha fazla meydana gelmiştir. Sultana, (2012), kayısı meyvesinde meydana gelen bu fenomenin, vakumda kurutma sırasında ortamda oksijen bulunmadığından enzimatik olmayan esmerleşme (Maillard) reaksiyonu sonucu oluşan melanoidinlerden kaynaklı olduğunu belirtmektedir. a\* (yeşil-kırmızı) değerlerinde; liyofilize kayısılar hariç diğer tüm kurutma işlemleri sonrası artış, diğer bir ifadeyle +a yönüne (kırmızılık) doğru bir değişim olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Liyofilizasyon (45,157), İAK<sub>AZOT</sub> (41,290) ve İAK<sub>HAVA</sub> (43,78) ile kurutulmuş olan örneklere ait b\* değerleri arasındaki farklılığın önem seviyesinde olmadığı ve bu değerlerin -b (mavilik) yönüne kaydığı gözlemlenmiştir. Toplam renk değişimi ( $\Delta E$ )'ne gelince en az değişimin 4,08 değeri ile İAK<sub>MİKS</sub> örneklerine, en fazla değişimin ise 31,38 değeri ile vakumda

kurutulan örneklere ait olduğu tespit edilmiştir. L\*, a\* ve b\* renk parametreleri ile  $\Delta E$  değerleri dikkate alındığında Şalak çeşidinde tazeye en yakın değerlere İAK<sub>MİKS</sub> ile kurutulan örneklerde rastlanmıştır

**Çizelge 4.1.** Taze ve 6 farklı yöntemle (liyofilize, İAK<sub>MİKS</sub>, İAK<sub>AZOT</sub>, İAK<sub>HAVA</sub>, fırın ve vakum) kurutulmuş Şalak kayısına ait L\*, a\*, b\* ve  $\Delta E$  değerleri

<b>ŞALAK KAYISINA AİT RENK SONUÇLARI</b>				
<b>ÖRNEKLER</b>	<b>RENK PARAMETRELERİ</b>			
	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b><math>\Delta E</math></b>
<b>TAZE</b>	62,219 ± 2,097 <sup>b</sup>	15,682 ± 2,044 <sup>bc</sup>	52,263 ± 1,328 <sup>a</sup>	-
<b>LİYOFİLİZE</b>	69,883 ± 0,523 <sup>a</sup>	13,293 ± 0,387 <sup>c</sup>	45,157 ± 0,970 <sup>b</sup>	10,72
<b>İAK<sub>MİKS</sub></b>	59,675 ± 0,1061 <sup>b</sup>	18,760 ± 0,0990 <sup>ab</sup>	51,410 ± 0,834 <sup>a</sup>	4,08
<b>İAK<sub>AZOT</sub></b>	58,680 ± 0,552 <sup>bc</sup>	19,455 ± 1,082 <sup>ab</sup>	41,290 ± 0,354 <sup>b</sup>	12,13
<b>İAK<sub>HAVA</sub></b>	53,700 ± 0,325 <sup>c</sup>	18,945 ± 0,587 <sup>ab</sup>	43,78 ± 3,78 <sup>b</sup>	12,45
<b>FIRIN</b>	47,140 ± 0,217 <sup>c</sup>	19,617 ± 0,344 <sup>a</sup>	33,703 ± 1,081 <sup>d</sup>	24,23
<b>VAKUM</b>	41,705 ± 0,304 <sup>d</sup>	17,425 ± 0,276 <sup>abc</sup>	28,580 ± 1,018 <sup>c</sup>	31,38

\*Her bir parametre için aynı sütunda aynı harflendirmeye (a, b ve c) sahip değerler arasında p<0,05 güvenilirlik düzeyinde belirgin bir farklılık bulunmamaktadır. İAK<sub>MİKS</sub>: % 4 H<sub>2</sub>, %5 CO<sub>2</sub>, %91 N<sub>2</sub>; İAK<sub>AZOT</sub>: %100 N<sub>2</sub>; İAK<sub>HAVA</sub>: hava, (n=3)



**TAZE**



**LİYOFİLİZASYON**



**İAK MİKS**



**İAK AZOT**



**İAK HAVA**



**FIRIN**



**VAKUM**

**Şekil 4.1.** Taze ve 6 farklı şekilde kurutulmuş (Liyofilize, İAK MİKS, İAK AZOT, İAK HAVA, Fırın ve Vakum) Şalak kayısı çeşidine ait fotoğraflar



Tezde materyal olarak kullanmış olduğumuz Hacıhaliloğlu kayısının taze haline ait L\* ve a\* değerleri; Akin *et al.*, (2008)'nin Hacıhaliloğlu kayısından elde ettiği değerlerle benzerlik gösterirken, b\* değerinin daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Şalak kayısında olduğu gibi, 68,547 ve 48,72 olan en yüksek ve en düşük L\* değerlerine; sırasıyla liyofilizasyon ve vakumda kurutulan örneklerde rastlanmıştır (Çizelge 4.2).

Taze örnekler için ait L\* ve a\* değerlerine istatistiksel açıdan (P<0,05) en fazla benzerlik gösteren örneklerin İAK<sub>AZOT</sub> ile kurutulanlar olduğu gözlemlenmiştir. Şalak kayısında olduğu gibi esmerleşme fenomeninin en yüksek düzeyde gerçekleştiği örneklerin, en düşük L\* ve b\* değerleriyle (48,72 ve 37,00), vakumda kurutulan örnekler olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2).

Renk değişiminin, meyve ve sebzelerde meydana gelen enzimatik/enzimatik olmayan reaksiyonlar ve pigment kaybıyla bağlantılı olduğu bildirilmektedir. L\* değerindeki düşüş, karotenoidlerin kümeleşmesi sonucu kayısı çeşitlerindeki koyulaşmaya sebep olmaktadır (Akin *et al.*, 2008; García-Martínez *et al.*, 2013). a\* değerindeki artışın, yine meyve ve sebzelerde esmerleşme fenomenine sebep olduğu bildirilse de; her iki kayısı çeşidinde de uygulanan farklı kurutma işlemleri (liyofilizasyon hariç) sonrası a\* değerinde artış gözlemlenmekle birlikte; kurutma çeşitlerine ait a\* değerleri arasındaki istatistiksel benzerlik dikkat çekmektedir. Kurutma çeşitlerine ait a\* değerlerindeki bu benzerliğe karşın (P<0,05), L\* ve b\* değerlerinin renk değişimini ciddi şekilde etkilediği görülmektedir (Çizelge 4.2). En düşük b\* değerlerine, sırasıyla vakum (37,00) ve fırın (38,565) ile kurutulan örneklerde rastlanmış ve kayısıya ait sarı rengindeki kaybın, -b\*(mavilik) yönünde ilerlemesiyle bu örneklerde daha fazla gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) bakımından incelendiğinde ise, en az değişimin 7,48 ve 9,76 değerleriyle sırasıyla İAK<sub>AZOT</sub> ve İAK<sub>MİKS</sub> örneklerine; en fazla değişimin ise 17,91 ile vakumda kurutulan örnekler için olduğu tespit edilmiştir. L\*, a\* ve b\* parametreleri ile  $\Delta E$  değeri dikkate alındığında, taze örnekler için en yakın özelliklere İAK<sub>AZOT</sub> ve İAK<sub>MİKS</sub> ile kurutulan örneklerde rastlanmıştır (Çizelge 4.2).

**Çizelge 4.2.** Taze ve 6 farklı yöntemle (liyofilize, İAK<sub>MİKS</sub>, İAK<sub>AZOT</sub>, İAK<sub>HAVA</sub>, fırın ve vakum) kurutulmuş Hacıhaliloğlu kayısılarına ait L\*, a\*,b\* VE ΔE değerleri

<b>HACIHALILOĞLU KAYISISINA AİT RENK SONUÇLARI</b>				
<b>ÖRNEKLER</b>	<b>RENK PARAMETRELERİ</b>			
	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>ΔE</b>
<b>TAZE</b>	61,119 ± 2,690 <sup>b</sup>	10,038 ± 2,834 <sup>b</sup>	49,536 ± 2,152 <sup>a</sup>	-
<b>LİYOFİLİZE</b>	68,547 ± 0,553 <sup>a</sup>	8,057 ± 0,214 <sup>b</sup>	40,993 ± 1,175 <sup>bcd</sup>	11,49
<b>İAK<sub>MİKS</sub></b>	55,320 ± 1,359 <sup>c</sup>	12,643 ± 0,846 <sup>ab</sup>	42,123 ± 0,936 <sup>bc</sup>	9,76
<b>İAK<sub>AZOT</sub></b>	56,36 ± 1,85 <sup>bc</sup>	10,820 ± 0,877 <sup>ab</sup>	43,81 ± 2,38 <sup>b</sup>	7,48
<b>İAK<sub>HAVA</sub></b>	51,707 ± 0,046 <sup>cd</sup>	14,463 ± 0,271 <sup>a</sup>	40,05 ± 0,052 <sup>bcd</sup>	14,00
<b>FIRIN</b>	52,51 ± 3,68 <sup>cd</sup>	12,005 ± 0,432 <sup>ab</sup>	38,565 ± 1,453 <sup>cd</sup>	14,08
<b>VAKUM</b>	48,72 ± 2,07 <sup>d</sup>	13,223 ± 0,543 <sup>ab</sup>	37,00 ± 2,20 <sup>d</sup>	17,91

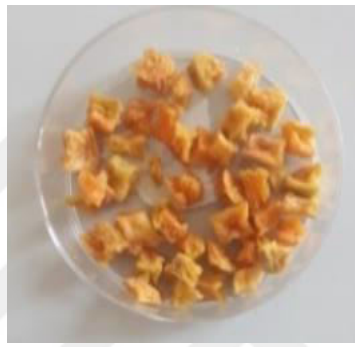
\*Her bir parametre için aynı sütunda aynı harflendirmeye (a, b ve c) sahip değerler arasında p<0,05 güvenilirlik düzeyinde belirgin bir farklılık bulunmamaktadır. İAK<sub>MİKS</sub>: % 4 H<sub>2</sub>, %5 CO<sub>2</sub>, %91 N<sub>2</sub>; İAK<sub>AZOT</sub>: %100 N<sub>2</sub>; İAK<sub>HAVA</sub>: hava, (n=3)



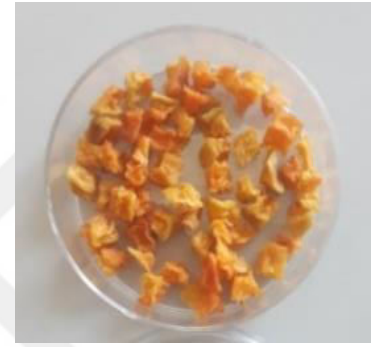
**TAZE**



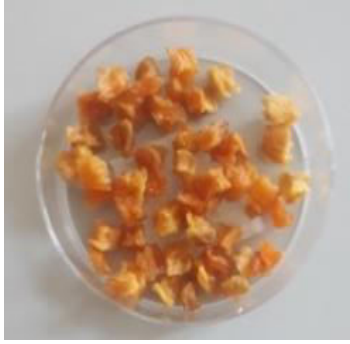
**LİYOFİLİZASYON**



**İAK<sub>MİKS</sub>**



**İAK<sub>AZOT</sub>**



**İAK<sub>HAVA</sub>**



**FIRIN**



**VAKUM**

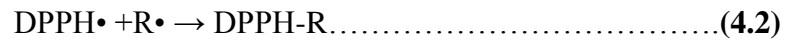
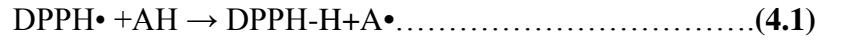
**Şekil 4.2.** Taze ve 6 farklı şekilde kurutulmuş (Liyofilize, İAK<sub>MİKS</sub>, İAK<sub>AZOT</sub>, İAK<sub>HAVA</sub>, Fırın ve Vakum) Hacıhaliloğlu kayısı çeşidine ait fotoğraflar

### 4.3. Antioksidan Analizleri

Gıda maddelerinin antioksidan miktarını tespit etmek amacıyla çok çeşitli analiz yöntemleri mevcut olmakla birlikte, bu analizlerden elde edilen verilerin ifade edilmesinde farklı birimler kullanılabilenmektedir. Söz konusu olan çalışmamızda DPPH ve ABTS metodu olmak üzere 2 farklı metod kullanılmıştır. DPPH metodundan elde edilen veriler; birim olarak %DPPH inhibisyonu şeklinde ifade edilirken; ABTS verileri ise 1 g kuru maddedeki µmol Troloks eşdeğeri (TE) şeklinde ifade edilmiştir. Liyofilizasyon yoluyla kurutulmuş örnekler, diğer kurutma tekniklerinin kullanıldığı örnekler ile kıyaslanmak üzere taze (referans) olarak dikkate alınmıştır.

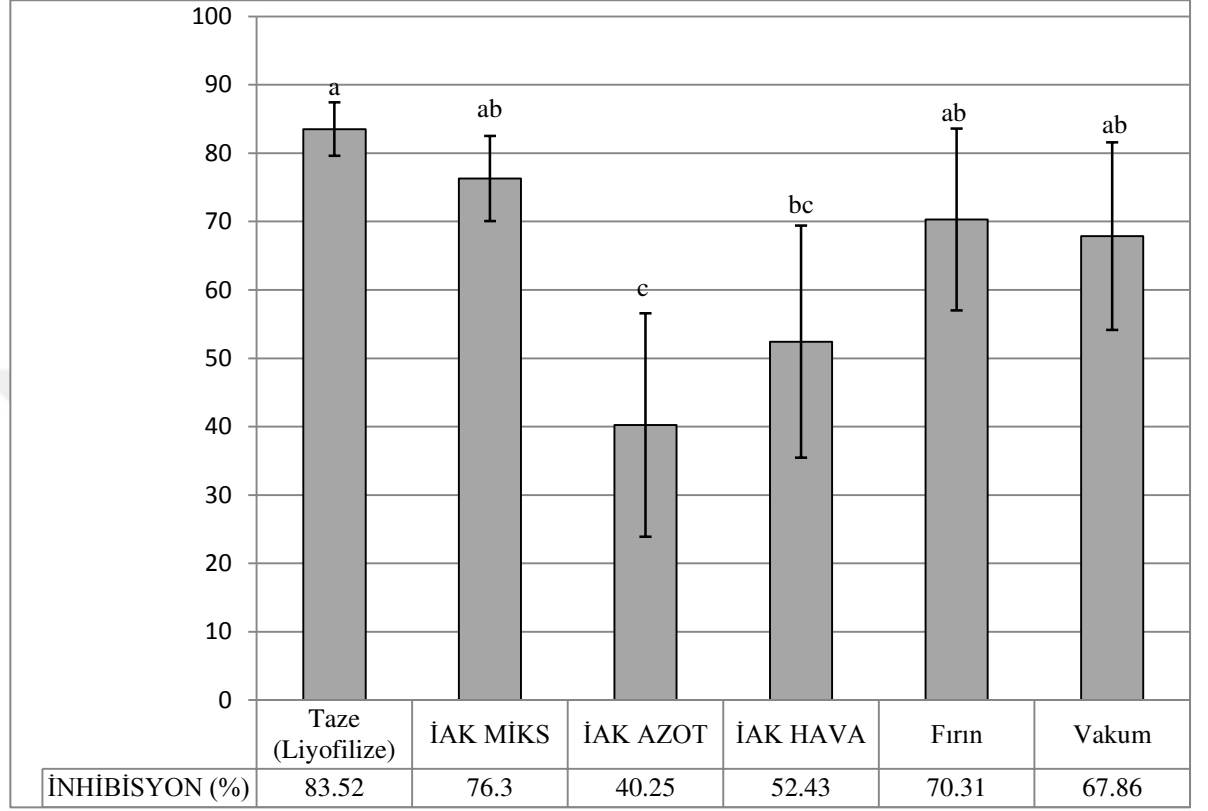
#### 4.3.1. DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) serbest radikal süpürme gücü analizi sonuçları

DPPH analizi; DPPH radikalinin serbest radikallerin hidrojen donörleri ile reaksiyona girme kabiliyetine dayanmakta ve ABTS analizi ile karşılaştırıldığında daha fazla tercih edilmektedir (Sochor *et al.*, 2010). Bununla beraber DPPH serbest radikali, hidroksil ve süperoksit radikallerinden daha stabil olduğundan; bu radikalın antioksidan etkinliği alanında kullanımı oldukça avantajlıdır (Dağ *et al.*, 2016). Bu analizde, bir antioksidan (AH) veya radikal (R) tarafından indirgenme sonrasında, çözeltinin rengi aşağıdaki reaksiyona göre açılmaktadır (Sochor *et al.*, 2010).



Şekil 4.3.'de verilen Hacihaliloğlu kayısı çeşidine ait DPPH (%inhibisyon) verilerine göre; taze (liyofilize) İAK<sub>MİKS</sub>, fırın (sıcak hava) ve vakum teknikleriyle kurutulan örnekler arasında p<0,05 düzeyinde benzerlik bulunmakla birlikte, taze (liyofilize) örneklerin %83,52 ile daha yüksek DPPH inhibisyon değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Taze örneklerden sonra en yüksek antioksidan değeri (%76,3) ile ikinci sırada yer alan İAK<sub>MİKS</sub>'e ait örnekler dikkat çekmekte ve bu durum söz konusu çalışmanın ana temasını oluşturan hidrojen (H<sub>2</sub>) gazının indirgeyici özelliğiyle ilişkilendirilmektedir. Fırın ve vakum tekniklerinin kullanıldığı örneklerin antioksidan miktarının yüksek oluşu literatürde 2 farklı şekilde açıklanmaktadır: (i) polifenollerin oksidasyonu esnasında oluşan ve yüksek antioksidan özellik gösteren ara ürünler; (ii)

enzimatik olmayan esmerleşme (Maillard Reaksiyonu) sonucu meydana gelen bileşikler (melanoidinler) (Albanese *et al.*,2013).



\*Her bir kurutma çeşidi için aynı harflendirmeye (a, b ve c) sahip değerler arasında  $p < 0,05$  güvenilirlik düzeyinde belirgin bir farklılık bulunmamaktadır. İAK<sub>MİKS</sub>: %4 H<sub>2</sub>, %5 CO<sub>2</sub>, %91 N<sub>2</sub>; İAK<sub>AZOT</sub>: %100 N<sub>2</sub>; İAK<sub>HAVA</sub>: hava, İnhibisyon (%): DPPH inhibisyonu; (n=3)

#### Şekil 4.3. Hacihaliloğlu kayısı çeşidine Ait DPPH analizi sonuçları

En düşük DPPH inhibisyon değeriyle (%40,25) ön plana çıkan İAK<sub>AZOT</sub> örneklerinin; diğer tekniklerle kurutulan örneklerle arasındaki farklılığın önem seviyesinde olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ). Normal koşullarda, kurutma ortamındaki havanın yerini alarak inert bir ortam oluşturan azot (N<sub>2</sub>) gazının kullanıldığı İAK<sub>AZOT</sub> uygulamasıyla elde edilen antioksidan aktivite değerinin, kurutma atmosferinde hava bulunduran fırın ve İAK<sub>HAVA</sub> 'dan daha yüksek olması beklenmektedir (Şekil 4.3). Fakat beklenenin tam aksi, fırın ve İAK<sub>HAVA</sub> örneklerinin daha yüksek antioksidan aktivitesi sergilemesi kısmen okside olmuş polifenollerin, okside olmamış polifenollerden daha güçlü antioksidan özellik göstermesiyle açıklanabilir (Kamiloglu *et al.*, 2016).

Çizelge 4.3'te, kayısı çeşitlerindeki antioksidan miktarının tespiti amacıyla DPPH tekniğinin kullanıldığı çalışmalardan bir kısmına yer verilmiş; uygulama, ekstraksiyon ve analiz sonucunun ifadesinde kullanılan birim farklılıkları da ayrıca belirtilmiştir. DPPH analizi öncesi farklı ekstraksiyon yöntemleri kullanılmasına karşın; çözücü olarak metanolün ön plana çıktığı görülmektedir (Çizelge 4.3). Metanolün solvent olarak kullanıldığı çeşitli meyve ve sebze ekstraktlarının; aseton ve etanolün kullanıldığı ekstraktlardan daha yüksek DPPH serbest radikal gücü aktivitesi sergilediği belirtilmektedir (Wani *et al.*, 2017).

Literatür prosedürlerine uygun şekilde, kayısı için hidrofilik ekstraksiyon çözgeni olarak metanol tercih edilmiştir. Çünkü genel antioksidan kapasitesine lipofilik katkının çok daha düşük olduğu bildirilmektedir (Scalzo *et al.*, 2005). Ayrıca metanolün, düşük-polimerize flavonoller için oldukça iyi bir solvent olduğu da öne sürülmektedir (Güçlü *et al.*, 2006). Söz konusu çalışmamızdaki ekstraksiyon metoduna benzer şekilde; Kamiloglu *et al.*, (2014) ve Vijaya Kumar Reddy *et al.*, (2010) da asidifiye metanol kullanmıştır. Fakat Kamiloglu *et al.*, (2014), metanolü asidifiye hale getirmede, çalışmamızdan farklı olarak formik asit kullanmıştır. DPPH sonuçlarının ifadesinde, birim olarak çoğunlukla % inhibisyonun kullanıldığı dikkat çekmekle birlikte çalışmamızda da aynı ifade şekli kullanılmıştır.

İncedayı *et al.*, (2016)'nın, 75 ° C'de sıcak hava ile kurutma sonucunda elde ettiği %67 olan inhibisyon değerinin, fırında kurutma ile elde ettiğimiz değerle benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Diğer kurutma işlemleri sonucunda elde ettiğimiz verilerle, bu alanda yapılmış olan çalışmalardaki veriler arasında benzerlikler bulunuyor olmasına karşın; uygulamalarda kullanılan kurutma çeşidi, ürün formu ve ekstraksiyon yöntemleri arasındaki farklılıklar, karşılaştırma yapmayı güçleştirmektedir. Söz konusu araştırmamız da dâhil olmak üzere; bu alandaki tüm araştırmalara ait veriler arasındaki tutarsızlığın; kayısının çeşidi, bulunduğu çevresel koşullar ve depolama şartları gibi çeşitli faktörlere bağlı olduğu bildirilmektedir (İncedayı *et al.*,2016). Buna ek olarak, metanolik ekstraktların DPPH yoluyla antioksidan aktivitesi; metanol, solvent/metanol oranı, sıcaklık ve ekstraksiyon süresi gibi birçok faktörden de etkilenebilmektedir (Wani *et al.*, 2017).

**Çizelge 4.3.** Farklı kayısı çeşitlerine ait DPPH serbest radikal süpürücü gücü analiz sonuçları

Kayısı Çeşidi	Uygulama (Kurutma İşlemi/Ürün Formu)	Ekstraksiyon Yöntemi	Dpph Sonucu	Birim	Referans
Nuri	1. Taze ürün 2. Sıcak Hava ile kurutma (30°C) 3. Sıcak hava ile kurutma(80°C)	Metanol (%80)	1. 61,8 2. 58,9 3. 63,7	%DPPH	(Sultana, 2012)
1. LE-2927 2. Salah-Jerevani 3. Chuan Zhi Hong 4. Mula Sadik 5. Strepet 6. Hasanbey 7. Olimp 8. Gvardejsky 9. Bergeron 10. Vesna 11. Stark Early Orange 12. Hungarian Best 13. Vestar	Taze ürün: a. Kabuk kısmı b. Meyve eti	Metanol	1. a. 28,85 b. 4,65 2. a. 12,54 b. 2,87 3. a. 72,65 b. 2,92 4. a. 48,91 b. 29,25 5. a. 22,25 b. 11,59 6. a. 40,15 b. 13,35 7. a. 48,96 b. 10,16 8. a. 40,05 b. 11,56 9. a. 70,13 b. 38,43 10. a. 58,32 b. 16,12 11. a. 50,91 b. 13,22 12. a. 46,73 b. 18,15 13. a. 49,5 b.13,81	mg AE/100 g (ya)	(Schmitz <i>et al.</i> , 2011)
Hacıhaliloğlu	Güneşte Kurutma	Asidifiye Metanol (0,1% formik asit içeren %75'lik metanol)	82	mg TE/100 g (ka)	(Kamiloglu <i>et al.</i> , 2014)
Backaha	Taze Ürün	-	89,16	%DPPH	(Kim <i>et al.</i> , 2014)
Halman	Güneşte kurutma	Metanol (%35)	91,16	%DPPH	(Wani <i>et al.</i> , 2017)

**Çizelge 4.3** 'ün devamı

Kayıtı Çeşidi	Uygulama (Kurutma İşlemi/Ürün Formu)	Ekstraksiyon Yöntemi	Dpph Sonucu	Birim	Referans
-	Kuru ürün	1. Saf Su 2. Metanol (%50) 3. Etanol (%50)	1. 61,2 2. 63,3 3. 53,6	%DPPH	(Ouchemo ukh <i>et al.</i> , 2012)
1. Alman 2. Habi 3. Khakhas 4. Mirmalik 5. Neeli 6. Shai	Taze Ürün	Metanol (%80 )	1. 64,50 2. 82,33 3. 62,19 4. 58,42 5. 55,70 6. 56,77	%DPPH	(Ali <i>et al.</i> , 2011)
Rojo de Carlet	1. Dondurulmuş Ürün 2. Sıcak hava ile kurutma (40 <sup>0</sup> C) 3. Sıcak hava ile kurutma (60 <sup>0</sup> C) 4. Sıcak hava ile kurutma- mikrodalga (40 <sup>0</sup> C- 100W) 5. Mikrodalga (100W)	Metanol	1. 2,4 2. 3,8 3. 3,7 4. 3,7 5. 3,5	% DPPH	(Iguar <i>et al.</i> , 2012)
1. Chinese 2. Rival 3. Tilton 4. Cuminis Haley 5. Harcot 6. Margulam 7. Narmu 8. Khante 9. Halman 10. Badam Chuli 11. Cuban	Taze Ürün	Metanol	1. 59,41 2. 34,16 3. 47,41 4. 44,62 5. 21,68 6. 35,46 7. 38,41 8. 69,78 9. 62,81 10. 41,72 11. 42,64	% DPPH	(Wani <i>et al.</i> , 2015)
-	Güneşte Kurutma	Metanol	46,6	% DPPH	(Hussain <i>et al.</i> , 2013)



**Çizelge 4.3** 'ün devamı

Kayısı Çeşidi	Uygulama (Kurutma İşlemi/Ürün Formu)	Ekstraksiyon Yöntemi	Dpph Sonucu	Birim	Referans
1. 309/99	Taze ürün	Metanol (%80)	1. 17,4	mg	(Drogoudi
2. 312/99			2. 40,9	AE/100 g	<i>et al.</i> ,
3. 467/99			3. 24,9	(ya)	2008)
4. 704/99			4. 11,3		
5. A 600/91			5. 12,5		
6. A 614/91			6. 8,5		
7. A 615/91			7. 2,6		
8. Aurora			8. 17,0		
9. Bebecou			9. 10,9		
10. Danae			10. 0,079		
11. EOT-30			11. 68,2		
12. Goldrich			12. 38,7		
13. Harcot			13. 72,8		
14. K 104-98			14. 47,4		
15. Nefele			15. 4,9		
16. Neraida			16. 9,5		
17. Nereis			17. 8,3		
18. Nike			18. 185,8		
19. Ninfa			19. 14,2		
20. Niobe			20. 10,0		
21. NJA2			21. 106,8		
22. Nostos			22. 2,7		
23. Orangered			23. 55,2		
24. P 251- 1			24. 57,2		
25. P. Tirynthos			25. 12,8		
26. Robada			26. 139,6		
27. Sadunska			27. 22,6		
28. Soledane			28. 11,4		
29. Tomcot			29. 37,2		
-	Kuru Ürün	Asidifiye Metanol (% 0,1HCl içeren %60'lık metanol)	513,24	mg TE/100 g (ka)	(Vijaya Kumar Reddy <i>et al.</i> , 2010)
-	1. Taze 2. Sıcak hava ile kurutma (50 °C) 3. Sıcak hava ile kurutma (75 °C)	Metanol	1. 46,52 2. 56,72 3. 67,12	%DPPH	(İncedayı <i>et al.</i> , 2016)
-	Taze Ürün	Metanol	29,20	%DPPH	(Rababah <i>et al.</i> , 2011)

**Çizelge 4.3** ‘ün devamı

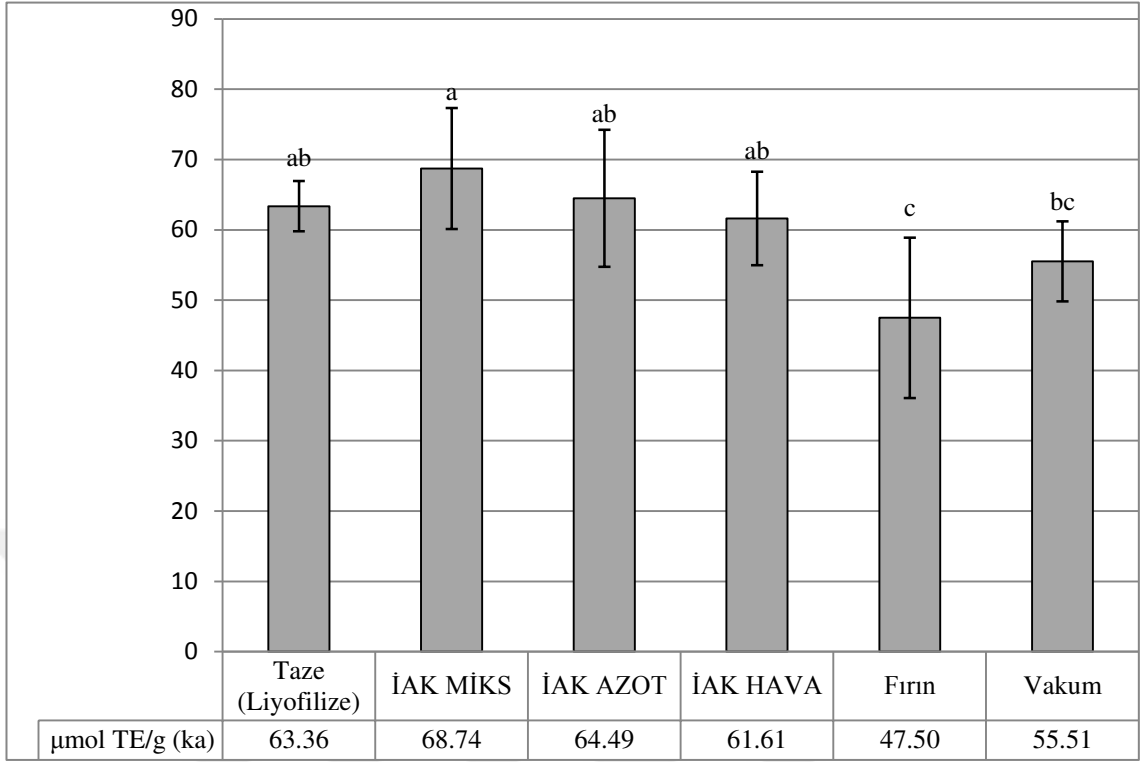
Kayısı Çeşidi	Uygulama (Kurutma İşlemi/Ürün Formu)	Ekstraksiyon Yöntemi	Dpph Sonucu	Birim	Referans
1. Aurora	Taze ürün	-	1. 9,80	%DPPH	(Hegedus et al., 2010)
2. Baneasa 4/11			2. 26,63		
3. Bergeron			3. 36,93		
4. Cegl’edi arany			4. 21,29		
5. Cegl’edi ‘ori’as			5. 29,11		
6. Cegl’edi Piroaska			6. 31,19		
7. Goldrich			7. 21,88		
8. Gonci magyarkajszi			8. 27,62		
9. Harmat			9. 6,43		
10. H-8			10. 7,92		
11. Kech-pshar			11. 26,44		
12. Konservnyi pozdnii			12. 45,35		
13. Korai zamatos			13. 9,60		
14. Preventa			14. 74,45		
15. Shalakh			15. 25,35		

\*Sonuç kısmında rakam ve harflerle gösterilen değerler; kayısı çeşidi, uygulama ve ekstraksiyon kısmında verilen sayı ve harflere karşılık gelmektedir. ka: Kuru ağırlık; ya: Yaş ağırlık; AE: Askorbik asit eşdeğeri; TE: Troloks eşdeğeri

#### **4.3.2. ABTS (2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)) serbest radikal süpürme gücü analizi sonuçları**

ABTS Serbest Radikal Süpürme Gücü Analizi; en çok kullanılan antioksidan yöntemlerinden biridir. Sentetik kromofor 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonat (ABTS<sup>•+</sup>)) 'nin tek elektronlu oksidasyonu ile oluşan katyon radikalinin, ABTS<sup>•+</sup>'ye indirgenmesine dayanmaktadır (Sochor *et al.*, 2010).

Şekil 4.4 'te görüldüğü üzere; İAK sistemi ile kurutulmuş olan örnekler (İAK<sub>MİKS</sub>, İAK<sub>AZOT</sub> ve İAK<sub>HAVA</sub>) sırasıyla 68,74; 64,49 ve 61,61  $\mu\text{mol TE. g}^{-1}$  (ka) değerleriyle, taze (liyofilize) örnekler [63,36  $\mu\text{mol TE. g}^{-1}$  (ka)]  $p < 0,05$  düzeyinde benzerlik göstermiştir. İAK<sub>MİKS</sub>'in en yüksek antioksidan aktivite değerine sahip oluşu; hidrojenin (H<sub>2</sub>) indirgen özellik göstererek kurutma ortamındaki oksijen de dâhil olmak üzere; kurutulacak olan örnekler içerisindeki serbest radikal, oksijen ve diğer oksidan maddeleri indirgemesiyle ilişkilendirilmektedir. İAK sistemiyle 3 farklı şekilde kurutulan örneklere ait ABTS değerinin yüksek oluşu ve benzerliği, söz konusu sistemin etkinliğinin yüksek olduğunu göstermektedir.



\*Her bir kurutma çeşidi için aynı harflendirmeye (a,b ve c) sahip değerler arasında  $p < 0,05$  güvenilirlik düzeyinde belirgin bir farklılık bulunmamaktadır. İAK<sub>MİKS</sub>: %4 H<sub>2</sub>, %5 CO<sub>2</sub>, %91 N<sub>2</sub>; İAK<sub>AZOT</sub>: %100 N<sub>2</sub>; İAK<sub>HAVA</sub>: hava, (n=3); ka: Kuru ağırlık; TE: Troloks eşdeğeri

**Şekil 4.4.**Hacıhaliloğlu kayısı çeşidine ait ABTS analizi sonuçları

Çizelge 4.4'te, kayısı çeşitlerindeki antioksidan miktarının tespiti amacıyla ABTS tekniğinin kullanıldığı çalışmalar dikkate alındığında; Türkyılmaz *et al.*, (2014)'ün Hacıhaliloğlu çeşidini de içine alan 4 farklı taze kayısı çeşidinde 20900-25500 µmol TE. g<sup>-1</sup> (ya) aralığında elde ettiği verilerin çok yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Güçlü *et al.*, (2006) ise taze ve kuru Hacıhaliloğlu çeşidinde sırasıyla 3,50 ve 16,16 µmol TE. g<sup>-1</sup> ile araştırmamızdan çok daha düşük değerler elde etmiştir. Aynı kayısı çeşidi üzerine çalışmış olan araştırmacıların farklı sonuçlar elde etmesi; Karakaya *et al.*, (2001)'nin belirttiği üzere antioksidan aktivitesinin; analiz sistemine ve substrata kuvvetli şekilde bağlı oluşuyla açıklanabilir.

DPPH ve ABTS analiz sonuçları arasında bir tutarsızlık tespit edilmiştir. Bu durum, farklı radikallerin, fenolik bileşiklerle reaksiyona girdiğinde farklı antioksidan potansiyellerine sahip oluşuyla açıklanabilir (Anonymous, 2018). Arnao, (2001)'da her iki test koşullarının mükemmel stabilite gösterdiğini fakat aynı zamanda antioksidanlara ve manipülasyonlara yanıtlarında bazı önemli farklılıklar olduğunu bildirmektedir. Buna

ek olarak antioksidanların rolünü ve aktivitesini anlamak zor olmakla birlikte; çok yönlü antioksidanları değerlendirmek için tek boyutlu bir yöntemin kullanımı tam bir analitik sistem değildir. Bu kapsamdaki en büyük sorun, gıdaların ve biyolojik örneklerin antioksidan kapasitesini güvenilir şekilde ölçebilen onaylanmış bir tahlilin olmamasıdır. Muhtemelen antioksidanların böylesine karmaşık olması sebebiyle, bu konuda fikir birliği yoktur. Birkaç yorum yayınlanmış olsa da, görüşler önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Hem gıdalarda hem de in vitro olarak oksidasyon reaksiyonları karmaşık olduğundan, antioksidan etkinliğini tespit etmek amacıyla kullanılan yöntem, sonuçlar üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Badarinath *et al.*, 2010).

**Çizelge 4.4.** Farklı kayısı çeşitlerine ait ABTS serbest radikal spürücü gücü analiz sonuçları

Kayısı Çeşidi	Uygulama (Kurutma İşlemi/ Ürün Formu)	Ekstraksiyon Yöntemi	ABTS Sonucu	Birim	Referans
-	1. Taze ürün 2. Kuru ürün	Asidifiye metanol (1,2 M HCl içeren %50'lik metanol)	1. 0,63 2. 6,85	mM	(Karakaya <i>et al.</i> , 2001)
1. Hacıhaliloğlu 2. Çöloğlu 3. Kabaası 4. Soğancı 5. Zerdali	a. Taze ürün b. Güneşte kurutulmuş kayısı c. Desülfitlenmiş kayısı d. Sülfitlemiş kayısı	Metanol	1. a. 3,50 b.16,16 c.14,45 d.22,97 2. a.22,97 b.16,46 c.14,84 d.31,41 3. a. 3,18 b.12,29 c.12,45 d.25,45 4. a. 2,86 b. 9,45 c.10,27 d.15,38 5. a. 3,37 b.15,81 c.17,00 d.18,66	µmol TE/g (ka)	(Güçlü <i>et al.</i> , 2006)

**Çizelge 4.4** 'ün devamı

Kayısı Çeşidi	Uygulama (Kurutma İşlemi/Ürün Formu)	Ekstraksiyon Yöntemi	ABTS Sonucu	Birim	Referans
1. Çöloğlu 2. Çataloğlu 3. Hacıhaliloğlu 4. Kabaası	Taze	Aseton (%70)	1-4 aralığında 20900-25500	µmol TE/g (ka)	(Türkyil maz <i>et al.</i> , 2014)
1. Citation 2. Isthara 3. Julior 4. Mirabolano 29C 5. Rubirà	Taze ürün	• <b>Hidrofilik</b> Metanol /su (%80) NaOH • <b>Lipofilik</b> Aseton	1. 0,86 2. 1,29 3. 1,55 4. 1,63 5. 1,62	µmol TE/g (ta)	(Scalzo <i>et al.</i> , 2005)
1. LE-806 2. LE-985 3. LE-994 4. LE-1402 5. LE-2267 6. LE-2527 7. LE-2927 8. LE-3187 9. LE-3190 10. LE-3204 11. LE-3228 12. LE-3239 13. LE-3241 14. LE-3247 15. LE-3255 16. LE-3276 17. LE-3709 18. LE-8175 19. LE-8561 20. LE-9299 21. LE-10278	Taze Ürün	Metanol (%99)	1. 15,8 2. 3,0 3. 1,5 4. 4,5 5. 6,0 6. 34,5 7. 2,3 8. 1,8 9. 3,8 10. 23,3 11. 142,6 12. 7,5 13. 2,3 14. 3,0 15. 2,3 16. 27,0 17. 4,5 18. 3,8 19. 4,5 20. 18,8 21. 2,3	mg TE/100 g (ta)	(Sochor <i>et al.</i> , 2010)
-	Kuru Ürün	• Saf su • Aseton	12,87	µmol TE/g (ka)	(Pellegri ni <i>et al.</i> , 2006)
Hacıhaliloğlu	Güneşte Kurutma	%0,1 formik asit içeren %75'lik metanol	• 238	mg TE/100 g (ka)	(Kamiloglu <i>et al.</i> , 2014)

**Çizelge 4.4** 'ün devamı

Kayısı Çeşidi	Uygulama (Kurutma İşlemi/ Ürün Formu)	Ekstraksiyon Yöntemi	ABTS Sonucu	Birim	Referans
1. Colorao	Taze	• Fosfat	• <b>H-TAA</b>	mg	(Malgarejo
2. Mirlo Anaranjado		tamponu	1. 6.36	TE/100	<i>et al.</i> , 2014)
3. Mirlo Blanco		(pH 7,8)	2. 8.26	g (ka)	
4. Mogador		• Etil asetat	3. 4.92		
			4. 7.44		
			• <b>L-TAA</b>		
			1. 10.3		
			2. 5.43		
			3. 5.75		
			4. 8.20		
1. Tyrinthos	Taze Ürün	Etanol (%80)	1 ve 9	µmol	(Leccese <i>et</i>
2. Maharani			aralığında	TE/g	<i>al.</i> , 2007)
3. Amabile Vecchioni			1,36-4,55	(ka)	
4. Boccuccia Spinosa					
5. Farmingdale					
6. Dulcinea					
7. San Castrese					
8. Boccuccia Liscia					
9. Pisana					

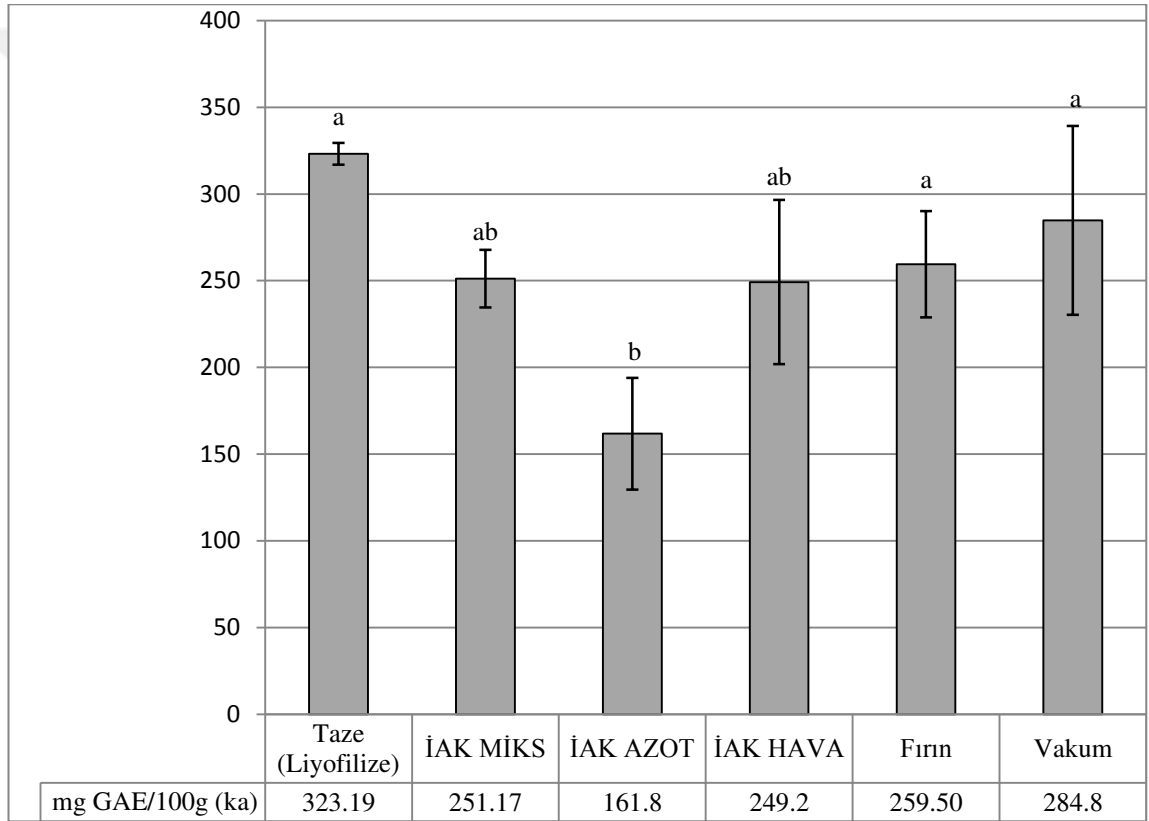
\*Sonuç kısmında rakam ve harflerle gösterilen değerler; kayısı çeşidi, uygulama ve ekstraksiyon kısmında verilen sayı ve harflere karşılık gelmektedir. ka: Kuru ağırlık; ya: Yaş ağırlık; TE: Troloks eşdeğeri

#### 4.4. Toplam Fenolik Madde (Folin-Ciocalteu's) Analizi Sonuçları

Genel olarak kayısıdaki fenolik bileşikler; meyvenin çeşidi, olgunluk derecesi, coğrafi bölge, meyvenin ağaçtaki konumu, güneş ışığı, toprak, mevsim ve agronomik koşullara bağlı olarak değişebilmektedir (Dragovic-Uzelac *et al.*, 2005; Joshi *et al.*, 2011). Ayrıca kullanılan analitik yöntemin, kayısıdaki fenolik bileşikler ve diğer meyve kalite profilleri üzerinde farklılıklara sebep olabileceği bildirilmektedir (Mladenovi, 2012). Oldukça iyi bilinen bitki sekonder metabolitleri olan fenolikler; serbest radikal süpürücü olmakla birlikte, birden fazla tıbbi ve fizyolojik fonksiyon sergilemektedir (Sultana, 2012). Literatürde, meyve ve sebzelerdeki toplam fenolik miktarı, genellikle Folin-Ciocalteu's yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiş ve doğal matrislerdeki toplam fenolik içeriğini tespit etmek amacıyla uzun yıllar bu metod kullanılmaya gelmiştir. Ancak

mekanizması oksidasyon/redüksiyon reaksiyonuna dayanan Folin-Ciocalteu's yöntemi, bir antioksidan yöntemi olarak da düşünülebilmektedir (Kamiloglu *et al.*, 2016).

Taze (liyofilize), İAK MİKS, İAK AZOT, İAK HAVA, fırın ve vakumda kurutulan örneklerle ait toplam fenolik madde miktarı sırasıyla 323,19; 251,17; 161,8; 249,2; 259,50 ve 284,8 mg GAE.100 g<sup>-1</sup> (ka) olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.3). İAK AZOT, en düşük toplam fenolik madde miktarı [161,8 mg GAE.100 g<sup>-1</sup> (ka)] gösterirken; taze (liyofilize) örneklerden sonra en yüksek değere vakum [284,8 mg GAE.100 g<sup>-1</sup> (ka)] ve fırında [259,5 mg GAE.100 g<sup>-1</sup> (ka)] kurutulan örneklerde rastlanmıştır (Şekil 4.5).



\*Her bir kurutma çeşidi için aynı harflendirmeye (a,b ve c) sahip değerler arasında p<0,05 güvenilirlik düzeyinde belirgin bir farklılık bulunmamaktadır. İAK MİKS: %4 H<sub>2</sub>, %5 CO<sub>2</sub>, %91 N<sub>2</sub>; İAK AZOT: %100 N<sub>2</sub>; İAK HAVA: hava, (n=3); ka: Kuru ağırlık; GAE: Gallik asit eşdeğeri

**Şekil 4.5.** Hacihaliloğlu kayısı çeşidine ait toplam fenolik madde miktarı sonuçları

Fırın ve vakum ile kurutulan örneklerin toplam fenolik madde miktarının yüksek oluşu, DPPH analiz sonucu kısmında belirtildiği üzere Maillard reaksiyonu sonucu oluşan ürünlere (melanoidinler) ve fenoliklerin oksidasyonu sırasında oluşan ara ürünlere atfedilmektedir. Maillard reaksiyonunun son aşamasında meydana gelen, yüksek molekül ağırlıklı heterojen polimerler olarak adlandırılan melanoidinler;

antioksidan, antihipertansif ve metal bağlayıcı gibi çeşitli fonksiyonel özelliklere sahiptir (Cossu *et al.*, 2012). Bunun dışında, çok daha büyük moleküler ağırlığa sahip ve bitki hücre duvarına bağlı olan fenoliklerin, sıcaklığın etkisiyle serbest forma geçerek toplam fenolik miktarında artışa sebep olabileceği de öne sürülmektedir (Sultana, 2012; Kamiloglu *et al.*, 2016). Bu açıklamadan yola çıkılarak; polifenollerin oksidasyonuna uygun şartlar sağlayan fırın, vakum ve İAK<sub>HAVA</sub> ile kurutulan örneklerin toplam fenolik miktarının, İAK<sub>AZOT</sub> örneklerinden daha yüksek oluşu açıklanabilmektedir. Tüm bu açıklamalara karşın; Madrau *et al.*, (2009), literatürde kurutmanın kayısının fenolik içeriği ve antioksidan kapasitesi üzerine etkisi hakkında net bir bilgi olmadığını belirtmektedir

Çizelge 4.5’de, farklı kayısı çeşitlerine ait toplam fenolik madde miktarını tespit etmek amacıyla yapılmış olan analiz sonuçlarına yer verilmiştir. Kullanılan ekstraksiyon yöntemleri dikkate alındığında Karakaya *et al.*, (2001); Vijaya Kumar Reddy *et al.*, (2010); Bennett *et al.*, (2011) ve Dağ *et al.*, (2016)’nın tez çalışmamızdakiyle benzer şekilde HCl içeren asidifiye metanol kullandığı dikkat çekmektedir. Akin *et al.*, (2008), 4233,70-8180,49 mg GAE/100 g (ka); Türkyilmaz *et al.*, (2014), 2778–3290 mg GAE/100 g (ka) ve Ali *et al.*, (2011) 4,591–7,310 mg GAE/100 g (ka) aralığındaki değerlerle, elde ettiğimiz verilerin çok üstünde sonuçlara ulaşmışken; Vijaya Kumar Reddy *et al.*, (2010); Bennett *et al.*, (2011) ve Dağ *et al.*, (2016); ise verilerimizle benzer sonuçlar elde etmiştir. Genel tabloya bakıldığında toplam fenolik madde içeriğinin oldukça çeşitlilik gösterdiği görülmektedir. Bu çeşitliliğin; kullanılan materyalin çeşidi, bulunduğu coğrafya, iklim koşulları, olgunlaşma düzeyi, agronomik farklılıklar, nem düzeyi, ekstraksiyon metodu ve kullanılan standart gibi birçok faktörden kaynaklı olabileceği belirtilmektedir (Vijaya Kumar Reddy *et al.*, 2010; Ali *et al.*, 2011).



**Çizelge 4 5.** Farklı kayısı çeşitlerine ait toplam fenolik madde miktarı

Kayısı Çeşidi	Uygulama (Kurutma İşlemi/Ürün Formu)	Ekstraksiyon Yöntemi	Toplam Fenolik Sonuç	Birim	Referans
-	Güneşte Kurutma	Metanol (%80)	354,7	mg GAE/100 g (ka)	(Hussain <i>et al.</i> , 2013)
Hacıhaliloğlu	Güneşte Kurutma	Asidifiye Metanol (%0,1 formik asit içeren %75'lik metanol)	211	mg GAE/100 g (ka)	(Kamiloglu <i>et al.</i> , 2014)
1. Çöloğlu 2. Çataloğlu 3. Hacıhaliloğlu 4. Kabaası	Taze ürün	Aseton (%70)	1-2 aralığında 2778 – 3290	mg GAE/100 g (ka)	(Türkyilmaz <i>et al.</i> , 2014)
-	Hazır Kuru ürün	1. Saf Su 2. Metanol (%50) 3. Etanol (%50)	1. 650 2. 630 3. 540	mg GAE/100 g (ka)	(Ouchemoukh <i>et al.</i> , 2012)
-	Kuru ürün	Asidifiye metanol (%0,1 HCl içeren %80'lik metanol)	324,93	mg GAE/100 g (ka)	(Bennett <i>et al.</i> , 2011)
-	Sıcak hava ile kurutma (40° C)	Metanol	1400	mg GAE/100 g (ka)	(Sharma <i>et al.</i> , 2014)
Backaha	Taze Ürün	-	16,073	mg GAE/100 g (ka)	(Kim <i>et al.</i> , 2014)
Rojo de Carlet	1. Dondurulmuş Ürün 2. Sıcak hava ile kurutma (40 °C) 3. Sıcak hava ile kurutma (60 °C) 4. Sıcak hava ile kurutma- mikrodalga (40 °C- 100W) Mikrodalga (100W)	• Metanol • Saf su • NaF	1. 16,6 2. 64,73 3. 64,9 4. 60,81	mg GAE/100 g (ka)	(Iguale <i>et al.</i> , 2012)

Çizelge 4.5 'in devamı

Kayıtsız Çeşidi	Uygulama (Kurutma İşlemi/Ürün Formu)	Ekstraksiyon Yöntemi	Toplam Fenolik Sonuç	Birim	Referans
-	1. Taze ürün 2. Kuru ürün	Asidifiye metanol (1,2 M HCl içeren %50'lik metanol)	1. 73,5 2. 307,5	mg kateşin /100 g	(Karakaya <i>et al.</i> , 2001)
Narmo	Taze Ürün	Metanol	81,8	mg GAE/100 g (ka)	(Wani <i>et al.</i> , 2015)
1. LE-2927 2. Salah-Jerevani 3. Chuan Zhi Hong 4. Mula Sadik 5. Strepet 6. Hasanbey 7. Olimp 8. Gvardejsky 9. Bergeron 10. Vesna 11. Stark Early Orange 12. Hungarian Best 13. Vestar	Taze ürün a. Kabuk kısmı b. Meyve eti	Metanol	1. a. 115,93 b. 115,93 2. a. 80,67 b. 25,37 3. a. 343,22 b. 32,96 4. a. 184,07 b. 97,67 5. a. 123,70 b. 34,19 6. a. 169,56 b. 46,41 7. a. 141,63 b. 34,48 8. a. 80,59 b. 56,06 9. a. 330,52 b. 136,45 10. a. 189,56 b. 32,89 11. a. 124,15 b. 14,22 12. a. 42,96 b. 14,41 13. a. 107,78 c. 41,74	mg GAE/kg (ya)	(Schmitzer <i>et al.</i> , 2011)
-	Güneşte kurutma	Asidifiye metanol (100µl HCl içeren metanol)	189,11	mg GAE/100 g (ka)	(Dağ <i>et al.</i> , 2016)

Çizelge 4.5 'in devamı

Kayısı Çeşidi	Uygulama (Kurutma İşlemi/ Ürün Formu)	Ekstraksiyon Yöntemi	Toplam Fenolik Sonuç	Birim	Referans
1. Chinese	Taze Ürün	Metanol	1. 30,90	mg GAE/g	(Wani <i>et al.</i> , 2015)
2. Rival			2. 32,86	(ka)	
3. Tilton			3. 29,58		
4. Cuminis Haley			4. 24,87		
5. Harcot			5. 25,45		
6. Margulam			6. 32,08		
7. Narmu			7. 28,71		
8. Khante			8. 41,31		
9. Halman			9. 30,05		
10. Badam Chuli			10. 30,55		
11. Cuban			11. 29,48		
-	1. Kükürtlü kuru kayısı	Metanol (%75)	1. 82	mg	(Capano <i>glu.</i> , 2014)
	2. Kükürtsüz Kuru Kayısı		2. 122	GAE/100g (ka)	
1. Hacıhaliloğlu	Taze Ürün	Saf su	1. 5341,29	mg	(Akin <i>et al.</i> , 2008)
2. Hasanbey			2. 5827,98	GAE/100g	
3. Soğancı			3. 4965,99	(ka)	
4. Kabaası			4. 5822,03		
5. Çöloğlu			5. 5674,25		
6. Çataloğlu			6. 6107,21		
7. Hacıkız			7. 6592,38		
8. Tokaloğlu			8. 4233,70		
9. Alyanak			9. 6773,43		
10. Iğdır			10. 5823,76		
11. Bursa			11. 8180,49		
-	1. Taze ürün	• Metanol / su	1. 266	mg	(Vinson <i>et al.</i> , 2005)
	2. Kuru ürün	• Asidifiye Metanol (%50 metanol/%50 saf su /1.2M HCl) • Asetaldehit	2. 402	Kateşin/100 g (ya)	
1. Alman	Taze Ürün	Metanol (%80)	1. 6530	mg	(Ali <i>et al.</i> , 2011)
2. Habi			2. 7310	GAE/100g	
3. Khakhas			3. 6305	(ka)	
4. Mirmalik			4. 6012		
5. Neeli			5. 4591		
6. Shai			6. 4900		

Çizelge 4.5 'in devamı

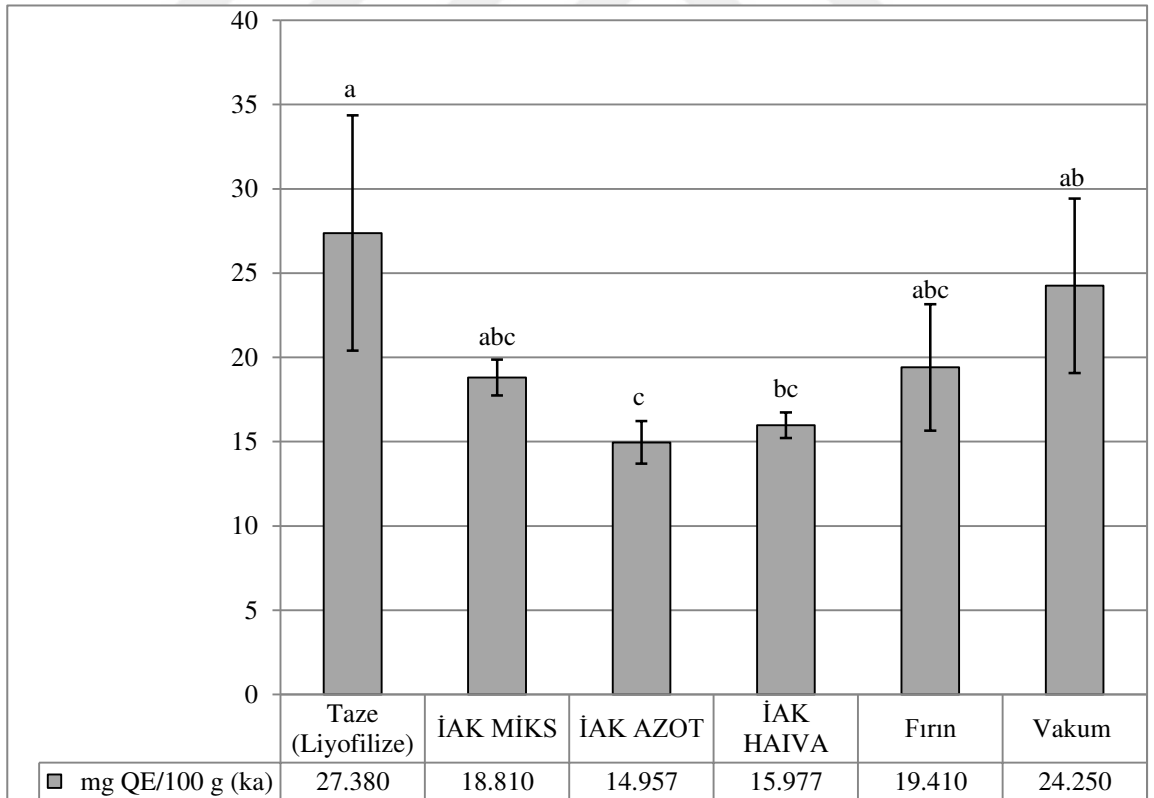
Kayıp Çeşidi	Uygulama (Kurutma İşlemi/ Ürün Formu)	Ekstraksiyon Yöntemi	Toplam Fenolik Sonuç	Birim	Referans
1. Colorao	Taze Ürün	• Metanol/su (%80)	1. 14,9	mg	(Melgare jo <i>et al.</i> , 2014)
2. Mirlo Anaranjado			2. 19,9	GAE/100	
3. Mirlo Blanco		• NaF	3. 16,2	g (ka)	
4. Mogador			4. 22,2		
1. 309/99	Taze ürün	Metanol (% 80)	1. 67,6	mg	(Drogou di <i>et al.</i> , 2008)
2. 312/99			2. 94,3	GAE/g	
3. 467/99			3. 169,9	(ta)	
4. 704/99			4. 99,0		
5. A 600/91			5. 53,8		
6. A 614/91			6. 33,6		
7. A 615/91			7. 80,1		
8. Aurora			8. 0,492		
9. Bebecou			9. 100,3		
10. Danae			10. 117,1		
11. EOT-30			11. 293,2		
12. Goldrich			12. 208,7		
13. Harcot			13. 220,4		
14. K 104-98			14. 94,9		
15. Nefele			15. 96,9		
16. Neraida			16. 111,9		
17. Nereis			17. 30,3		
18. Nike			18. 742,2		
19. Ninfa			19. 48,4		
20. Niobe			20. 105,7		
21. NJA2			21. 439,9		
22. Nostos			22. 37,8		
23. Orangered			23. 356,3		
24. P 251- 1			24. 85,9		
25. P. Tirynthos			25. 104,9		
26. Robada			26. 559,6		
27. Sadunska			27. 85,7		
28. Soledane			28. 65,4		
29. Tomcot			29. 204,6		
-	Taze Ürün	Metanol	185,9	mg GAE/100 g (ka)	(Rababah <i>et al.</i> , 2011)
Halman	Güneşte kurutma	Metanol (%35)	10,702	mg GAE/g (ka)	(Wani <i>et al.</i> , 2017)

Çizelge 4.5 'in devamı

Kayısı Çeşidi	Uygulama (Kurutma İşlemi/ Ürün Formu)	Ekstraksiyon Yöntemi	Toplam Fenolik Sonuç	Birim	Referans
-	Kuru Ürün	Asidifiye metanol (%0,1 HCl içeren %60'lık metanol)	304,63	mg GAE/g (ka)	(Vijaya Kumar Reddy <i>et al.</i> , 2010)
Nuri	1. Taze 2. Sıcak hava ile kurutma (30 °C) 3. Sıcak hava ile kurutma(80°C)	Metanol (%80)	1. 590 2. 410 3. 720	g GAE/100 g (ka)	(Sultana, 2012)

\*Sonuç kısmında rakam ve harflerle gösterilen değerler; kayısı çeşidi, uygulama ve ekstraksiyon kısmında verilen sayı ve harflere karşılık gelmektedir. ka: Kuru ağırlık; ya: Yaş ağırlık; GAE: Gallik asit eşdeğeri;

#### 4.5. Toplam Flavonoid Madde Miktarı Analizi Sonuçları



\*Her bir kurutma çeşidi için aynı harflendirmeye (a,b ve c) sahip değerler arasında  $p < 0,05$  güvenilirlik düzeyinde belirgin bir farklılık bulunmamaktadır. İAK MİKS :%4 H<sub>2</sub>, %5 CO<sub>2</sub>, %91 N<sub>2</sub>; İAK AZOT: %100 N<sub>2</sub>; İAK HAVA: hava, (n=3); ka: Kuru ağırlık; GAE: Gallik asit eşdeğeri

Şekil 4.6. Hacihaliloğlu kayısı çeşidine ait toplam flavonoid miktarı sonuçları

Şekil 4.6'te verilen toplam flavonoid sonuçları; taze (liyofilize), vakum, fırın (sıcak hava) ve İAK<sub>MİKS</sub> örnekleri arasındaki farklılığın, sırasıyla 27,38; 24,25; 19,41 ve 18,81 mg QE.100g<sup>-1</sup> (ka) değerleriyle önem seviyesinde olmadığı tespit edilmiştir (p<0,05). İAK<sub>MİKS</sub> örnekleri İAK<sub>AZOT</sub> ve İAK<sub>HAVA</sub> örnekleriyle kıyaslandığında indirgen gazın (H<sub>2</sub>) pozitif etkisi dikkat çekmektedir. Literatürde kayıslara ait toplam flavonoid miktarı; kateşin, rutin ve quersetin gibi farklı fenoliklerle ifade edilmiştir (Roussos *et al.*, 2011; Ouchemoukh *et al.*, 2012; Hussain *et al.*, 2013; Capanoglu, 2014;). Ouchemoukh *et al.*, (2012) metanolik ve etanolik kuru kayısı ekstraktlarında, sırasıyla 31,9 ve 30,6 mg QE.100 g<sup>-1</sup> (ka) değerleriyle çalışmamıza benzer sonuçlar elde etmiştir.

#### 4.6. Antioksidan (DPPH ve ABTS), Toplam Fenolik ve Toplam Flavonoid Madde Miktarı Arasındaki Korelasyon

Toplam fenolik madde miktarı, DPPH serbest radikal süpürme gücü ve toplam flavonoid madde miktarı ile pozitif bir korelasyona (sırasıyla R<sup>2</sup>= 0,7531 ve R<sup>2</sup>=0,764) sahip iken; ABTS ile çok zayıf bir korelasyon (R<sup>2</sup>= 0,0435) göstermiştir (Çizelge 4.6). Schmitzer *et al.*, (2011), 13 farklı kayısı çeşidinden elde ettiği toplam fenolik madde miktarı ile antioksidan aktivitesi (DPPH) arasındaki korelasyonun (R<sup>2</sup>) (0,68) – (0,99) aralığında olduğunu tespit etmiştir. Ali *et al.*, (2011) ise; R<sup>2</sup>=0,9916 değeri ile elde ettiğimiz değerden oldukça yüksek bir korelasyon elde etmiştir. Bir başka araştırmada ise; 16 farklı meyve ve yaprağı, 3 farklı yöntem ile ekstrakte edilmiş ve toplam fenolik madde miktarı ile antioksidan aktivitesi (DPPH) arasındaki korelasyonun R<sup>2</sup>=0,0332 gibi düşük bir değerle R<sup>2</sup>= 0,987 gibi yüksek bir değer arasında olduğu saptanmıştır.

**Çizelge 4.6.** Antioksidan aktivitesi (DPPH/ABTS), toplam fenolik ve toplam flavonoid madde miktarı arasındaki korelasyon

	<b>Toplam Fenolik</b>	<b>DPPH</b>	<b>ABTS</b>	<b>Toplam Flavonoid</b>
<b>Toplam Fenolik</b>	1	0,7531	0,0435	0,764
<b>DPPH</b>		1	0,006	0,639
<b>ABTS</b>			1	0,021
<b>Toplam Flavonoid</b>				1

Toplam fenolik madde miktarı ile antioksidan aktivitesi arasındaki korelasyonlara ait tutarsızlığın, fenolik bileşiklerin farklı analiz sistemlerine gösterdiği tepkinin farklı oluşuna ve antioksidanların arasındaki sinerjiye bağlı olabildiği bildirilmektedir. Fenolik bileşiklerin moleküler antioksidan tepkileri de kimyasal yapılarına bağlı olarak önemli ölçüde farklılık gösterdiğinden, antioksidan aktivitesinin toplam fenolik madde miktarı ile bağlantılı olması gerekmemektedir (Piluzza and Bullitta, 2011). Scalzo *et al.*, (2005), ABTS ile toplam fenolik ve flavonoid madde miktarı arasındaki korelasyonun zayıf olduğunu bildirmiştir.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hacıhaliloğlu kayısı çeşidi, İndirgen Atmosferik Kurutma Sisteminde (İAK); hava, azot(N<sub>2</sub>) ve indirgen gaz içeren gaz karışımı (%4 H<sub>2</sub>, %5 CO<sub>2</sub>, %91 N<sub>2</sub>) olmak üzere 3 farklı kurutma atmosferi ile kurutulmuştur. İAK tekniğiyle kıyaslanmak üzere; liyofilizatör, vakum ve fırında kurutma işlemleri de gerçekleştirilmiştir. Taze ve farklı yöntemlerle kurutulmuş olan Hacıhaliloğlu kayısı çeşidine ait renk, antioksidan aktivitesi (DPPH ve ABTS) ve toplam fenolik madde miktarı araştırılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

L\*, a\* ve b\* renk parametreleri ile ΔE değeri dikkate alınarak gerçekleştirilen renk analizi sonucunda; Hacıhaliloğlu çeşidinde İAK<sub>MİKS</sub> ve İAK<sub>AZOT</sub> 'un tazeye en yakın sonuçlara sahip olduğu tespit edilmiştir. Ön denemelerde kullanılan şalak kayısından elde edilen verilerde İAK<sub>MİKS</sub>'e ait ΔE değerinin çok düşük oluşu, hidrojenin kayısı renginin muhafazasında oldukça etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

DPPH yoluyla elde edilen antioksidan aktivite sonuçlarına göre; taze (liyofilize), İAK<sub>MİKS</sub>, fırın (sıcak hava) ve vakum örnekleri arasındaki farklılığın önem seviyesinde olmadığı, İAK<sub>MİKS</sub> örneklerinin, taze örneklerden sonra en yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. En düşük değere ise İAK<sub>AZOT</sub> örneklerinde rastlanmıştır.

Toplam fenolik madde miktarı analizi sonucunda liyofilize, İAK<sub>MİKS</sub>, İAK<sub>HAVA</sub>, fırın ve vakum arasındaki farklılığın önem seviyesinde olmadığı ve İAK<sub>AZOT</sub>'un, DPPH sonuçlarında olduğu gibi en düşük değerle ön plana çıktığı tespit edilmiştir.

ABTS yoluyla elde edilen antioksidan aktivite analizi sonucunda elde edilen verilerde ise; DPPH ve toplam fenolik sonuçlarından farklı olarak İAK sistemiyle 3 farklı şekilde (İAK<sub>MİKS</sub>, İAK<sub>AZOT</sub> ve İAK<sub>HAVA</sub>) kurutulan örnekler ile taze örnekler arasındaki farklılığın önem seviyesinde olmadığı ve İAK<sub>MİKS</sub>'in en yüksek antioksidan aktivitesi sergilediğine rastlanmıştır.

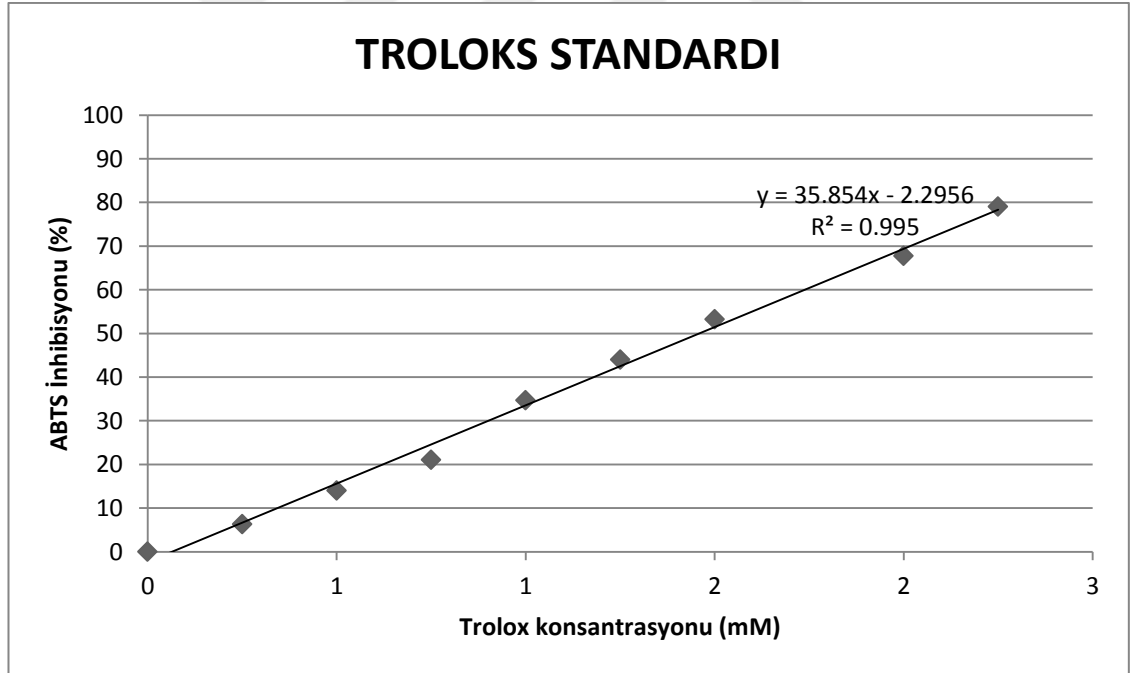
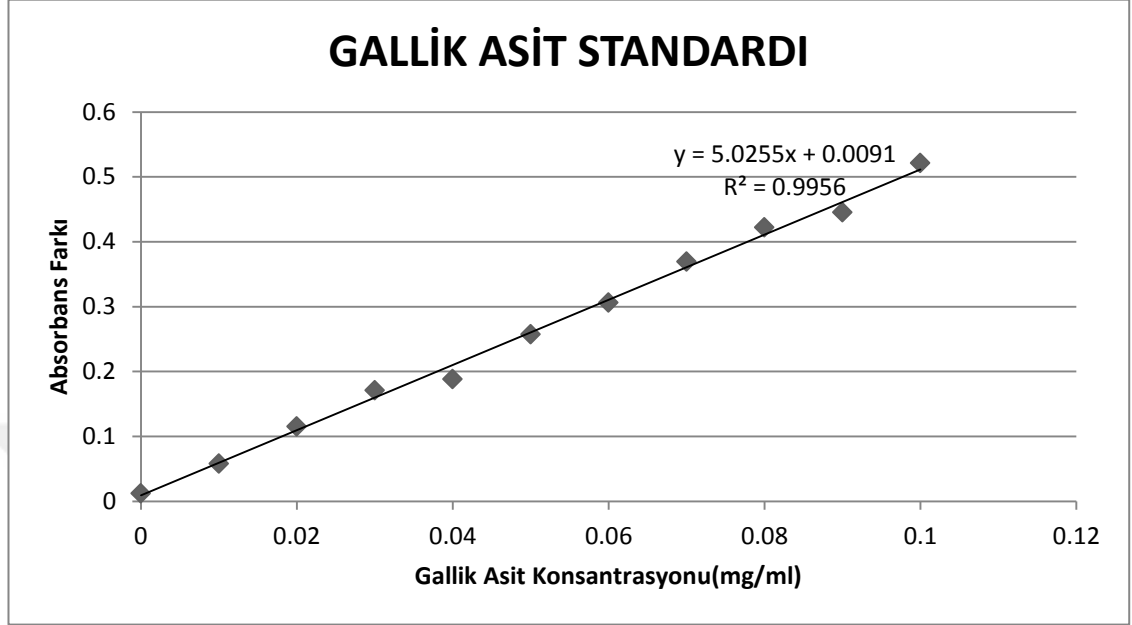
ABTS ile DPPH ve toplam fenolik madde miktarı arasındaki tutarsızlığa karşın; bu kapsamda daha ayrıntılı ve net bir bilgiye sahip olmak amacıyla HPLC (Yüksek



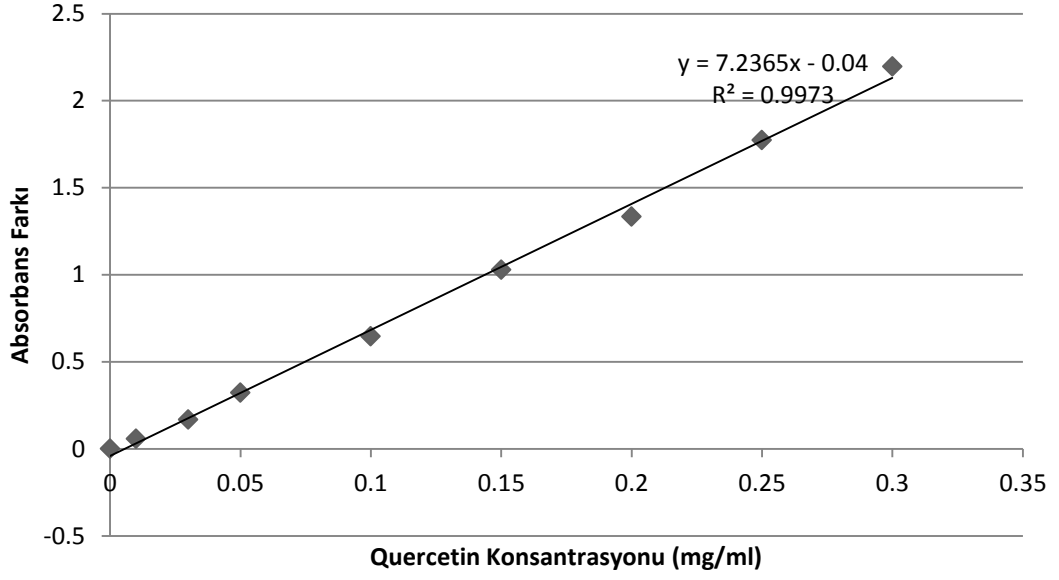
Performanslı Sıvı Kromatografisi) yöntemi ile fenolik profilinin belirlenmesi iyi bir seçenek olacaktır.

Tüm bu sonuçlar dikkate alındığında söz konusu çalışmamızda uygulanmış olan tüm analizler (Renk, Toplam fenolik, DPPH ve ABTS) sonucunda; İAK<sub>MİKS</sub> örneklerinin taze örneklerle olan benzerliği dikkat çekmekte ve hidrojen (H<sub>2</sub>) gazının indirgen özelliğiyle gıdaların duyuşal ve besinsel özelliklerinin muhafazasında önemli bir rol oynadığı görülmektedir. Duyuşal ve besinsel kaliteden sorumlu olan polifenoller, karotenoidler, doymamış yağ asitleri ve bazı vitaminler (C ve E vitaminleri vb) gibi birçok bileşen oksijene duyarlı olmakla birlikte, endüstriyel boyutta bu bileşiklerin muhafazasında sülfite bileşikleri gibi sağlığı olumsuz yönde etkileyen kimyasal koruyucular kullanılmaktadır. Bu zararlı bileşenlere alternatif olarak İAK<sub>MİKS</sub> uygulamasıyla; oksidatif özellik gösteren birçok yıkıcı bileşen (oksijen, serbest radikal, hidrojen peroksit, oksidant metalik iyonlar vb) nötralize edilebilmekte ve oksijene duyarlı bileşenler muhafaza edilebilmektedir. Hidrojenin sağlık alanında birçok hastalığın tedavisinde medikal gaz olarak kullanılıyor olması, bu gazın kurutma alanında güvenilir şekilde uygulanabilir olduğuna delil teşkil etmektedir.

## EKLER



## QUERCETİN STANDARDI



## KAYNAKLAR

- Abacı, Z. T., 2004. *Kayıtsı Meyvesinde Erken ve Geç Olgunlaşma Üzerine Etki Eden Biyokimyasal Faktörlerin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya,72
- Aguilera, J. M., Chiralt, A., Fito, P., 2003. Food Dehydration and Product Structure. *Trends in Food Science and Technology*, 14(10), 432–437.
- Ahmed, N., Singh, J., Chauhan, H., Gupta, P., Anjum, A., 2013. Different Drying Methods : Their Applications and Recent Advances, *International Journal of Food Nutrition and Safety*, 4(1), 34–42.
- Akin, E. B. (2006). *Coğrafi İşaret Olarak Tescil Edilmiş Malatya Kayısının Teknolojik Özelliklerinin Saptanması ve Gıda Güvenliği Açısından Araştırılması*. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 125
- Akin, E. B., Karabulut, I., Topcu, A., 2008. Some Compositional Properties of Main Malatya Apricot (*Prunus armeniaca L.*) Varieties. *Food Chemistry*, 107(2), 939–948.
- Albanese, D., Cinquanta, L., Cuccurullo, G., Di Matteo, M., 2013. Effects of Microwave and Hot-Air Drying Methods on Colour, B-Carotene and Radical Scavenging Activity of Apricots. *International Journal of Food Science and Technology*, 48(6), 1327–1333.
- Ali, S., Masud, T., Abbasi, K. S., 2011. Physico-chemical Characteristics of Apricot (*Prunus armeniaca L.*) Grown in Northern Areas of Pakistan. *Scientia Horticulturae*, 130(2), 386–392.
- Alwazeer, D., Delbeau, C., Divies, C., Cachon, R., 2003. Use of Redox Potential Modification by Gas Improves Microbial Quality, Color Retention, and Ascorbic Acid Stability of Pasteurized Orange Juice. *International Journal of Food Microbiology*, 89(1), 21-29
- Anandharamakrishnan, C., Ishwarya, P. I., 2015. *Spray Drying Technique for Food*

***Ingredient Encapsulation.*** Hindistan, 312

- Andersson, K., Lingnert, H., 1998. Influence of Oxygen Concentration and Light On The Oxidative Stability Of Cream Powder. *LWT - Food Science and Technology*, 31(2), 169–176.
- Andrés, A., Fito, P., Heredia, A., Rosa, E. M., 2007. Combined Drying Technologies For Development of High-Quality Shelf-Stable Mango Products. *Drying Technology*, 25(11), 1857–1866.
- Anonim., 2007. Malatya Kayısısı Coğrafi İşaret Tescil Belgesi. <http://yucita.org/uploads/tescilliurunler/335.pdf> (15.12.2018).
- Anonim., 2018a. Malatya Kayısı Nasıl Yetiştirilir: Kükürtleme. <http://malatyakayisi44.blogspot.com/2014/03/kukurtleme.html> (18.12.2018).
- Anonim. 2018b. Malatya Kayısısı Avrupa Birliği'nde Coğrafi İşaret Olarak Tescil Edildi. [https://ab.gov.tr/malatya-kayisisi-avrupa-birliginde-cograf-i-isaret-olarak-tescil-edildi\\_50837.html](https://ab.gov.tr/malatya-kayisisi-avrupa-birliginde-cograf-i-isaret-olarak-tescil-edildi_50837.html) (03.02.2019).
- Anonim., 2019. Mevzuat Bilgi Sistemi. <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Asp?MevzuatKod=9.5.17276&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=> (03.02.2019).
- Anonymous., 2018. How Does the Difference Happen Between ABTS and DPPH Radical Scavenging Activity? [https://www.researchgate.net/post/How\\_does\\_the\\_difference\\_happen\\_between\\_ABTS\\_and\\_DPPH\\_radical\\_scavenging\\_activity](https://www.researchgate.net/post/How_does_the_difference_happen_between_ABTS_and_DPPH_radical_scavenging_activity) (20.12.2018).
- Anonymous., 2019. Hydrogen: an Emerging Medical Gas | Molecular Hydrogen Institute, <http://www.molecularhydrogeninstitute.com/hydrogen-an-emerging-medical-gas> (19.03.2019).
- Ardıç, A. M., 2014. *Bazı Kayısı Çeşitlerinin Aydın Bölgesindeki Gelişme Durumlarının Belirlenmesi.urumlarının Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın. 55.
- Arnao, M. B., 2001. Some Methodological Problems in the Determination of

- Antioxidant Activity Using Chromogen Radicals: A Practical Case. *Trends in Food Science and Technology*, 11(11), 419–421.
- Arslan, T., 2014. *Dondurarak Kurutulmuş Kayısı Tozunun Bazı Özelliklerine Farklı Maltodekstrinlerin Etkisinin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya, 50.
- Aslan, A., 2013. *Malatya İlinde Organik ve Konvansiyonel Kayısı Üretimi Yapan İşletmelerin Karşılaştırmalı Ekonomik Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 81.
- Asma, B. M., 2000. *Geçmişten Günümüze Malatya'da Kayısı Yetiştiriciliği*. Evin Ofset, Malatya, 243.
- Badarinath, A. V., Rao, K. M., Madhu, C., Chetty, S., Ramkanth, S., Rajan, T. V. S., Gnanaprakash, K., 2010. A Review on In-vitro Antioxidant Methods: Comparisons, Correlations and Considerations. *International Journal of PharmTech Research*, 2(2), 1276–1285.
- Bayraktaroğlu, G., 2008. *Organik Patlıcan ve Kabağın Farklı Kurutma Şartlarında Kuruma Karakteristiklerinin ve Raf Ömrünün Belirlenmesi*. Doktora Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın, 210.
- Bennett, L. E., Jegasothy, H., Konczak, I., Frank, D., Sudharmarajan, S., Clingeffer, P. R., 2011. Total Polyphenolics and Antioxidant Properties of Selected Dried Fruits and Relationships to Drying Conditions. *Journal of Functional Foods*, 3(2), 115–124.
- Bingöl, G., 2010., *Gıda İşlemede Kurutma Teknolojilerinin Temel İlkeleri*. İstanbul Sanayi Odası, 96.
- Capanoglu, E., 2014. Investigating the Antioxidant Potential of Turkish Dried Fruits. *International Journal of Food Properties*, 17(3), 690–702.
- Carranza-Concha, J., Benlloch, M., Camacho, M. M., Martínez-Navarrete, N., 2012. Effects of Drying and Pretreatment on the Nutritional and Functional Quality of Raisins. *Food and Bioproducts Processing*, 90(2), 243–248.

- Çelebi, K., 2011. *Kayısının Kuruması Strasında Renk Değişimi*. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon, 111.
- Cemeroğlu, B., (2003). *Meyve Ve Sebze İşleme Teknolojisi*,| Nadir Kitap, 480.
- Cengiz, E., 2011. *Kayısı (Prunus armeniaca L.) ve Kayısı Çekirdeğinde Kuersetin HPLC-MS ile Tayini*. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ,67.
- Chiralt, A., Fito, P., 2003. Food Science and Technology International Transport Mechanisms in Osmotic Dehydration: *Food Science and Technology International*, 9(3), 179–186.
- Chong, C. H., Figiel, A., Law, C. L., Wojdyło, A., 2014. Combined Drying of Apple Cubes by Using of Heat Pump, Vacuum-Microwave, and Intermittent Techniques. *Food and Bioprocess Technology*, 7(4), 975–989.
- Chong, C. H., Law, C. L., Figiel, A., Wojdyło, A., Oziemblowski, M., 2013. Colour, Phenolic Content and Antioxidant Capacity of Some Fruits Dehydrated by A Combination of Different Methods. *Food Chemistry*, 141(4), 3889–3896.
- Chou, S. K., Chua, K. J. (2001). New Hybrid Drying Technologies for Heat Sensitive Foodstuffs. *Trends in Food Science and Technology*, 12(10), 359–369.
- Çimen, Ç., 2007. *Iğdır Kayısından (Şalak) Saflaştırılan Polifenol Oksidaz Enzimi Üzerinde Bazı İlaç ve Kimyasalların İnhibisyon Kinetiğinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Van, 63.
- Ciurzyńska, A., Lenart, A., 2011. Freeze-Drying-Application in Food Processing and Biotechnology - A Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 61(3), 165–171.
- Colak, N., Hepbasli, A. 2009a. A Review of Heat-Pump Drying (HPD): Part 2 - Applications and Performance Assessments. *Energy Conversion and Management*, 50(9), 2187–2199.
- Colak, N., Hepbasli, A. 2009b. A Review of Heat Pump Drying: Part 1 – Systems, Models and Studies. *Energy Conversion and Management*, 50(9), 2180–2186.

- Contreras, C., Martín-Esparza, M. E., Chiralt, A., Martínez-Navarrete, N., 2008. Influence of Microwave Application on Convective Drying: Effects on Drying Kinetics, and Optical and Mechanical Properties of Apple and Strawberry. *Journal of Food Engineering*, 88(1), 55–64.
- Corrêa, J. L. G., Braga, A. M. P., Hochheim, M., Silva, M. A., 2012. The Influence of Ethanol on the Convective Drying of Unripe, Ripe, and Overripe Bananas. *Drying Technology*, 30(8), 817–826.
- Coşkun, A. L., 2010. *Farklı Kükürtleme Yöntemlerinin ve Depolama Sıcaklıklarının Kuru Kayısların Fiziksel ve Kimyasal Niteliklerine Etkisi*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara, 119.
- Cossu, A., Posadino, A. M., Giordo, R., Emanuelli, C., Sanguinetti, A. M., Piscopo, A., Pintus, G., 2012., Apricot Melanoidins Prevent Oxidative Endothelial Cell Death by Counteracting Mitochondrial Oxidation and Membrane Depolarization. *PLoS One*, 7(11).
- Crowl, D. A., Jo, Y. D., 2007. The Hazards and Risks of Hydrogen. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 20(2), 158–164.
- Cui, Z. W., Li, C. Y., Song, C. F., Song, Y., 2008. Combined Microwave-Vacuum and Freeze Drying of Carrot and Apple Chips. *Drying Technology*, 26(12), 1517–1523.
- Dağ, B., Tarakçı, Z., Demirkol, M., 2016. Effect of Some Total Phenolic, Antioxidants , Physico-Chemical Properties , Mineral and Heavy Metal Content of Apricots Drying Types, *Batman Üniversitesi Yaşam Bilgileri Dergisi*, 6(2), 238–250.
- Dağhan, Ş., 2008. *Farklı Kurutma Metotlarının Pul Biber Kalitesi ve Kurutma Kinetiği Üzerine Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Urfa, 91.
- Demiray, E., Tulek, Y., 2012. Thin-Layer Drying Of Tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill. cv. Rio Grande) Slices in A Convective Hot Air Dryer. *Heat and Mass Transfer*, 48(5), 841–847.



- Deng, J., Cheng, W., Yang, G., 2011. A Novel Antioxidant Activity Index (AAU) for Natural Products Using the DPPH Assay. *Food Chemistry*, 125(4), 1430–1435.
- Deng, Y., Zhao, Y., 2008. Effect of Pulsed Vacuum and Ultrasound Osmopretreatments on Glass Transition Temperature, Texture, Microstructure and Calcium Penetration of Dried Apples (Fuji). *LWT - Food Science and Technology*, 41(9), 1575–1585.
- Devahastin, S., Niamnuy, C., 2010. Modelling Quality Changes of Fruits and Vegetables During Drying: A Review. *International Journal of Food Science and Technology*, 45(9), 1755–1767.
- Devic, E., Guyot, S., Daudin, J. D., Bonazzi, C., 2010. Kinetics of Polyphenol Losses During Soaking and Drying of Cider Apples. *Food and Bioprocess Technology*, 3(6), 867–877.
- Dikmen, E., Ayaz, M., Kovacı, T., Şencan Şahin, A., 2018. Mathematical Modelling of Drying Characteristics of Medical Plants in A Vacuum Heat Pump Dryer. *International Journal of Ambient Energy*, 75, 1–8.
- Doboğlu, H., 2012. *Liyofilizasyonun Karadut (Morus nigra) Kurutmadaki Potansiyalinin Konvoksiyonel ve Vakumlu Kurutma Teknikleriyle Kıyaslanarak Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi, Kahramanmaraş,76.
- Dobry, D. E., Settell, D. M., Baumann, J. M., Ray, R. J., Graham, L. J., Beyerinck, R. A., 2009. A Model-Based Methodology for Spray-Drying Process Development. *Journal of Pharmaceutical Innovation*, 4(3), 133–142.
- Doungporn, S., Poomsa-Ad, N., Wiset, L., 2012. Drying Equations of Thai Hom Mali Paddy by Using Hot Air, Carbon Dioxide and Nitrogen Gases as Drying Media. *Food and Bioprocess Technology*, 90(2), 187–198.
- Doymaz, I., 2010. Effect of Citric Acid and Blanching Pre-Treatments on Drying and Rehydration of Amasya Red Apples. *Food and Bioprocess Technology*, 88(2–3), 124–132.

- Dragovic-Uzelac, V., Pospišil, J., Levaj, B., Delonga, K., 2005. The study of Phenolic Profiles of Raw Apricots and Apples and Their Purees by HPLC for the Evaluation of Apricot Nectars and Jams Authenticity. *Food Chemistry*, 91(2), 373–383.
- Drogoudi, P. D., Vemmos, S., Pantelidis, G., Petri, E., Tzoutzoukou, C., Karayiannis, I., 2008. Physical Characters and Antioxidant, Sugar, and Mineral Nutrient Contents in Fruit from 29 Apricot (*Prunus armeniaca* L.) Cultivars and Hybrids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(22), 10754–10760.
- Ekmenci, Z., 2016. *Malatya Kayısı (Prunus Armeniaca L.) Çekirdeğinden Beta-Glukozidaz Enziminin Saflaştırılması ve Karakterizasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 73.
- Erenturk, S., Gulaboglu, M. S., Gultekin, S., 2005. The Effects of Cutting and Drying Medium on the Vitamin C Content of Rosehip During Drying. *Journal of Food Engineering*, 68(4), 513–518.
- Erkmen, O., 2011. *Gıda Mikrobiyolojisi*, Nadir Kitap, 688.
- Estevinho, B. N., Rocha, F., Santos, L., Alves, A., 2013. Microencapsulation with Chitosan by Spray Drying for Industry Applications - A Review. *Trends in Food Science and Technology*, 31(2), 138–155.
- Femenia, A., Rosselló, C., Mulet, A., Cañellas, J., 1995. Chemical Composition of Bitter and Sweet Apricot Kernels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(2), 356–361.
- Fernandes, F. A. N., Rodrigues, S., Law, C. L., Mujumdar, A. S., 2011. Drying of Exotic Tropical Fruits: A Comprehensive Review. *Food and Bioprocess Technology*, 4(2), 163–185.
- Figiel, A., Michalska, A., Figiel, A., Michalska, A., 2016. Overall Quality of Fruits and Vegetables Products Affected by the Drying Processes with the Assistance of Vacuum-Microwaves. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(1), 71.

- Fратиани, F., Ombra, M. N., d'Acerno, A., Cipriano, L., Nazzaro, F., 2018. Apricots: Biochemistry and Functional Properties. *Current Opinion in Food Science*, 19, 23–29.
- García-Alonso, M., De Pascual-Teresa, S., Santos-Buelga, C., Rivas-Gonzalo, J. C., 2004. Evaluation of the Antioxidant Properties of Fruits. *Food Chemistry*, 84(1), 13–18.
- García-Martínez, E., Igual, M., Martín-Esparza, M. E., Martínez-Navarrete, N., 2013. Assessment of the Bioactive Compounds, Color, and Mechanical Properties of Apricots as Affected by Drying Treatment. *Food and Bioprocess Technology*, 6(11), 3247–3255.
- Gatarić, P., Širok, B., Hočevár, M., Novak, L., Gatari, P., Sirok, B., Ho Cevár, M., 2018. Drying Technology an International Journal Modeling of Heat Pump Tumble Dryer Energy Consumption and Drying Time Modeling of Heat Pump Tumble Dryer Energy Consumption and Drying Time. *Drying Technology*, 1–9.
- Gezer, I., Haciseferoğullari, H., Demir, F., 2003. Some Physical Properties of Hacihaliloglu Apricot Pit and Its Kernel. *Journal of Food Engineering*, 56(1), 49–57.
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., Saurel, R., 2007. Applications of Spray-Drying in Microencapsulation of Food Ingredients: An Overview. *Food Research International*, 40(9), 1107–1121.
- Görünmezoğlu, Ö., 2008. *Kayısı ve İncir Meyvelerinin Antioksidan Kapasitelerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 68.
- Güçlü, K., Altun, M., Özyürek, M., Karademir, S. E., Apak, R., 2006. Antioxidant Capacity of Fresh, Sun- and Sulphited-Dried Malatya Apricot (*Prunus armeniaca*) Assayed by CUPRAC, ABTS/TEAC and Folin Methods. *International Journal of Food Science and Technology*, 41(1), 76–85.
- Hammami, C., René, F., 1997 Determination of Freeze-drying Process Variables for

- Strawberries. *Journal of Food Engineering*, 32(2), 133–154.
- Hashemi, G., Mowla, D., Kazemeini, M., 2009. Moisture Diffusivity and Shrinkage of Broad Beans During Bulk Drying in An İnert Medium Fluidized Bed Dryer Assisted by Dielectric Heating. *Journal of Food Engineering*, 92(3), 331–338.
- Hastürk Şahin, F., 2010. *Domates Kurutmada Farklı Yöntemlerin Karşılaştırılması*, Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri enstitüsü, Tekirdağ, 154
- Hawlder, M. N. A., Perera, C. O., Tian, M., 2006a. Comparison of the Retention of 6-Gingerol in Drying of Ginger Under Modified Atmosphere Heat Pump Drying and Other Drying Methods. *Drying Technology*, 24(1), 51–56.
- Hawlder, M. N. A., Perera, C. O., Tian, M., 2006b. Properties of Modified Atmosphere Heat Pump Dried Foods. *Journal of Food Engineering*, 74(3), 392–401.
- Hawlder, M. N. A., Perera, C. O., Tian, M., Yeo, K. L., 2006. Drying of Guava and Papaya: Impact of Different Drying Methods. *Drying Technology*, 24(1), 77–87.
- Hegedus, A., Engel, R., Abrankó, L., Balogh, E., Blázovics, A., Hermán, R., Stefanovits-Bányai, É., 2010. Antioxidant and Antiradical Capacities in Apricot (*Prunus armeniaca* L.) Fruits: Variations from Genotypes, Years, and Analytical Methods. *Journal of Food Science*, 75(9), 722–730.
- Heybeli, N., 2017. *Farklı Kurutma Sistemlerinin Birlikte Kullanımı İle Stanley Erik Çeşidinin Kurutulması Üzerine Bir Araştırma*. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi, 112.
- Ho, J. C., Chou, S. K., Mujumdar, A. S., Hawlder, M. N. A., Chua, K. J., 2001. An Optimisation Framework for Drying of Heat-Sensitive Products. *Applied Thermal Engineering*, 21(17), 1779–1789.
- Holderbaum, D. F., 2010. Enzymatic Browning , Polyphenol Oxidase Activity , and Polyphenols in Four Apple Cultivars : *Dynamics during Fruit Development*, 45(8), 1150–1154.

- Hu, Q., Zhang, M., Mujumdar, A. S., Xiao, G. nian, Jin-cai, S., 2006. Drying of Edamames by Hot Air and Vacuum Microwave Combination. *Journal of Food Engineering*, 77(4), 977–982.
- Huang, L. X., Kumar, K., Mujumdar, A. S., 2006. A Comparative Study of a Spray Dryer with Rotary Disc Atomizer and Pressure Nozzle Using Computational Fluid Dynamic Simulations. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 45(6), 461–470.
- Hussain, P. R., Chatterjee, S., Variyar, P. S., Sharma, A., Dar, M. A., Wani, A. M., 2013. Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Gamma Irradiated Sun Dried Apricots (*Prunus armeniaca* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 30(2), 59–66.
- Huy, B. Q., & Nhựt, L. M., 2018. Experiment Investigation on a Solar Asisted Heat Pump Dryer for Chili, *International Journal of Energy and Environmental Science*, 3(1), 37–44.
- Igual, M., García-Martínez, E., Martín-Esparza, M. E., Martínez-Navarrete, N., 2012. Effect of Processing on the Drying Kinetics and Functional Value of Dried Apricot. *Food Research International*, 47(2), 284–290.
- Ihns, R., Diamante, L. M., Savage, G. P., Vanhanen, L., 2011. Effect of temperature on the Drying Characteristics , Colour , Antioxidant and Beta-Carotene Contents of Two Apricot Varieties, *International Journal of Food and Technology*, 275–283.
- İncedayı, B., Tamer, C. E., Sınır, G. Ö., Suna, S., Çopur, Ö. U., 2016. Impact of Different Drying Parameters on Color, B-Carotene, Antioxidant Activity and Minerals of Apricot (*Prunus armeniaca*L.). *Food Science and Technology (Campinas)*, 36(1), 171–178.
- Ispir, A., Toğrul, I. T., 2009. Osmotic Dehydration of Apricot: Kinetics and the Effect of Process Parameters. *Chemical Engineering Research and Design*, 87(2), 166–180.
- Jangam, S. V., 2011. An Overview of Recent Developments and Some R&D

- Challenges Related to Drying of Foods. *Drying Technology*, 29(12), 1343–1357.
- Jangam, S. V., Lim, L. C., Mujumdar, A. S., 2007. *Drying of Foods, Vegetables and Fruits 1. Cilt.* Singapur, 232
- Jangam, S. V, Law, C. L., & Mujumdar, A. S., 2011. *Drying of Foods, Vegetables and Fruits 2. Cilt.* Singapur, 220
- Jayaraman, K. S., Gupta, D. K., 2006. Drying of Fruits and Vegetables. *Stewart Postharvest Review*, 2(6), 1–7.
- Jiménez, A. M., Martínez-Tomé, M., Egea, I., Romojaro, F., Murcia, M. A., 2008. Effect of Industrial Processing and Storage on Antioxidant Activity of Apricot (*Prunus armeniaca* v. *bulida*). *European Food Research and Technology*, 227(1), 125–134.
- Joshi, A. P. K., Rupasinghe, H. P. V., Khanizadeh, S., 2011. Impact of Drying Processes on Bioactive Phenolics, Vitamin C and Antioxidant Capacity of Red-Fleshed Apple Slices. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(4), 453–457.
- Kamiloglu, S., Pasli, A. A., Ozcelik, B., Capanoglu, E., (2014). Evaluating the In vitro Bioaccessibility of Phenolics and Antioxidant Activity During Consumption of Dried Fruits With Nuts. *LWT - Food Science and Technology*, 56(2), 284–289.
- Kamiloglu, S., Toydemir, G., Boyacioglu, D., Beekwilder, J., Hall, R. D., Capanoglu, E., 2016. A Review on the Effect of Drying on Antioxidant Potential of Fruits and Vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56, 110–S129.
- Kan, T., 2005. *Yöresel Olarak Yetiştirilen Kayısı Çeşitlerine ait Meyvelerdeki Yapısal Değişmelerin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İnönü İniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 79.
- Karabulut, I., Topcu, A., Duran, A., Turan, S., & Ozturk, B., 2007. Effect of Hot Air

- Drying and Sun Drying on Color Values and B-Carotene Content of Apricot (*Prunus armenica* L.). *LWT - Food Science and Technology*, 40(5), 753–758.
- Karakaya, S., El, S. N., 2001. Antioxidant Activity of Some Foods Containing Phenolic Compounds. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 52(6), 501–508.
- Karam, M. C., Petit, J., Zimmer, D., Baudelaire Djantou, E., Scher, J., 2016. Effects of Drying and Grinding in Production of Fruit and Vegetable Powders: A Review. *Journal of Food Engineering*, 188, 32–49.
- Karatas, F., Kamişli, F., 2007. Variations of Vitamins (A, C and E) and MDA in Apricots Dried in IR and Microwave. *Journal of Food Engineering*, 78(2), 662–668.
- Karataş, N., 2014. Farklı Kurutma Yöntemlerinin Bazı Kayısı Çeşitlerinin Kimyasal ve Fiziksel Özelliklerine Etkisi. *British Journal of Psychiatry*, 205(01), 76–77.
- Kartalkanatlı, A., 2014. *Kayısı ve Çekirdeklerinin Tiyo Antioksidan Düzeyleri ve Radikal Süpürücü Özelliklerinin Kıyaslamalı Araştırılması*. Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 61
- Keshani, S., Daud, W. R. W., Nourouzi, M. M., Namvar, F., Ghasemi, M., 2015. Spray Drying: An Overview on Wall Deposition, Process and Modeling. *Journal of Food Engineering*, 146, 152-162.
- Kim, H. R., Kim, I. D., Dhungana, S. K., Kim, M. O., Shin, D. H., 2014. Comparative Assessment of Physicochemical Properties of Unripe Peach (*Prunus persica*) and Japanese Apricot (*Prunus mume*). *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(2), 97–103.
- Kivevele, T., Huan, Z., 2014. A Review on Opportunities for the Development of Heat Pump Drying Systems in South Africa. *South African Journal of Science*, 110, 1–11.
- Kılınç, B., 2010. *Kuru Kayısların Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri Üzerine Depo Koşullarının Etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, 41.

- Korbel, E., Attal, E.-H., Grabulos, J., Lluberas, E., Durand, N., Morel, G., Brat, P., 2013. Impact of Temperature and Water Activity on Enzymatic and Non-Enzymatic Reactions in Reconstituted Dried Mango Model System. *European Food Research and Technology*, 237(1), 39–46.
- Korbel, E., Servent, A., Billaud, C., Brat, P., 2013. Heat Inactivation of Polyphenol Oxidase and Peroxidase as a Function of Water Activity: A Case Study of Mango Drying. *Drying Technology*, 31(13–14), 1675–1680.
- Korekar, G., Stobdan, T., Arora, R., Yadav, A., Singh, S. B., 2011. Antioxidant Capacity and Phenolics Content of Apricot (*Prunus armeniaca* L.) Kernel as a Function of Genotype. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66(4), 376–383.
- Krokida, M. K., Kiranoudis, C. T., Maroulis, Z. B., Marinos-Kouris, D., 2000. Drying Related Properties of Apple. *Drying Technology*, 18(6), 1251–1267.
- Krokida, M. K., & Maroulis, Z. B., 1999. Effect of Microwave Drying On Some Quality Properties of Dehydrated Products. *Drying Technology*, 17(3), 449–466.
- Kumar, Y., Belorkar, S. A., 2015. Fluidized Bed Drying of Fruits and Vegetables: An Overview. *International Journal of Engineering Studies and Technical Approach*, 1(9), 2395-3003.
- Leccese, A., Bartolini, S., Viti, R., 2007. Magnitude of Viticultural and Enological Effects. II. Relative Impacts of Cluster Thinning and Yeast Strain on Composition and Sensory Attributes of Chardonnay Musqu. *American Journal of Enology and Viticulture*, 58(1), 25–41.
- Lewicki, P. P., 1998. Effect of Pre-Drying Treatment, Drying and Rehydration on Plant Tissue Properties: A Review. *International Journal of Food Properties*, 1(1), 1–22.
- Linkens, H., Jackson, J., 1956. Modern Methods of Plant Analysis. *Biochimica et Biophysica Acta*, 21(1), 207.



- Liu, W., Chen, X. D., Selomulya, C., 2015. On the spray drying of Uniform Functional Microparticles. *Particuology*, 22, 1–12.
- Liu, Y., Wu, J., Miao, S., Chong, C., Sun, Y., 2014. Effect of a Modified Atmosphere on Drying and Quality Characteristics of Carrots. *Food and Bioprocess Technology*, 7(9), 2549–2559.
- López, J., Uribe, E., Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Gonzalez, E., Di Scala, K. 2010. Effect of Air Temperature on Drying Kinetics, Vitamin C, Antioxidant Activity, Total Phenolic Content, Non-Enzymatic Browning and Firmness of Blueberries Variety Óneil. *Food and Bioprocess Technology*, 3(5), 772–777.
- Lutz, M., Hernández, J., Henríquez, C., 2015. Phenolic Content and Antioxidant Capacity in Fresh and Dry Fruits and Vegetables Grown in Chile, *CyTA-Journal of Food*, 13, 541-547.
- Madrau, M. A., Piscopo, A., Sanguinetti, A. M., Del Caro, A., Poiana, M., Romeo, F. V., Piga, A., 2009. Effect of Drying Temperature on Polyphenolic Content and Antioxidant Activity of Apricots. *European Food Research and Technology*, 228(3), 441–448.
- Martynenko, A., Janaszek, M. A., 2014. Texture Changes During Drying of Apple Slices. *Drying Technology*, 32(5), 567–577.
- Mayor, L., & Sereno, A. M., 2004. Modelling Shrinkage During Convective Drying of Food Materials: A Review. *Journal of Food Engineering*, 61(3), 373–386.
- Megías-Pérez, R., Gamboa-Santos, J., Soria, A. C., Villamiel, M., Montilla, A., 2014. Survey of Quality Indicators in Commercial Dehydrated Fruits. *Food Chemistry*, 150, 41–48.
- Melgarejo, P., Calín-Sánchez, Á., Carbonell-Barrachina, Á. A., Martínez-Nicolás, J. J., Legua, P., Martínez, R., Hernández, F., 2014. Antioxidant Activity, Volatile Composition and Sensory Profile of Four New Very-Early Apricots (*Prunus armeniaca* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(1), 85–94.

- Millî Eğitim Bakanlığı., 2011. megep.  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Mihalıç\\_Peyniri.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Mihalıç_Peyniri.pdf). (15.01.2019).
- Mir, M. A., Hussain, P. R., Fouzia, S., Rather, A. H., 2009. Effect of Sulphiting and Drying Methods on Physico-Chemical and Sensorial Quality of Dried Apricots During Ambient Storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(6), 1157–1166.
- Mladenovi, J., 2012. Fruit Quality , Phenolics Content And Antioxidant Capacity Of New Apricot Cultivars From Serbia. *Acta Scientiarum Polonorum*. 11(5), 3-15.
- Mujumdar, A. S., 2006. *Part I: Fundamental Aspects. Handbook of Drying*. CRC/Taylor & Francis, Londra.
- Mujumdar, A. S., 2007. *Handbook of industrial drying*. CRC/Taylor & Francis, Londra.
- Mujumdar, A. S., 2010. R&D Needs, Challenges and Opportunities for Innovation in *Drying Technology*, 175.
- Mujumdar, A. S., & Law, C. L., 2010. Drying Technology: Trends and Applications in Postharvest Processing. *Food and Bioprocess Technology*, 3(6), 843–852.
- Mutlu, N. G., 2013. *Kayısının çözültü ortamında kükürtlenmesi sırasında kükürt düzeyine bağlı olarak vitamin değerlerindeki değişimin belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 89
- Najjar, Y. S. H., 2013. Hydrogen safety: The Road Toward Green Technology. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38(25), 10716–10728.
- Nunes, J. C., Lago, M. G., Castelo-Branco, V. N., Oliveira, F. R., Torres, A. G., Perrone, D., Monteiro, M., 2016. Effect of Drying Method on volatile Compounds, Phenolic Profile and Antioxidant Capacity of Guava Powders. *Food Chemistry*, 197, 881–890.

- O'Neill, M. B., Rahman, M. S., Perera, C. O., Smith, B., Melton, L. D., 1998. Color and Density of Apple Cubes Dried in Air and Modified Atmosphere. *International Journal of Food Properties*, 1(3), 197–205.
- Otlu, Ö., 2016. *Farklı Miktarlarda Kükürt İçeren ve Gün Kurusu Kayısıyla Beslenen Ratların Serum ve Karaciğer Oksidatif Stres Parametrelerinin Karşılaştırılması*. Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya, 80.
- Ouchemoukh, S., Hachoud, S., Boudraham, H., Mokrani, A., & Louaileche, H., 2012. Antioxidant Activities of Some Dried Fruits Consumed in Algeria. *LWT - Food Science and Technology*, 49(2), 329–332.
- Özaydın, A. G. (2013). *Farklı Kurutma Koşullarının Bazı Önemli Armut Çeşitlerinin Aroma, Fenolik Madde ve Diğer Kalite Bileşenleri Üzerine Etkilerinin Araştırılması*. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 181.
- Özdeş, M., 2013. *Kurutma Prosesinde Kurutma Hava Hız ve Sıcaklığının Ekserji Verimine Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray, 62
- Özen, E., 2016. *Farklı Kurutma Teknikleri İle Domatesin Kurutulması*. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 68.
- Özgen, M., Reese, R., 2006. Modified 2, 2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) Method to Measure Antioxidant Capacity of Selected Small Fruits and Comparison to Ferric. *Journal of Agricultural Food Science and Technology*, 1151–1157.
- Özkan, M., Kirca, A., Cemeroğlu, B., 2003. Effect of Moisture Content on CIE Color Values in Dried Apricots. *European Food Research and Technology*, 216(3), 217–219.
- Papetti, A., Daglia, M., Grisoli, P., Dacarro, C., Gregotti, C., Gazzani, G., 2006. Anti- and Pro-Oxidant Activity of Cichorium Genus Vegetables and Effect of Thermal Treatment in Biological Systems. *Food Chemistry*, 97(1), 157–165.

- Pellegrini, N., Serafini, M., Salvatore, S., Del Rio, D., Bianchi, M., Brighenti, F., 2006. Total Antioxidant Capacity of Spices, Dried Fruits, Nuts, Pulses, Cereals and Sweets Consumed in Italy Assessed by three Different in Vitro Assays. *Molecular Nutrition and Food Research*, 50(11), 1030–1038.
- Perera, C. O., Jasinghe, V., Ng, F. L., Mujumdar, A. S., 2003. The effect of Moisture Content on the Conversion of Ergosterol to Vitamin D in Shiitake Mushrooms. *Drying Technology*, 21(6), 1091–1099.
- Perera, C. O., Rahman, M. S., 1997. Heat Pump Dehumidifier Drying of Food. *Trends in Food Science and Technology*, 8(3), 75–79.
- Piluzza, G., Bullitta, S., 2011. Correlations Between Phenolic Content and Antioxidant Properties in Twenty-Four Plant Species of Traditional Ethnoveterinary Use in the Mediterranean Area. *Pharmaceutical Biology*, 49(3), 240–247.
- Rababah, T. M., Al-Mahasneh, M. A., Kilani, I., Yang, W., Alhamad, M. N., Ereifej, K., Al-u'datt, M., 2011. Effect of Jam Processing and Storage on Total Phenolics, Antioxidant Activity, and Anthocyanins of Different Fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(6), 1096–1102.
- Ramesh, M. N., Wolf, W., Tevini, D., Jung, G. (1999). Studies on Inert Gas Processing of Vegetables. *Journal of Food Engineering*, 40(3), 199–205.
- Ramesh, M. N., Wolf, W., Tevini, D., & Jung, G. (2001). Influence of Processing Parameters on the Drying of Spice Paprika. *Journal of Food Engineering*, 49(1), 63–72.
- Ratti, C., 2001. Hot Air and Freeze-Drying of High Value Foods: A Review. *Journal of Food Engineering*, 49, 311–319.
- Ruskova, M. M., Aleksandrov, S. S., Bakalov, I. Y., Popescu, E. C., Petrova, T. V., Gotcheva, V. G., Penov, N. D., 2016. Osmotic Dehydration as a Preliminary Technological Process for the Production of Dried Chokeberry (*Aronia melanocarpa*). *Bulgarian Chemical Communications*, 48, 412–417.
- Sablani, S. S., 2006. Drying of Fruits and Vegetables: Retention of

- Nutritional/Functional Quality. *Drying Technology*, 24(2), 123–135.
- Sagar, V. R., Suresh Kumar, P., 2010a. Recent Advances in Drying and Dehydration of Fruits and Vegetables: A Review. *Journal of Food Science and Technology*, 47(1), 15–26.
- Sagar, V. R., Suresh Kumar, P., 2010b. Recent Advances in Drying and Rehydration of Fruits and Vegetables: A Review. *Journal of Food Science and Technology*, 47(1), 15.
- Santivarangkna, C., Kulozik, U., Foerst, P., 2007. Alternative Drying Processes for the Industrial Preservation of Lactic Acid Starter Cultures. *Biotechnology Progress*, 23(2), 302–315.
- Santos, P. H. S., Silva, M. A., 2009. Kinetics of L-ascorbic Acid Degradation in Pineapple Drying Under Ethanolic Atmosphere. *Drying Technology*, 27(9), 947–954.
- Sarıbaşı, E. B., 2007. *Türkiye Kayısı Sektörünün Ekonomik Analizi: Malatya İli Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 92.
- Scalzo, J., Politi, A., Pellegrini, N., Mezzetti, B., Battino, M., 2005. Plant Genotype Affects Total Antioxidant Capacity and Phenolic Contents in Fruit. *Nutrition*, 21(2), 207–213.
- Schmitzer, V., Slatnar, A., Mikulic-Petkovsek, M., Veberic, R., Krska, B., Stampar, F., 2011. Comparative Study of Primary and Secondary Metabolites in Apricot (*Prunus armeniaca* L.) Cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(5), 860–866.
- Şen, K., 2012. *Malatya Çevresi Yerli Kayıslarında Aroma Maddelerinin GC-MS-O Tekniği İle Belirlenmesi Ve Bazı Teknolojik İşlemlerin Aroma Maddeleri Üzerine Etkileri Gıda*. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 189.
- Şener, A., 2012. *Bazı Kayis Çeşitlerinde Polifenol Oksidaz, Pektin Metilesteraz,*

***Glikozidaz Ve Karoten Enzimlerinin Biyokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi.*** Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 289.

Sharma, S., Satpathy, G., Gupta, R. K., 2014. Nutritional , Phytochemical , Antioxidant and Antimicrobial Activity of Prunus armenicus. ***Journal of Pharmacognosy Phytochemistry***, 3(3), 23–28.

Shishir, M. R. I., Chen, W., 2017. Trends of Spray Drying: A Critical Review on Drying of Fruit and Vegetable Juices. ***Trends in Food Science and Technology***, 65, 49–67.

Siriamornpun, S., Kaisoon, O., Meeso, N., 2012. Changes in Colour, Antioxidant Activities and Carotenoids (Lycopene, B-Carotene, Lutein) of Marigold Flower (*Tagetes erecta L.*) Resulting from Different Drying Processes. ***Journal of Functional Foods***, 4(4), 757–766.

Sochor, J., Zitka, O., Skutkova, H., Pavlik, D., Babula, P., Krska, B., Kizek, R., 2010. Content of Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity in Fruits of Apricot Genotypes. ***Molecules***, 15(9), 6285–6305.

Suiçmez, A. O., 2014. ***Dondurarak Kurutma Sistemlerinde Kurutma Parametrelerinin Deneysel İncelenmesi.*** Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,55.

Sultana, B., 2012. Effect of Drying Techniques on the Total Phenolic Contents and Antioxidant Activity of Selected Fruits. ***Journal of Medicinal Plants Research***, 6(1), 161–167.

Tamtürk, P., 2013. ***Farklı Kurutma Yöntemlerinin Ihlamur Çiçeği (Tilia tomentosa Moelch.) Uçucu Bileşiklerine Etkisi,*** Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, 55.

Tang, C., Huang, Z., Jin, C., He, J., Wang, J., Wang, X., Miao, H., 2009. Explosion Characteristics of Hydrogen-Nitrogen-Air Mixtures at Elevated Pressures and Temperatures. ***International Journal of Hydrogen Energy***, 34(1), 554–561.

- Taşeri, L., Aktaş, M., Şevik, S., Gülcü, M., Uysal Seçkin, G., & Aktekeli, B. (2018). Determination of Drying Kinetics and Quality Parameters of Grape Pomace Dried with A Heat Pump Dryer. *Food Chemistry*, 260, 152–159.
- Topal, N., 2012. *Malatyada Yetişen Kayısı Meyvesi Ekstraktlarının Antoksidan Kapasitesi ve Oksidatif DNA Hasarı Üzerine Etkisi. İnönü* Yüksek Lisans Tezi, Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya, 69.
- Tüfekçi, H. B., Fenerçioğlu, H., 2003. Conformatin of Some Commercial Fruit Juices to Food Regulations in Turkey. *Akademik Gıda*, 8(2), 11-17.
- Türkyılmaz, M., Özkan, M., Güzel, N., 2014. Loss of Sulfur Dioxide and Changes in Some Chemical Properties of Malatya Apricots (*Prunus armeniaca L.*) During Sulfuring and Drying. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(12), 2488–2496.
- Türkyılmaz, M., 2011. *Düşük Düzeylerde Kükürtlenmiş Kuru Kayisilerin Değişik Sicakliklarda Depolanması Sürecinde Fiziksel, Kimyasal Ve Mikrobiyolojik Niteliklerindeki Değişmeler.* Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 146.
- Uçar, K. (2011). *Malatya İlinde Organik Ve Konvansiyonel Kuru Kayısı Üretiminin Ekonomik Analizi.* Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 114
- Vega-Gálvez, A., Ah-Hen, K., Chacana, M., Vergara, J., Martínez-Monzó, J., García-Segovia, P., Di Scala, K., 2012. Effect of Temperature and Air Velocity on Drying Kinetics, Antioxidant Capacity, Total Phenolic Content, Colour, Texture and Microstructure of Apple (var. Granny Smith) Slices. *Food Chemistry*, 132(1), 51–59.
- Vega-Gálvez, A., Di Scala, K., Rodríguez, K., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., López, J., Perez-Won, M., 2009. Effect of Air-Drying Temperature on Physico-Chemical Properties, Antioxidant Capacity, Colour and Total Phenolic Content of Red Pepper (*Capsicum annuum, L. var. Hungarian*). *Food Chemistry*, 117(4), 647–653.

- Vijaya Kumar Reddy, C., Sreeramulu, D., Raghunath, M., 2010. Antioxidant Activity of Fresh and Dry Fruits Commonly Consumed in India. *Food Research International*, 43(1), 285–288.
- Vinson, J. A., Zubik, L., Bose, P., Samman, N., Proch, J., 2005. Dried Fruits: Excellent in Vitro and in Vivo Antioxidants. *Journal of the American College of Nutrition*, 24(1), 44–50.
- Vital, A. C. P., Croge, C., Gomes-da-Costa, S. M., & Matumoto-Pintro, P. T., 2017. Effect of Addition of Agaricus Blazei Mushroom Residue to Milk Enriched with Omega-3 on the Prevention of Lipid Oxidation and Bioavailability of Bioactive Compounds After In Vitro Gastrointestinal Digestion. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 1483–1490.
- Waliszewski, K. N., Garcia, R. H., Ramirez, M., Garcia, M. A. (2000). Polyphenol Oxidase Activity in Banana Chips During Osmotic Dehydration. *Drying Technology*, 18(6), 1327–1337.
- Wani, S. M., Jan, N., Wani, T. A., Ahmad, M., Masoodi, F. A., Gani, A. (2017). Optimization of Antioxidant Activity and Total Polyphenols of Dried Apricot Fruit Extracts (*Prunus armeniaca* L.) Using Response Surface Methodology. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(2), 119–126.
- Wani, S. M., Masoodi, F. A., Wani, T. A., Ahmad, M., Gani, A., Ganai, S. A. (2015). Physical Characteristics, Mineral Analysis and Antioxidant Properties of Some Apricot Varieties Grown in North India. *Cogent Food & Agriculture*, 1(1), 1–10.
- Wedzicha, B. L., 1984. Sulphur Dioxide in Foods–Chemical Interactions. *Nutrition Bulletin*, 9(3), 155–164.
- Whitaker, J. R., Lee, C. Y., 1995. Recent Advances in Chemistry of Enzymatic Browning. *American Chemical Society*, 45(2), 2–7.
- Witrowa-Rajchert, D., Rzaca, M., 2009. Effect of Drying Method on the Microstructure and Physical Properties of Dried Apples. *Drying Technology*, 27(7), 903–909.



- Wojdyło, A., Figiel, A., Oszmiański, J., 2009. Effect of Drying Methods with the Application Of Vacuum Microwaves on the Bioactive Compounds, Color, And Antioxidant Activity Of Strawberry Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(4), 1337–1343.
- Yang, Z., Li, X., Tao, Z., Luo, N., Yu, F. (2018). Ultrasound-Assisted Heat Pump Drying of Pea Seed. *Drying Technology*, 36(16), 1958–1969.
- Yiğit, D., Yiğit, N., Mavi, A., 2009. Antioxidant and Antimicrobial Activities of Bitter and Sweet Apricot (*Prunus armeniaca* L.) Kernels. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 42(4), 346–352.
- Yılmaz, B., 2014. *Kurutmada Ultrason Kullanımının Ürün Kalitesi ve Kuruma Davranışına Etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 114.
- Yılmaz, U., 2015. *Kükürlenerek Kurutulmuş Bazı Kayısı Çeşitlerinde SO<sub>2</sub>'nin Giderilmesinde H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Kullanımının, Kayısının Polifenol İçeriğine ve Antioksidan Kapasitesine Etkisinin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 105
- Yokuş, B., 2014. *Farkli ön işlemlerin ve uygulanan farkli kurutma yöntemlerinin elmada toplam fenol miktarı ve antioksidan aktivite üzerine etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilecik, 115.
- Zhang, M., Chen, H., Mujumdar, A. S., Tang, J., Miao, S., Wang, Y., 2017. Recent Developments in High-Quality Drying of Vegetables, Fruits, and Aquatic Products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(6), 1239–1255.

## **ÖZGEÇMİŞ**

09.07.1990 yılında Iğdır ilinde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Iğdır'da tamamladı. Lisans eğitimine 2012 yılında Kayseri Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Başladı ve 2016 yılında mezun oldu. Yüksek lisans eğitimine ise 2016 yılında Iğdır Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Anabilim dalında başladı.

