

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENDÜSTRİYEL ÜRETİMDE NAR VE ELMA POSALARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ**

CEM KARA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. İBRAHİM DOYMAZ**

İSTANBUL, 2013

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENDÜSTRİYEL ÜRETİMDE NAR VE ELMA POSALARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Cem KARA tarafından hazırlanan tez çalışması 26.02.2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. İbrahim DOYMAZ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. İbrahim DOYMAZ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Zuhall TURGUT
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Yavuz SALT
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Atık materyallerin değerlendirilmesi, ihtiyaçları artan ancak olanakları kısıtlı olan dünyamızda önem kazanmaktadır. Özellikle teknolojik ve bilimsel gelişme ile bu alanda yapılan çalışmalar hız kazanmış ve ticari boyutlara ulaşmıştır. Ülkemizi ele aldığımızda her ne kadar tarım toplumuyuz denilse de potansiyelimizi tam olarak üretim rakamlarına yansıtamamaktayız. Bu yetersiz üretim seviyesiyle bile tarımsal ürün konusunda birçok kalemde dünyada ilk sıralarda bulunmaktayız. Bu üretim miktarı ile oluşan atık meyve ve sebze posalarının geri kazandırılması hem ekonomik hem de insani yönden gereklidir. Çalışmamızın ana konusunu nar ve elma posalarının içerdikleri ticari önemi olan ve insan sağlığı açısından önemli maddelerin araştırılması ve değerlendirme yollarının önerilmesi oluşturmaktadır.

İlk olarak bu çalışmamda bana yol gösteren ve hiçbir konuda yardımını esirgemeyen değerli hocam Sn. Doç. Dr. İbrahim DOYMAZ'a, değerli hocam Sn. Prof. Dr. Mehmet PALA'ya, örneklerin tedarik edilmesini ve üretim aşamalarında alınmasını sağlayan Konfrut Gıda San. ve Tic. A.Ş. Fabrika Müdürü Sn. Ömer SÜMER'e ve diğer tüm personeline, analiz çalışmalarımın yapıldığı GÖZLEM Gıda Kontrol ve Araştırma Laboratuvarı'na, çalışmam sırasında manevi ve maddi hiçbir desteği esirgemeyen annem Elmas KARA'ya, kızkardeşim Ebru Betül KARA'ya ve yaptığı şakalarla moral ve motivasyonumu üst seviyede tutmayı başaran erkek kardeşim Muhammet Ziya KARA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mart, 2013

Cem KARA

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vi
KISALTMA LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	2
1.3 Orijinal Katkı	2
BÖLÜM 2	
KURUTMA	3
2.1 Kurutmaya Giriş	3
2.2 Kurutma Mekanizması.....	5
2.3 Kurutma Hızına Etki Eden Faktörler	9
2.4 Kurutmada Meydana Gelen Başlıca Değişmeler.....	12
2.4.1 Fiziksel Değişmeler	12
2.4.1.1 Yöresel Kuru Madde Birikimi	12
2.4.1.2 Kabuk Bağlama	12
2.4.1.3 Kitle Yoğunluğundaki Değişmeler	13
2.4.1.4 Kurutulmuş Ürünün Rehidrasyon Yeteneği.....	14
2.4.2 Kimyasal ve Diğer Değişmeler.....	14
2.5 Kurutma Sistemleri.....	15
2.5.1 Güneşte Kurutma	15
2.5.2 Kabin Kurutucular.....	16

2.5.3	Tünel Kurutucular	17
2.5.4	Konveyör Kurutucular	19
2.5.5	Akışkan Yatak Kurutucular	20
2.5.6	Sandık Kurutucular	20
2.5.7	Sprey Kurutucular	21
2.5.8	Silindir Kurutucular	22
2.5.9	Döner Kurutucular	23
2.5.10	Vakum Kurutucular	23
2.5.11	Köpük Kurutucular	24
2.5.12	Dondurarak Kurutma	24
BÖLÜM 3		
NAR		26
3.1	Nar Kullanım Alanları ve Bileşimleri	33
3.1.1	Nar Suyu	33
3.1.2	Nar Çekirdeği	35
3.1.3	Nar Kabuğu	37
3.1.4	Nar Tanesi Konservesi	38
BÖLÜM 4		
ELMA		40
4.1	Elma Posası	44
BÖLÜM 5		
DAHA ÖNCE YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR		46
5.1	Nar Posası ile ilgili Çalışmalar	46
5.2	Elma Posası ile ilgili Çalışmalar	51
5.3	Diğer Posalarla Yapılan Çalışmalar	54
BÖLÜM 6		
MATERYAL VE YÖNTEM		58
6.1	Materyal	58
6.2	Yöntemler	58
6.2.1	Kurutma Sistemi	58
6.2.2	Kuru Madde Tayini	59
6.2.3	Hava Akış Hızı	60
6.3	Kurutma Denemeleri	60
6.3.1	Nar ve Elma Posaları Kurutma İşlemleri	60
6.4	Matematiksel Modelleme	61
6.5	Regresyon Analizi	63
6.6	Difüzyon Katsayısının Hesaplanması	64
6.7	Aktivasyon Enerjisinin Hesaplanması	65
6.8	Posaların İçerik Analizleri	65

BÖLÜM 7

DENEYSEL BULGULARIN İRDELENMESİ.....	67
7.1 Hava Sıcaklığının Etkisi.....	67
7.2 Kuruma Hızı ile Nem İçeriğinin Değişimi	71
7.3 Kuruma Eğrilerinin Matematiksel Modellenmesi	73
7.4 Difüzyon Katsayılarının Hesaplanması	84
7.5 Aktivasyon Enerjilerinin Hesaplanması	86
7.6 Nar ve Elma Posalarının İçerik Analiz Sonuçları.....	88

BÖLÜM 8

SONUÇLAR ve ÖNERİLER	94
KAYNAKLAR.....	97
ÖZGEÇMİŞ.....	105

SİMGE LİSTESİ

A	Sıfır noktasında örneğin dahili nem içeriği
A'	Katı çok sıcak ise alternatif kuruma başlama noktası
B	Kuruma sabit periyot başlama noktası
C	Kuruma kritik nem içeriği noktası
Ca	Kalsiyum elementi simgesi
Cu	Bakır elementi simgesi
D	Kuruma ikinci azalan hız periyodu noktası
D_{eff}	Efektif difüzyon katsayısı
D_0	Sonsuz sıcaklıkta difüziviteye eşdeğer sabit
E	Kuruma sonlanma noktası
E_a	Aktivasyon enerjisi
Fe	Demir elementi simgesi
LDPE	Düşük yoğunluklu polietilen simgesi
M	Numune nem içeriği
m_d	Kuru madde miktarı
M_e	Kurutma koşullarındaki havanın içerdiği su miktarı
Mg	Magnezyum elementi simgesi
Mn	Mangan elementi simgesi
M_0	Kurutmaya başlamadan önceki ürünün içerdiği su miktarı
MR	Nem oranı
MR_{exp}	DeneySEL nem oranı
MR_{pre}	Tahmin edilen nem oranı
M_t	t anındaki nem içeriği
$M_{t+\Delta t}$	t+ Δt anındaki nem içeriği
m_w	Su içeriği
N	Azot elementi simgesi
Na	Sodyum elementi simgesi
NaCl	Sodyum klorür bileşiği simgesi
P	Fosfor elementi simgesi
R^2	Regresyon katsayısı
RMSE	Tahminin standart hatası
χ^2	khi-kare değeri
t	Süre

KISALTMA LİSTESİ

AOAC	Association of Analytical Communities
IFFJP	International Federation of Fruit Juice Producers
TS	Türk Standartı
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1	Nem içeriği zaman değişimi grafiği7
Şekil 2. 2	Kuruma oranı nem içeriği değişimi grafiği.....8
Şekil 2. 3	Güneş kolektörlü kurutucu16
Şekil 2. 4	Kabin kurutucu16
Şekil 2. 5	Oda tipi kurutucu17
Şekil 2. 6	Paralel akışlı tünel kurutucu18
Şekil 2. 7	Zıt akışlı tünel kurutucu18
Şekil 2. 8	İki kademeli kurutma sistemi.....18
Şekil 2. 9	İki aşamalı konveyör kurutucu19
Şekil 2. 10	Akışkan yatak kurutucu20
Şekil 2. 11	Sandık kurutucu21
Şekil 2. 12	Sprey kurutucu.....22
Şekil 3. 1	Nar ve nar taneleri genel görünümü.....26
Şekil 3. 2	Türkiye’de yıllara göre nar üretimi.....32
Şekil 3. 3	Nar suyu üretim akış şeması34
Şekil 3. 4	Nar çekirdeği (hicaznar) yağ bileşimi37
Şekil 4. 1	Elma ağacı genel görünümü41
Şekil 4. 2	Türkiye’de yıllara göre elma üretim miktarları43
Şekil 4. 3	Elma suyu üretim akış şeması45
Şekil 6. 1	Posaların kurutulmasında kullanılan kurutucu genel görünüşü58
Şekil 6. 2	Selecta marka etüvün genel görünümü59
Şekil 6. 3	Anemometre genel görünümü60
Şekil 6. 4	Mettler marka terazinin genel görünüşü61
Şekil 7. 1	Nar posasının farklı sıcaklıklarda kuruma süresiyle nem içeriği değişimi69
Şekil 7. 2	Elma posasının farklı sıcaklıklarda kuruma süresiyle nem içeriği değişimi ..70
Şekil 7. 3	Nar posasının farklı sıcaklıklarda kuruma hızının nem oranı ile değişimi71
Şekil 7. 4	Elma posasının farklı sıcaklıklarda kuruma hızının nem oranı ile değişimi ..72
Şekil 7. 5	Değişik sıcaklıklarda kurutulan nar posaları için deneysel ve Midilli vd. denkleminde elde edilen tahmini nem oranı değerleri82
Şekil 7. 6	Değişik sıcaklıklarda kurutulan elma posaları için deneysel ve Midilli vd. denkleminde elde edilen tahmini nem oranı değerleri83
Şekil 7. 7	Sıcaklığın efektif difüzyon katsayısına etkisi86

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3. 1	Dünya’da yıllık nar üretim ve ihracat miktarları.....31
Çizelge 3. 2	Nar sularının bazı bileşim öğeleri ve özellikleri35
Çizelge 3. 3	Nar çekirdeğinin kimyasal bileşimi36
Çizelge 6. 1	Nar ve elma posalarının kuruma eğrilerinin modellenmesinde kullanılan denklemler63
Çizelge 6. 2	Nemli ve kuru durumdaki örneklerin içerik analizleri ve metotları66
Çizelge 7. 1	Posa örneklerinin kuruma süreleri67
Çizelge 7. 2	50°C’de kurutulan nar posası için matematiksel denklemler kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları, khi-kare ve RMSE değerleri.....74
Çizelge 7. 3	60°C’de kurutulan nar posası için matematiksel denklemler kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları, khi-kare ve RMSE değerleri.....75
Çizelge 7. 4	70°C’de kurutulan nar posası için matematiksel denklemler kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları, khi-kare ve RMSE değerleri.....76
Çizelge 7. 5	80°C’de kurutulan nar posası için matematiksel denklemler kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları, khi-kare ve RMSE değerleri.....77
Çizelge 7. 6	50°C’de kurutulan elma posası için matematiksel denklemler kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları, khi-kare ve RMSE değerleri.....78
Çizelge 7. 7	60°C’de kurutulan elma posası için matematiksel denklemler kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları, khi-kare ve RMSE değerleri.....79
Çizelge 7. 8	70°C’de kurutulan elma posası için matematiksel denklemler kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları, khi-kare ve RMSE değerleri.....80
Çizelge 7. 9	80°C’de kurutulan elma posası için matematiksel denklemler kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları, khi-kare ve RMSE değerleri.....81
Çizelge 7. 10	Nar ve elma posaları için hesaplanan etkin difüzyon katsayıları84
Çizelge 7. 11	Faklı gıda posalarının difüzyon katsayı değerleri85
Çizelge 7. 12	Bazı gıda posalarının aktivasyon enerjileri.....87
Çizelge 7. 13	Yaş ve kuru nar posaları analiz sonuçları88
Çizelge 7. 14	Yaş ve kuru elma posaları analiz sonuçları.....91

ENDÜSTRİYEL ÜRETİMDE NAR VE ELMA POSALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Cem KARA

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. İbrahim DOYMAZ

Ülkemiz meyve ve meyve suyu üretim ve tüketimi açısından oldukça önemli bir yerdedir. Bu sektörden elde edilen posaların değerlendirilerek ekonomiye kazandırılması maddi olarak, atılmasıyla oluşacak çevre kirliliğinin önlenmesi insani olarak önem taşımaktadır. Çalışmada meyve suyu üretim sektöründen elde edilen nar ve elma posalarının 50, 60, 70 ve 80°C sıcaklık ve $2\pm0,1$ m/s sabit hava hızı ile kurutulması gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar on adet matematiksel modele uyarlanmış ve bu modellerden Midilli vd. matematiksel modelinin en uygun tahminleri verdiği görülmüştür. Nar ve elma posaları difüzyon katsayısı değerleri $1,22\times10^{-10}$ ile $4,40\times10^{-10}$ m²/s arasında değişmiştir. Aktivasyon enerjisi değerleri ise nar posası için 39,67 kJ/mol, 29,65 kJ/mol olarak bulunmuştur.

Nar ve elma posaları nemli ve kuru örneklerinin içerik analizleri yapılmıştır. Sonuçlar her iki posanın diyet lif miktarı açısından zengin olduğunu göstermiştir. Ayrıca her iki posada farklı miktarlarda vitamin, yağ, mineral içermektedir. Elde edilen bu sonuçlara ve daha önce yapılan literatür çalışmalarına dayanarak posaların ülke ekonomisine hangi yönden katılabileceği önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Nar posası, elma posası, kurutma

ABSTRACT

UTILIZATION OF INDUSTRIAL PRODUCTION OF POMEGRANATE AND APPLE POMACES

Cem KARA

Department of Chemical Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. İbrahim DOYMAZ

Our country is at important in terms of production and consumption fruit and fruit juice is somewhere in. Pomaces that obtain from this sector are important for to recover and incorporate for economy and to prevent environmental pollution for humanity. In this study; pomegranate and apple pomaces that obtained fruit juice sector, the drying experiments were carried out at 50, 60, 70 and 80°C and at the air velocity $2\pm0,1$ m/s. These results that profited by experimental data tested ten different mathematical models and observed that the Midilli et al. model gives best estimates. Effective diffusivities of pomegranate and apple pomaces are changed between $1,22\times10^{-10}$ and $4,40\times10^{-10}$ m²/s, the activation energy values of pomegranate and apple pomaces are found on 39,67 kJ/mol and 29,65 kJ/mol.

In addition fresh and dried pomegranate and apple pomaces content analysis carried out. The results showed that the two pomaces are rich in dietary fiber. In addition both pomaces include different amounts of vitamins, fats and minerals. On the basis of obtained results and earlier literature studies suggested that how to join this pomaces our country economy.

Key Words: Pomegranate pomace, apple pomace, drying

YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

1.1 Literatür Özeti

Gıdaların kurutularak dayandırılmaları yöntemi, insanların doğadan öğrendiği ve bu yüzden ilk çağlardan beri uygulanmakta olan en eski muhafaza yöntemidir. Çok eski zamanlarda dahi insanlar et ve balığı güneşte kurutmuşlardır. Gerçekten bu yöntem doğada çoğu zaman kendi kendine gerçekleşmekte ve çeşitli tahıllar ve baklagiller tarlada kendi halinde kuruyarak dayanıklı hale gelebilmektedir [1].

Kurutma işlemleri pratikte çoğunlukla ilkel olarak uygulanmaktadır. Teknolojik özellikleri bilinmeyen gıdaların kurutulmasında değişik zorluklarla karşılaşmaktadır. Doğal kurutmada gıdaların teknolojik özelliklerinin bilinmesi yeterli olmamaktadır. Çünkü doğal kurutma şartlarını gıdanın teknolojik özelliklerine göre ayarlamak oldukça zordur [2]. Bununla birlikte bu kurutma tekniğinde ürün, mikrobiyal kontaminasyona, mikroorganizma gelişmesine ve böcek istilasına açıktır, ayrıca ürünün beslenme değerinde azalma meydana gelir [3]. Ülkemizde de kurutma işlemi birçok üründe geleneksel olarak güneş altında ve açık atmosfer koşullarında yapılmaktadır. Doğal bir kurutma yöntemi olan güneş altına yayarak kurutma işlemi sonucunda da, meyve ve sebzelerde söz konusu olan kalite özelliklerine ulaşılmaktadır. Fakat bu yöntem ürünlerin uzun süreler içinde kurutulmasına olanak verdiği için ve dış ortamdan doğrudan etkilendiğinden, yerini alternatif kurutma yöntemlerine bırakmıştır. Bu yöntemler genel olarak sıcak hava ile kurutma, vakumla kurutma, güneş kolektörleri yardımıyla kurutma ve mikrodalga ile kurutma olarak sıralanabilir [4].

Ülkemiz tarım ürünleri üretimi açısından Dünya’da önemli bir noktada bulunmaktadır. Nar ülkemizde ve diğer ülkelerde yükselen bir üretim grafiğine sahiptir. Aynı şekilde elma yıllardır yüksek miktarlarda Dünya ve ülkemizde üretilmektedir. Bu meyvelerin meyve suyu üretim prosesinden çıkan posaları içerdiği maddelerin ticari olarak değerlendirilmesi hem bu posalar için hem de diğer posalar ile ilgili örnek oluşturması açısından önem taşımaktadır.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada nar ve elma suyu üretimi proseslerinden arta kalan nar ve elma posalarının farklı sıcaklık değerlerindeki hava ile kurutulması, kurutma eğrilerinin modellenmesi, difüzyon katsayılarının ve aktivasyon enerji değerlerinin hesaplanması yapılacaktır. Ayrıca nar ve elma posaların içerikleri belirlenecektir.

1.3 Orijinal Katkı

Nar ve elma posaları meyve suyu fabrikasından üretim sonunda bekletilmeden alınmıştır. Her iki posa farklı sıcaklık değerlerinde ve sabit hava hızında kabin kurutucuda kurutulmuştur. Deneysel verilerden yararlanılarak nar ve elma posası kurutma kinetiği ve ile posaların efektif difüzyon katsayıları ile aktivasyon enerji değerleri bulunmuştur. Nar ve elma posaları nemli ve kuru örneklerinin içerik analizleri yapılmıştır. pH, kuru madde, toplam şeker, yağ, asitlik, ham lif, B₃ ve C vitaminleri ile mineral madde kompozisyonu bakımından değerlendirilip, ülke ekonomisine hangi yönlerden katkıda bulunabilecekleri araştırılmıştır.

2.1 Kurutmaya Giriş

Gıda maddeleri üretildikleri andan itibaren, tüketime kadar geçen süre içerisinde, birçok enzimatik, mikrobiyolojik ve kimyasal olaylar sonucu hızla bozulma eğilimindedir. Bu oluşumda, yapılarında % 98'lere kadar değişen oranlarda bulunan su en önemli rolü oynamaktadır. Kurutulmuş son üründe, hammaddenin ve son ürünün karakterine, ambalajlama ve depolama şartlarına göre değişmekle birlikte, %3 ile %20 seviyelerinde su bulunabilmektedir. Gıdanın başlangıçta sahip olduğu yüksek miktardaki suyun bu seviyelere kadar azaltılabilmesi için farklı kurutma teknikleri uygulanmaktadır [3].

Gıdaları muhafaza etmek için eski çağlardan beri kullanılan kurutma işlemi, meyve ve sebze muhafazası için en önemli yöntemdir [5]. Çok eski zamanlarda dahi insanlar et ve balığı güneşte kurutmuşlardır. Gıdaların kurutma suretiyle dayanıklı hale getirilmesi yöntemi halen önemli bir gıda muhafaza yöntemidir [6]. Bu işlem materyalin su ve mikrobiyal aktivitesini önemli ölçüde düşürerek ve depolama süresince fiziksel ve kimyasal değişimleri engelleyerek gıdanın stabilitesini yükseltir. Kurutulmuş ürünün diğer önemli avantajı; paketlenme, depolama ve taşıma maliyetlerini düşürmesidir [5].

Kurutma olayı ıslak materyalden suyun uzaklaştırılması işlemidir [1]. Nemin kurutulması kütle ve ısı transferinin aynı anda gözlemlendiği karmaşık bir süreçtir [7]. Kurutma sırasında, kurutucu gazdan katıya doğru ısı aktarımı gerçekleşir. Aktarılan kütlenin katı-gaz ara yüzeyinde birikerek nemli bir tabaka oluşturmasını önlemek amacıyla, kurutucu

gazın hareketliliği sağlanır [3]. Buna göre kurutma işlemi içerisinde iki işlem-kontrol faktörü girer.

- Gerekli gizli buharlaşma ısını sağlamak üzere ısı iletimi,
- Gıda maddesinde suyun veya su buharının hareketi ve sonra gıdadan uzaklaşmasının sağlanması ve böylece suyun gıda maddesinden ayrılması [6].

Gıda maddeleri kuru madde ağırlıklarının birkaç katı nem tutma özelliğine sahip higroskopik maddeler olup, kılcal-gözenekli yapıya sahiptirler. Gıda maddelerinin kurutulmasındaki en önemli konulardan biri gıda maddesindeki suyun rolüdür. Rockland [8], bağlı suyun kimyasal, fiziksel ve termodinamik özelliklerini anlatırken, gıda maddelerinde üç tip bağlı suyun bulunabileceğine işaret etmiştir. Bunlar; karboksil ve amino grupları gibi iyonik gruplara bağlı olan su molekülleri, hidroksil ve amid gruplarına hidrojen bağıyla bağlı su molekülleri ve maddenin gözeneklerinde bulunan, gözenekler arası kapiler kuvvetler ve çözünebilir bileşikler nedeniyle, buhar basıncı saf suyun buhar basıncından düşük olan, bağlı olmayan serbest su.

Kurutma işlemi sırasında suyun uzaklaştırılması zordur. Bu zorluk, suyun yukarıda sıralanan bulunma şekillerinden her biri için farklı düzeydedir. Yukarıdaki sıralama sondan başa doğru, ürünün nem miktarı azaldıkça buharlaştırılan suyun tipini göstermektedir. Bu, ilk olarak serbest suyun, arkasından hidrojene bağlı su moleküllerinin ve son olarak, iyonik gruplara bağlı suyun buharlaştırılıp uzaklaştırıldığı anlamına gelir. Bu bilgiler, nemin uzaklaştırılmasını sağlayan enerji gereksinimiyle de ilişkilidir. Her bir su tipinin uzaklaştırılması için gereken enerji miktarı farklıdır [3].

Doğada kuruma, güneş ısıyla gerçekleşmekte olduğundan, kurumanın her yerde ve her zaman bu yolla sağlanması olanaksızdır. Ayrıca her ürünün güneşte kurutulması uygun değildir ve bu nedenle alternatif kurutma yöntemleri geliştirilmiştir.

Kurutma yöntemi güneşte kurutma ve yapay kurutma olarak iki ana gruba ayrılmakla beraber bunun çeşitli açılardan ayrıca gruplandırılması da olanaklıdır. Bu gruplandırmalardan birisi, kurutulacak maddenin suyun uzaklaştırılması amacıyla gerekli ısıyı buraya taşıma yöntemine dayanmaktadır. Buna göre bu açıdan;

konveksiyon, kondüksiyon ve radyasyon kurutma olmak üzere başlıca üç farklı kurutma sistemi mevcuttur [1].

Konveksiyonla kurutma tabaka, parça veya hamur gibi katıların kurutulmasında en yaygın kullanılan yöntemdir. Suyun buharlaşması için gerekli ısı bir gaz tarafından karşılanır. Bu gaz genellikle ısıtılmış havadır ayrıca inert gazlar ya da süper-ısıtılmış buhar konvektif kurutma sisteminde kullanılabilir [9]. Sistemde sıcak gaz (hava) maddenin içinden, üzerinden ve arasından geçirilir. Kurutulan maddenin niteliklerine bağlı olarak bu yöntemin birçok uygulama çeşidi vardır. Örneğin tünel kurutucular, akışkan yatak kurutucular, püskürtmeli kurutucular bu yöntemin değişik uygulamalarıdır [1].

Kondüksiyonla kurutma çok ince ya da çok nemli katıların kurutulmasında kullanılmaktadır. Buharlaşma için gerekli ısı doğrudan ısıtıcı yüzeyden sağlanır [9]. Yani kurutulacak madde hareketsiz kalırken ya da hareket ederken bu sırada temas ettiği yüzeyden maddeye ısı taşınır [1]. Buharlaştırılan nem vakumlama ile ya da nem taşıyıcı bir gaz ile uzaklaştırılır. Vakum işlemi ısıya duyarlı katılar için uygulanmaktadır [9]. Bu yöntemde çok çeşitli uygulamaları olup, en yaygın örneği valsli kurutuculardır [1].

Radyasyon kurutmada kurutulacak maddeye ısı herhangi bir taşıyıcı gerekmeksizin etrafındaki bir radyasyon alanından ulaştırılır. Bu yöntem gıdaların kurutulmasında genellikle yaygın değildir [1].

2.2 Kurutma Mekanizması

Katılardaki nem bağıl nem ve bağıl olmayan nem olarak ayrılmaktadır. Bağıl olmayan nem iki yöntemle uzaklaştırılmaktadır. Bunlar evaporasyon ve vaporizasyon yöntemleridir. Her iki yöntemde buharlaştırma prensibine dayanır ve fakat arada bazı farklılıklar barındırır. Evaporasyon; katı yüzeyindeki buhar basıncının atmosfer basıncına eşit olduğunda gerçekleşen buharlaşma işlemidir.

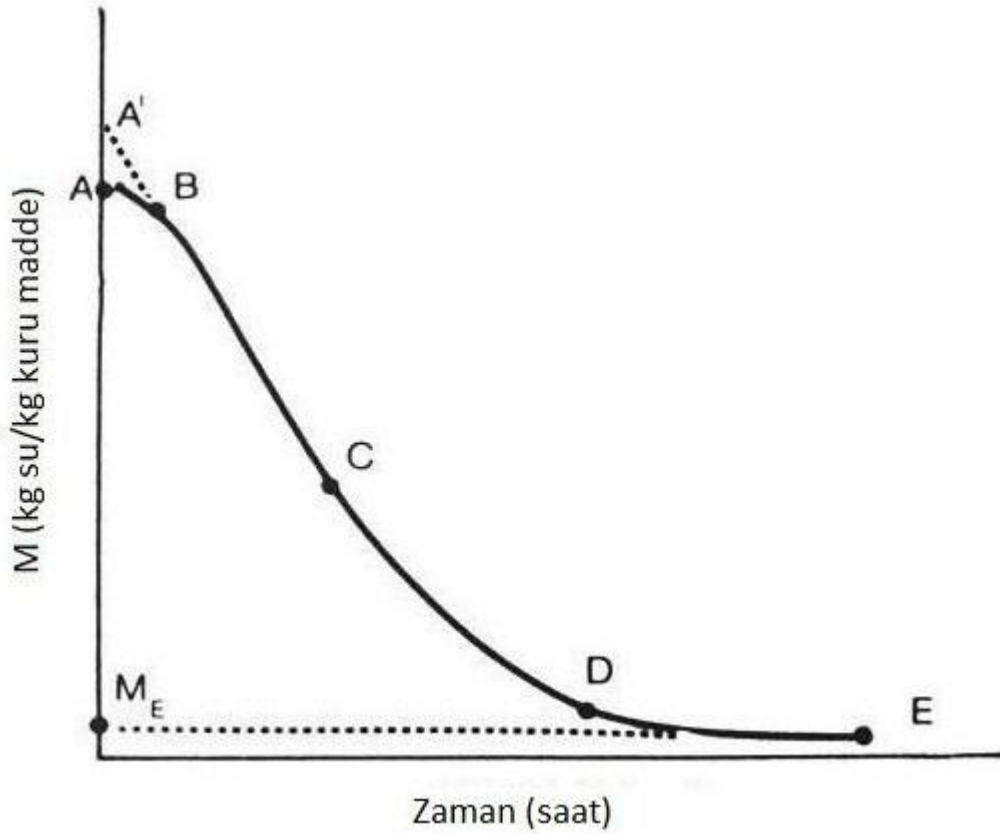
Eğer maddenin kurutulması, ısıya duyarlı ise evaporasyon olayındaki sıcaklık, kaynama sıcaklığı, basıncın düşürülmesiyle azaltılabilir. Eğer basınç üçlü noktanın altına düşürülürse, sıvı faz yok olur ve materyaldeki nem donmuştur. Bu halde bir maddenin

ısıya maruz kalması buzun doğrudan su buharına süblimleşmesine neden olur ve dondurarak kurutma işlemi gerçekleşmiş olur.

İkinci yöntemde, vaporizasyon, kurutma konveksiyonla gerçekleşir ve bu sıcak havanın doğrudan ürüne iletilmesidir. Hava ürün tarafından soğutulur ve nem üründen havaya transfer olur. Bu takdirde katı üzerindeki nemin doymuş buhar basıncı atmosferik basınçtan daha azdır.

Katının kuruma davranışı nem içeriği kaybının zamana oranlanmasıyla karakterize edilebilir. Şekil 2.1 tipik bir higroskopik ürünün kuruma zaman eğrisini betimlemektedir. Su içeren ürünler nem içeriklerine göre farklı kuruma davranışları gösterir [9]. Hava kurutma proseslerinde, sabit debi periyodu ve azalan debi periyodu olmak üzere genellikle iki periyot vardır.

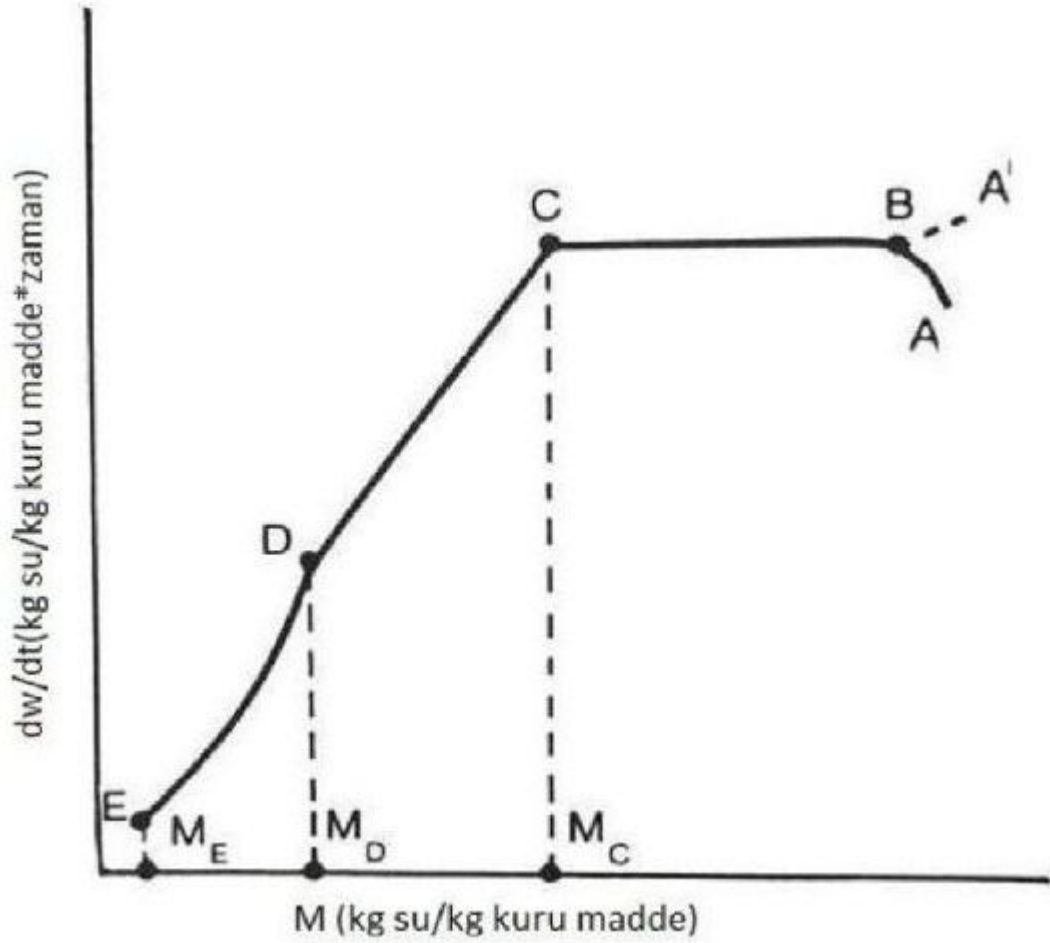
Sabit debi periyodu saf suyun buharlaşmasıyla meydana gelmektedir. Azalan debi periyodunda nem hareketi iç dirençler tarafından kontrol edilmektedir. Şekil 2.1’de nem içeriğini zamanın fonksiyonu olarak görülmektedir. Sıfır (0) noktasında nem içeriği A noktası olarak gösterilmektedir. Başlangıçta katı genellikle soğuk bir derecededir ve daha sonra nihai sıcaklığına ulaşır. Eğer katı maddenin sıcaklığı A noktasındaki sıcaklıktan daha yüksek ise, alternatif olarak kurutma işlemi A’ noktasından başlayabilir.



Şekil 2. 1 Nem içeriği - zaman değişimi grafiği

AB eğrisi başlangıçta sabit olmayan, ısınma periyodunu gösterir. Bu sabit olmayan ayarlama periyodu genellikle çok kısadır ve bazen kurutma zamanı analizlerinde ihmal edilmektedir.

BC sabit debi periyodudur. Kuruma hızının nem içeriğine karşı çizilen Şekil 2.2'de aynı noktalar işaret edilmiştir. Sabit debi periyodu esnasında, katının yüzeyi başlangıçta çok ıslak ve sürekli bir film tabakası mevcuttur [10]. Su katı yüzeyini uçma ve buharlaşma yolu ile terk eder. Bu esnada kapiler kuvvetler sayesinde katı içerisinden yüzeye nem iletilir. Bu periyotta kuruma katı yüzeyinden hava akımı içerisine kütle transferi şeklinde olur.



Şekil 2. 2 Kuruma oranı nem içeriği değişimi grafiği

Havadan katıya olan ısı transferi, taşınım ile olup iletim ve radyasyon ihmal edilebilir [2]. Bu açıklamalara göre gıda maddelerinde bulunan suyun, materyal tarafından gevşek olarak tutulan kısmının, yani kapiler suyun, daha kolay uzaklaştığı anlaşılmaktadır. Bu bakımdan, gıdalardaki suyun, büyük bir kısmını oluşturan, zayıf bir şekilde bağlı bu suya, kuruma olayı açısından herhangi bir materyalin üzerindeki serbest haldeki su nazarıyla bakılabilir. İşte gıda maddelerinde bu suyun uzaklaştığı dönem, sabit kuruma hızı periyodudur. Bu periyotta birim zaman başına uzaklaşan su miktarı sabit kalmaktadır. Gıda maddesindeki su miktarı azaldıkça, geride kalan suyu materyale bağlayan güç artmaktadır [1].

Sabit kuruma hızı periyodundan ayrılırken ilk fark edilen C noktasında gösterilen kritik nem içeriğidir [10]. Bu C noktası kritik nem düzeyini simgeler. Bu noktada suyun sürekli film tabakasını sürdürmek için yüzeyde yetersiz su vardır.

Kuruma eğrisinde dikkati çeken en önemli nokta kritik nem düzeyini gösteren noktadır. Kritik nem her gıda maddesi için farklı düzeyde olup o gıda maddesinin bileşimiyle ilişkili bir değerdir. Ancak bir genelleme yapılırsa, birçok gıda maddesinin kritik nemi, bu gıdanın %58-65 bağıl nemli hava ile dengeye eriştiği zaman, içerdiği su miktarına eşittir.

C ve D noktaları arasındaki periyot birinci azalan debi kuruma hızı periyodudur [1]. Bazı ürünlerde birden fazla azalan debi hız periyodu görülebilir [3]. Bu periyodun en önemli özelliği, ürün sıcaklığının havanın ıslak termometre sıcaklığından hafif yüksek olmasıdır. Ayrıca artık yüzeyde serbest su kalmamıştır ve kuruma hızı suyun alt tabakalardan yüzeye difüzyon hızı ile kontrol edilir [1]. Bu periyotta sıvı hareketi, yüzeyden sıvı hareketiyle olan sıvı hareketinden daha azdır ve yüzey sürekli olarak susuz kalmaktadır [10]. Bununla birlikte, üründe bulunan suyun büyük kısmı hala serbest sudur. Bununla birlikte suyun buharlaşabilmesi için yüzeye hareket etmesi gerekmektedir.

C noktasından sonra bütün yüzey artık nemli değildir ve birinci azalan debi hız periyodundaki nemli bölge yüzey tamamen kuruyana kadar yani D noktasına kadar sürekli azalır. D noktasından sonra nem içeriği sürekli azaldıkça kütle ve ısı transferi yolu daha uzun ve dolambaçlı bir hal alır. Bu periyot ikinci azalan debi hız periyodudur. Bu periyotta uzaklaştırılacak suyun buharlaşma ısısı saf suyun buharlaşma ısısından fazladır. Bu aşamada su materyalin içinde buharlaşıp yüzeye buhar olarak ulaşır ve buradan havaya karışır [1].

Sonunda; katının buhar basıncı kurutucu havanın kısmi buhar basıncına eşit hale gelir ve kuruma olayı sonlanmış olur [10].

2.3 Kurutma Hızına Etki Eden Faktörler

Suyun, gıdanın yapısından kurutma ile uzaklaştırılmasında ısı ve kütle aktarımı ile ilgili iki temel olayın gerçekleşmesi gerekir. Bu iki olay;

- Ürünün ısıtılması,
- Üründen suyun alınmasıdır.

Ürün kurutmada bütün çabalar ısı ve kütle aktarım hızını artırmak üzerinde birleşmelidir [11]. Kuruma hızı doğrudan doğruya, ısı ve kütle transferine etki eden faktörler tarafından kontrol edilir. Bu faktörlerin başlıca olanları; sıcaklık derecesi, havanın nemi ve hızı, materyalin geometrik yapısı gibi fiziksel özellikler ve kurutulan materyalin başta bileşimi olmak üzere kendine özgü nitelikleridir.

Bu faktörlerden en önemlisi kendine özgü nitelikleri olarak düşünebiliriz [1]. Ürünün kimyasal bileşimi özellikle önemlidir. Pek az ürün homojen yapıya sahiptir [11]. Eğer ürün şeker veya tuz gibi küçük moleküllü erimiş maddelerce zenginse; bu maddeler buhar basıncını düşürür ve buharlaşma işlemi zor gerçekleşir. Yine ortamda yağ molekülleri varsa bu moleküller su moleküllerinin etrafını sararak buharlaşmayı güçleştirir. Bunların dışında materyalin suyu bağlama özelliği de etkili bir faktördür. Serbest su kolayca buharlaşırken nişasta, pektin gibi maddelerdeki bağlı su oldukça zor buharlaşmaktadır. En zor uzaklaştırılan su ise hidrat yapıda olan kimyasal bağlı sudur.

Diğer taraftan meyve ve sebzeler hücrelerden oluşmuş doğal dokulardır. Bunlarda su hem hücre içinde hem de hücreler arasında bulunmaktadır [1]. Hücre öldüğünde hücre zarı daha fazla geçirgenlik kazandığından su daha kolayca uzaklaşacaktır. Bu nedenle haşlama ürünler örneğin; sebzeler, et ve balıklar daha kolay kururlar [11].

Kuruma hızına etki eden bir diğer faktör parça boyutudur [1]. Kurutulacak gıdanın birim miktarının yüzey alanı, ısı ve kütle aktarımı hızını etkileyen bir diğer değişkendir [11]. Kuruma hızı; parçacıkların yüzey alanıyla doğru, kalınlıklarıyla ters orantılıdır. Bu nedenle kurutulacak parça ne kadar küçükse o kadar çabuk kurur [1]. Hızın artırılması için ürün küçük parçalara ya da ince dilimlere bölünmelidir. Bu işlem kurutmayı iki nedenle hızlandırır;

- Daha büyük bir yüzey alanı daha geniş bir ısıtıcı yüzeyle temas anlamındadır. Böylece nemin uzaklaşacağı alan artmaktadır.
- Küçük parçacıklar ya da ince dilimler ısının ürünün merkezine kadar ilerlemesi gereken uzaklığı kısaltmakta, aynı şekilde nemin, ürün merkezinden ürünün yüzeyine kadar ilerlemesi gereken uzaklığı azaltmaktadır [11].

İşte püskürterek kurutma tekniğinde, sıvı ve ezme halinde maddelerin, ince zerrecikler haline getirildikten sonra birkaç saniyede kurutulabilmeleri bu nedenle olanaklı bulunmaktadır [1].

Kuruma hızına etki eden en önemli faktörlerden bir diğeri ise, kullanılan sıcak havanın kuru ve ıslak termometre dereceleri arasındaki farktır [1]. Ürünle temas eden havayı ısıtırsak sıcak havanın soğuk havaya kıyasla daha fazla suyu ürünün yapısından uzaklaştıracağı görülecektir. Ancak bu durum her zaman geçerli değildir. Isıtıcı ortam havanın kendisi ise sıcaklık ikinci derecede rol oynar [11].

Kullanılan sıcak havanın sadece kuru termometre derecesi bu hususta çoğu kez önemli bir anlam taşımaz. Islak ve kuru termometre dereceleri arasında herhangi bir fark olmayan havanın, sıcaklık derecesi ne olursa olsun hiçbir kurutma etkisi bulunmaz. Islak ve kuru termometre dereceleri arasındaki fark artıkça kurutma hızı artar [1]. Ancak başlangıçta kuruma hızı ile ters orantılı olan yaş termometre sıcaklık farkı sonradan önemini kaybeder ve kurumanın sonuna doğru kuruma hızına etkisi kalmaz. Kuruma havası sıcaklığının kuruma hızına etkisi, kuru nemliliğin ortalama %40-60 değerine düşmesine kadar hissedilmez [2]. Kurumanın ileri aşamalarında kuruma hızını sınırlayıcı faktör, iç tabakalardaki suyun yüzeye difüzyonudur. Sıcaklık derecesi artınca bu difüzyon olayı hızlanmakta ve kuruma hızı yükselmektedir [1].

Kuruma hızına etki eden bir diğer faktör, kurutucudaki hava hızıdır. Hava hızı arttıkça kuruma hızı da artmaktadır. Kurutulan maddenin yüzeyinde kuruma sırasında, daima durgun bir buhar filmi oluşur. Eğer bu filmin oluşması önlenir, daha doğrusu bu film, sürekli olarak uzaklaştırılırsa, suyun buharlaşmasında bir hızlanma belirir. Hareket halinde ya da yüksek hızlı hava, nemin kurumakta olan yüzeyden uzaklaşmasını ve ürün yüzeyindeki atmosferin doygun hale gelerek kurumayı yavaşlatmasını ortadan kaldırır [11].

İşte hava hızı, bu buhar filmini devamlı olarak sürüklemekte ve böylece kurutma hızını artırmaktadır. Ancak bu etki belli bir hava hızına ulaşana kadar sürmektedir. 5 m/s hızdan sonra hava hızı etkisini kaybeder. Ayrıca hava hızı kurutmanın başlangıç safhalarında çok etkiliyken kurumanın ileri aşamalarında kuruma hızı artık, alt

tabakalardaki suyun yüzeye taşınma hızı ile sınırlandığından, hava hızının yüksek olmasının bu konuda bir etkisi bulunmamaktadır [1].

2.4 Kurutmada Meydana Gelen Başlıca Değişmeler

2.4.1 Fiziksel Değişmeler

2.4.1.1 Yöresel Kuru Madde Birikimi

Meyve ve sebzelerin kurutulması sırasında çoğu geri dönüşsüz fiziksel ve kimyasal değişmeler belirmektedir. Bunlardan birisi olan yöresel kuru madde yığılması, doğrudan doğruya kuru madde hareketine bağlıdır. Nitekim kuruyan materyalin dış yüzeyindeki suyun uzaklaşmasına paralel olarak, iç tabakalardaki su yüzeye hareket eder. Eğer suyun hareketi kurumanın başlangıç aşamalarında olduğu gibi bir sıvı hareketi şeklinde ise su içerisinde erimiş maddelerde beraberinde taşınır. Böylece alt tabakalardaki kuru madde su ile yüzeye kadar taşınır ve su uzaklaşıp gidince, yüzeyde bir kuru madde yığılması görülür. Ancak bu yolla yüzeyde kuru madde konsantrasyonu artınca, iç kısımlarda düşmüş konsantrasyonu dengelemek amacıyla bu defa yüzeyden içeri doğru bir kuru madde akımı belirir. Bunların sonucu olarak yüzeyde veya merkezde aşırı bir kuru madde birikimi belirebilir.

Benzer bir olay da hücre sıvısının tümünden yüzeye ve hatta dışarı akmasıdır. Meyve ve sebzelerin kurutulmasında daha kurumanın başlangıcında dahi, yüzeyde kuru bir tabaka oluşur. Kuruyan materyal içten dışa doğru bir alttakine göre biraz daha kurumuş tabakalar halinde bulunur. Kurumuş tabakalar büzülerek iç kısımlara basınç yapar ve bu basınç iç tabakalardaki hücre sıvısının gözenek ve çatlaklardan dışarı doğru akmasına neden olur. Bu nedenle yüzey; yapışkan, cıvık bir sıvı ile kaplanır. Bu olgu özellikle, erik ve kayısı gibi yumuşak dokulu meyvelerin kurutulmasında kendini gösterir.

2.4.1.2 Kabuk Bağlama

Kurutma koşullarının hatalı seçilmesi sonucu oluşan bir olaydır. Kabuk bağlama, kurumanın ilk aşamasında yüksek sıcaklık uygulanmasından kaynaklanır. Böylece

yüzeyde hızla oluşan kuru tabaka büzüşme sonucu alt tabakalara baskı yapar. Ancak alt tabakalar henüz o kadar ıslaktır ki, üstten yapılan basınca direnç gösterir. Bu durumda kuruma sonucu büzüşme olanağı bulamayan üst tabaka gerilip sert bir kabuk haline dönüşür. Böylece oluşan sert kabuk, kurumanın ileri aşamalarında, alt tabakalar kuruyup buruşsa dahi bir daha göçmez ve fakat alt tabakalardan ayrılarak sert tabaka yapısını korur.

2.4.1.3 Kitle Yoğunluğundaki Değişmeler

Herhangi bir materyalin birim hacminin ağırlığına kitle yoğunluğu denir. Örneğin m^3 hacmi dolduran elemanın ağırlığı onun kitle yoğunluğudur. Kitle yoğunluğu, kurutulmuş ürünün bir kalite ölçüsüdür.

Eğer kurutulan herhangi bir materyalde hiçbir büzüşme, buruşma olmasa ve materyal kuruma sonunda da başlangıçtaki boyutlarını korusa, bu materyalin kurutma sonundaki kitle yoğunluğu sadece kaybedilen su kadar azalır. Fakat kurutulan maddelerde özellikle meyve ve sebzelerde daima bir buruşma, büzüşme ortaya çıkar.

Gıda maddeleri genelde elastik özellik gösteren materyallerdir. Kusursuz elastik bir maddeden su uzaklaşınca büzüşme miktarı ile kaybedilen su arasında doğrusal bir ilişki vardır. Ancak gıdalar her ne kadar elastik özellikteyse de kusursuz bir elastikiyet taşımadıklarından kurtulan gıdalarda büzüşme ile su kaybı arasında lineer bir ilişki görülmez.

Kurutma koşulları eğer; iç kısımlarına göre materyal yüzeyinin daha fazla ve daha hızlı kurumasına neden olmayacak kadar ılımlıysa, tüm kitle beraberce kurur ve muntazam bir buruşma belirterek materyal şeklini kaybeder ve hacmi son derece küçülür. Böyle bir ürünün kitle yoğunluğu çok yüksektir. Buna karşın önce yüzeyde aşırı bir kuruma olacak şekilde hızlı bir kurutma uygulanırsa, dış tabakalar sertleşir ve ürünün içi henüz ıslak kalır. Daha sonraki kuruma aşamalarında alt tabakalarda kurur. Bu şekilde kurumuş ürün dış görünüşüyle orijinaline benzer ve sanki hiç buruşma olmamış veya çok az olmuş izlenimi verir. Bunlarda kitle yoğunluğu çok düşüktür.

2.4.1.4 Kurutulmuş Ürünün Rehidrasyon Yeteneği

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

Rehidrasyon yeteneği sadece parça halinde kurutulan ürünlerde değil aynı zaman da sıvı halde kurutulup toz haline getirilen, meyve tozu, domates tozu ve süt tozu gibi ürünler içinde geçerlidir. Özellikle toz haldeki bu ürünlerin suda tümünden ve hızla eriyip dağılmaları istenir.

2.4.2 Kimyasal ve Diğer Değişmeler

Kurutma sırasında yukarıda değinilen fiziksel değişmelere paralel olarak çeşitli kimyasal değişmelerde belirir. Bu değişiklikler kendisini, kurutulmuş ürünün veya rehidre edilmiş ürünün renginde, lezzetinde, tekstüründe, viskozitesinde, beslenme değeri ve depolama stabilitesinde gösterir. Ayrıca, kurutma işleminde uygulanan ısının şiddeti, bu değişimlerin düzeyini etkileyen en önemli faktördür.

Ancak kurutulan her üründe daima ortaya çıkan en önemli olumsuzluk rengin esmerleşmesidir. Renk esmerleşmesi kurutmadan önce kurutma sırasında ve/veya depolama süresinde oluşur. Renk esmerleşmesi enzimatik veya enzimatik olmayan reaksiyonlar sonucu olabilir. Bununla birlikte kurutulmuş ürünlerde renk esmerleşmesi daha çok enzimatik olmayan yolla meydana gelmektedir. Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları, kurutma sırasında şiddetle ve depolamada ise koşullara göre belli bir hızla devam eden sürekli olaylardır. Diğer kimyasal reaksiyonlarda olduğu gibi, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları da sıcaklık derecesi artıkça ve reaksiyona giren maddelerin ortamdaki konsantrasyonu yükseldikçe hızlanmaktadır.

Renk esmerleşmesini önlemede en önemli olanak, ürünün kükürt dioksit gazıyla kükürtlenmesidir. SO₂ bir taraftan enzimleri inaktive ederken, diğer taraftan özellikle enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarını engellemektedir. Kükürt dioksit gazı

ayrıca daha önce oluşmuş esmer rengin açılıp düzeltilmesini de sağlamaktadır. Ancak SO₂ antosiyaninlerle reaksiyona girerek onların renginin kaybolmasına neden olduğundan pembe-mor renkli ürünlerde uygulanmazlar.

Kurutulan ürünlerde, gerek kurutma işlemlerinde gerekse depolamada besin değerinde bazı kayıplar kendini göstermektedir. Örneğin kurutmadan önce sebzelerin haşlanması sırasında suda eriyen birçok madde ve vitaminlerde azalmalar görülür. Gerek kurutma gerekse depolamada, askorbik asit ve karoten oksidasyonla önemli düzeyde kaybolmaktadır. Tiamin ısıya duyarlı bir madde olduğundan kurutmada önemli düzeyde azalmaktadır. Ayrıca kükürtlünen üründe tiamin hemen kaybolmaktadır.

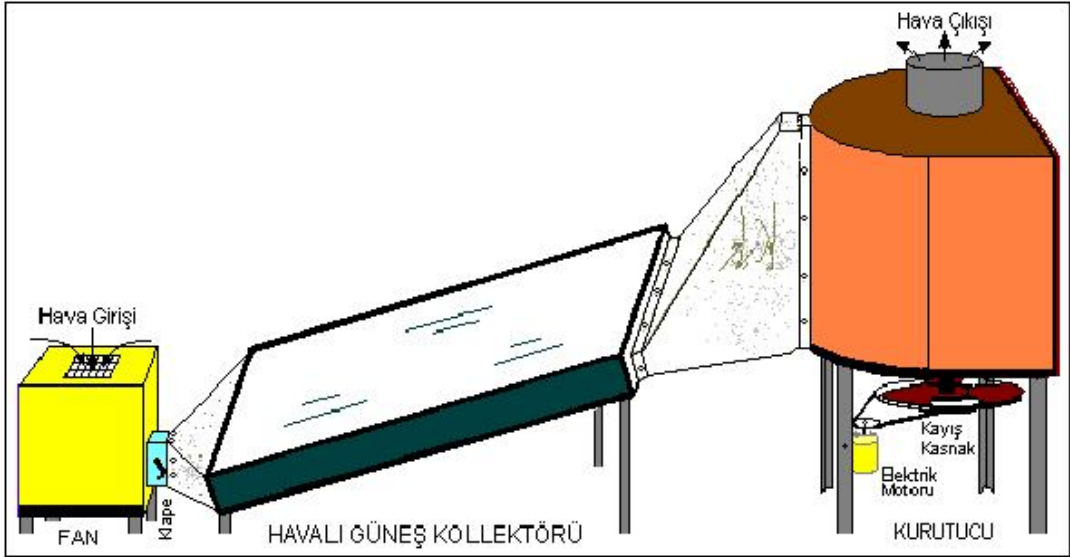
Kurutulan ürünlerin besin değeri kaybı, kurutma koşullarına ve uygulanan kurutma yöntemine bağlıdır. Güneşte kurutmada, karoten ve C vitamini kaybının diğer yöntemlere göre daha fazla olduğu saptanmıştır [1].

2.5 Kurutma Sistemleri

2.5.1 Güneşte Kurutma

Güneş enerjisinden yararlanılarak açık havada yapılan kurutma işlemidir. Tabii kurutma olarak da adlandırılır. Güneşte kurutmanın basitlik ve küçük sermaye yatırımı gibi avantajları vardır. Diğer taraftan; kuruma esnasında yağmur yağma veya bulutlu olma ihtimali, diğer kaynaklardan kirlenme olanağı gibi birçok teknik problemi vardır. Ayrıca geniş alanlara ve uzun kuruma sürelerine ihtiyaç vardır. Son ürün kir veya böcekler tarafından kontamine edilebilir ve/veya enzimler ve mikrobiyal aktiviteler devam edebilir. Sıcak güneş ve güçlü rüzgarlı kuru atmosfer iklimiyle sınırlanmış bir yöntemdir.

Şekil 2.3'te görülen güneş kolektörlü kurutma sistemi; güneş enerjisi ve çeşitli yakıtlardan yararlanarak yapılan kurutmadır. Güneşli mevsimlerde güneş enerjisinden, güneş enerjisinin yeterli olmadığı günlerde ise katı, sıvı veya gaz yakıtlardan sıcak hava elde edilmektedir. Bu kurutucular küçük kapasiteli olduklarından köy tipi kurutucular olarak da isimlendirilmektedir. Fazla yatırım gerektirmediği ve kaliteli ürün elde etme olanağı olduğu için özellikle güneşte kurutmanın yerine tavsiye edilmektedir [12].



Şekil 2. 3 Güneş kollektörlü kurutucu

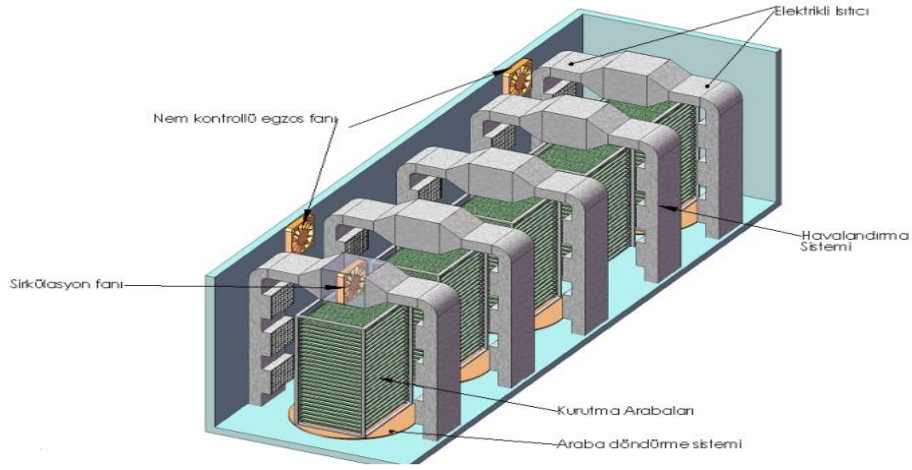
2.5.2 Kabin Kurutucular

Çok çeşitli kabin kurutucu tipleri varsa da hepsinin ilkesi aynıdır [1]. Kurutulacak katı, püre ya da sıvı haldeki ürün, durumuna göre ızgaralı, delikli tepsilere ya da düz tavalara ince bir tabaka oluşturacak şekilde serilir.



Şekil 2. 4 Kabin kurutucu

Tepsiler üst üste gelecek şekilde bir vagon halinde kabine verilir [11]. Şekil 2.4'te görülen kabin tipi kurutucularda tüm kurutma boyunca tavalar hareketsizdir [1]. Ancak yeni oda tipi kurutma sistemlerinde (Şekil 2.5) tavaların hareketi sağlanabilmektedir. Bu kurutucular genellikle bir oda şeklindedir ve duvarları uygun bir izolasyon materyali ile kaplıdır. Kabin kurutucuların en önemli özelliği, küçük boyutlu ve çok yönlü olmasıdır [6].



Şekil 2. 5 Oda tipi kurutucu

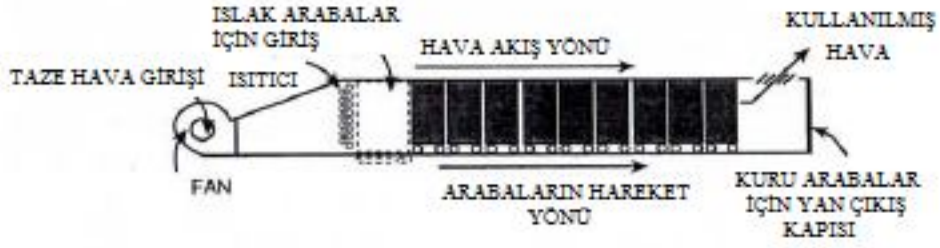
Kabin kurutucularda en önemli sorun tavalar üzerinde her yerde aynı kurutma hızının sağlanamamasıdır. Yine bu kurutucularda diğer bir sorun, sıcak havanın kurutma hücrelerine ilk girdiği tarafta bulunan ürünün daha hızlı kurumasıdır. Bunu önlemek için hava sirkülasyonu fanının zaman zaman pozisyonunun değiştirilmesi veya sisteme uygun çift fanın çalıştırılmasıdır [1].

2.5.3 Tünel Kurutucular

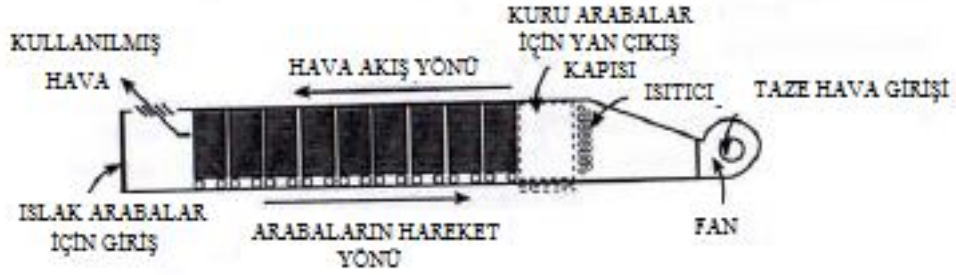
Tünel kurutucular, kabin kurutucuların daha gelişmiş bir şekli olarak düşünülebilirler [1]. Sürekli çalışan kurutuculardır. Kabin kurutuculardan farkları tavaların bir tünel boyunca raylarda hareket etmesidir. Kurutulacak hammaddenin miktarı fazla, genel özellikleri ve su miktarı homojen ise tünel kurutucuların kullanılması uygun olur.

Isıtma aracı olarak çoğunlukla hava kullanılır [6]. Sıcak havanın yönü ve tepsilerin yönü farklı olabilir. Ürün ve hava aynı yönde hareket ederse bunlara paralel akış tüneli (Şekil 2.6) denir. Hava burada önce nemli ürünle karşılaşır. Giderek soğuyup nemi artarken ileride daha kuru ürünle temas eder. Ürün ve havanın birbirlerine zıt yönde hareket ettiği tünellere ters akış tüneli (Şekil 2.7) denir. Sıcak hava burada önce kuru ürünle karşılaşır. Giderek soğuyup nemi artarken nemli ürünle temas eder [11].

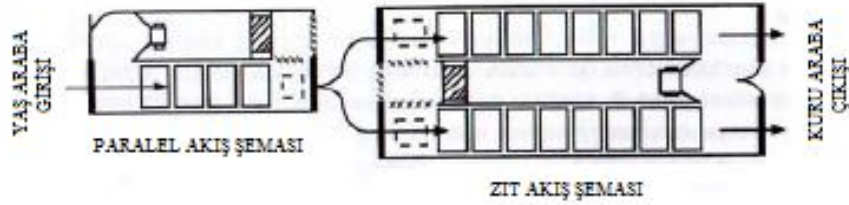
Diğer taraftan Şekil 2.8’de gösterilen bir bölmesi paralel akış, diğer bölmesi zıt akışlı olan iki kademeli veya çok kademeli tünellerde mevcuttur. Çift aşamalı tünellerin genellikle ilk aşaması paralel, ikinci aşaması ise zıt akım tüneli şeklindedir [1].



Şekil 2. 6 Paralel akışlı tünel kurutucu



Şekil 2. 7 Zıt akışlı tünel kurutucu



Şekil 2. 8 İki kademeli kurutma sistemi

Paralel akış tünellerinde başlangıçta kuruma hızı çok fazladır. Materyalin yüzeyi çok süratli kuruduğu için üründe çok az bir buruşma belirir. Ancak parçacıkların içinde boşluk ve çatlaklar oluşur. Kurutma tünelinin sonunda kurutucu hava nispeten soğuk ve fazla nemli olduğu için kurutmanın son aşaması çok yavaş gerçekleşir.

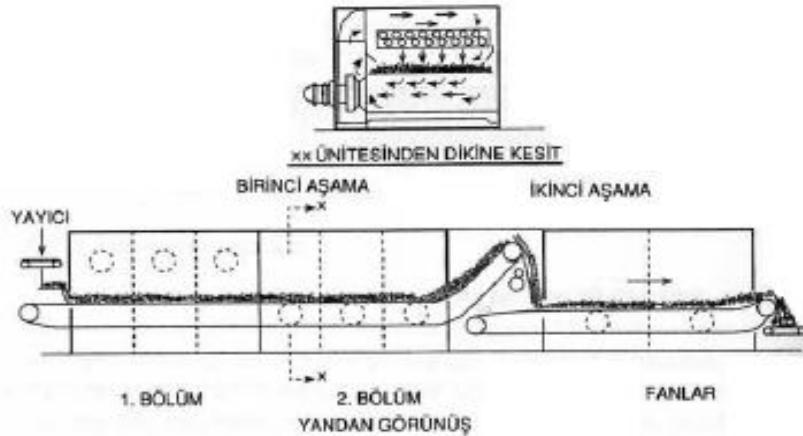
Zıt akış tünellerinde ise madde kurudukça daha uygun kurutma koşulları ile karşılaşır. Kurumanın ilk aşaması daha soğuk ve daha nemli hava ile gerçekleştiğinden ve kurutulan materyal içinde nem dağılımındaki farklılık fazla olmadığından, tam ve

engelsiz bir buruşma olur. Zıt akış tüneli, özellikle erik gibi yumuşak meyveler için çok uygundur. Aksi hâlde kurumanın ilk aşamasında ürünün öz suyu dışarı çıkar [12].

Sıcak hava ve ürünün hareket yönlerine göre bir başka tünel kurutucu tipi çapraz akış tünelidir. Hava, tünel boyunca yer yer ısıtılarak çapraz olarak tünele verilmektedir [11].

2.5.4 Konveyör Kurutucular

‘Sürekli bant kurutucular’ da denilen bu sistemin ilkesi, gerçekte tünel kurutuculardan önemli bir farklılık göstermez. Şekil 2.9’da görülen konveyör kurutucularda, tünel kurutucudaki tavaların yerini sürekli çalışan bir bant almıştır. Paslanmaz çelikten yapılmış elek şeklindeki bir bantla taşınan ürüne, alttan veya üstten sıcak hava verilmektedir. Konveyör kurutucular daha çok, bir sezon boyunca aynı ürünü büyük miktarlarda kurutmaya elverişli cihazlardır. Elma, havuç, soğan ve fasulye gibi doğranmış, kıyılmış, parça halindeki gıdaların kurutulmasında kullanılır.

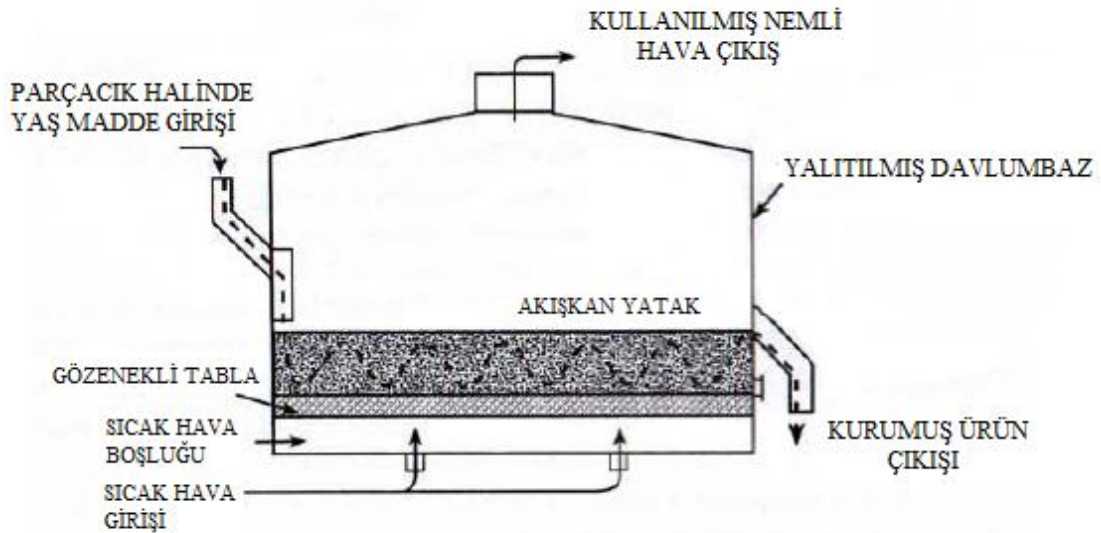


Şekil 2. 9 İki aşamalı konveyör kurutucu

Bu sistem iki aşamalı olarak tasarlanmıştır. Her iki aşamada sıcaklık ve nem içeriği bakımından farklı niteliklerde hava kullanılmaktadır. İlk bölmede yüksek sıcaklıkta, hızı fazla ve orta derecede nem içeren hava kullanılırken ikinci bölmede daha ılık fakat son derece kuru hava kullanılmaktadır.

2.5.5 Akışkan Yatak Kurutucu

Akışkanlaştırılmış yatakta (Şekil 2.10) tanecik yapısındaki maddeler arasından kurutma ortamı gaz akımı geçirilir. Gaz hızı çok dikkatli ayarlanmalıdır. Toz veya taneli yapıdaki kurutucular malzeme ile akışkanlaştırma gazı arasında temas çok iyi olduğundan, kurutma havası ve tanecikler arasında ısı transferi de etkin şekilde gerçekleşir. Bu mekanizma ile büyük sıcaklık farkları sakıncası olmaksızın malzemelerin kurutulması mümkündür. Otomatik yükleme ve boşaltmanın mümkün olduğu bu sistemin en önemli avantajı kurutma işleminin kısa sürede tamamlanmasıdır [13]. Akışkan yataklı kurutucular bezelye, taze fasulye, havuç, soğan, patates, et, kahve, kakao, tuz ve şekerin kurutulmasında kullanılır [6].



Şekil 2. 10 Akışkan yatak kurutucu

2.5.6 Sandık Kurutucular

Sandık kurutucular (Şekil 2.11) özellikle sebzelerde kurumanın son aşamasında kullanılan sistemlerdir. Sandıklar sabit veya hareketli olabilirler [1]. Bin tipi kurutucularda gıda maddesi tabanı delikli oda şeklindeki bölmelere yerleştirilir. Aşağıdan yukarıya doğru ve dikey olarak sıcak hava verilir. Sıcak hava delikli taban üzerindeki gıda maddesi yığını içerisinde geçerek kurutmayı sağlar ve sonra kurutma bölmesinin üst kısmından dışarı verilir. Bin tipi kurutucular elma, şerbetçi otu ve maltın

kurutulmasında kullanılır [6]. Bu kurutucular genel olarak %10-15 su oranında ana kurutucudan çıkan ürünün nemini %3-6'ya düşürmede kullanılmaktadır.

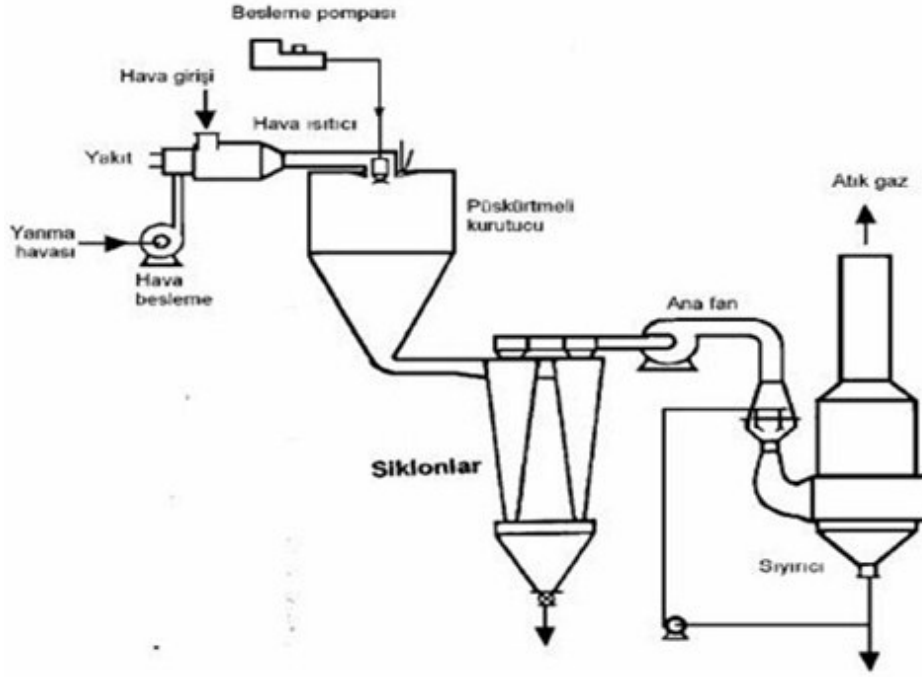


Şekil 2. 11 Sandık kurutucu

Ayrıca esas kurutma sisteminde tek düze bir şekilde kurumamış ve yer yer ıslak ve kuru noktalar içeren ürün, sandık kurutucuda nem bakımından tümünden dengelenmiş bir hale gelir [1].

2.5.7 Sprey Kurutucular

İlk defa süt kurutmaya uygulanmış olan bu yöntem, atomize edilebilir yapıdaki ürünlere, yani sıvı veya viskozitesi düşük ezme ve püre halindeki ürünlere uygulanabilmektedir [1]. Sprey kurutucularda (Şekil 2.12) sıvı halinde veya çok ince katı parçacıklar halindeki gıda maddesi zerrelere ısıtılmış hava içerisine püskürtülür. Kuruma çok kısa bir sürede tamamlanır. Bundan dolayı sprej kurutma ısı ile uzun süre temastan zarar görebilecek gıda maddeleri için çok uygundur.



Şekil 2. 12 Sprey kurutucu

Atomize edilmiş ürünle sıcak hava, kurutma ünitesine üstten veya alttan beraber veya ayrı ayrı girebilirler. Damlacıklar düz bir yol izlediği gibi spiral bir yol da izleyebilirler. Kurutma hücresi dik veya yatık olabilir. Tünel kurutucularda olduğu gibi paralel veya zıt akışlı sprey kurutucularda vardır [1].

Sprey kurutucular süt tozu, peynir altı suyu tozu, süt ve tereyağı ve peynirle yapılan bazı kuru çocuk mamalarının yapımında, öz çay, öz kahve, meyve ve sebze suları tozları, et özü ve maya özü yapımında kullanılır [6].

2.5.8 Silindir Kurutucular

Silindir kurutucularda kıvamlı yapıya sahip gıda maddesi iç kısımdan ısıtılan ve yavaş dönen metal bir silindirin bir kısım yüzeyi üzerine yayılır. Silindir belirli hızla döner ve dönüş süresinin çoğu kısmında gıda maddesi silindirin yüzeyinde kalır. Bu süre içerisinde kurutma tamamlanır ve kurumuş ürün kurutucunun özel kazıyıcısı ile kazınarak silindir üzerinden alınır. Bu tip kurutma kondüksiyon kurutması olarak gruplandırılabilir. Silindirlerin dönüş hızı ve sıcaklık derecesi ayarları hammaddenin tümüyle kuruyabilmesini sağlamak üzere yapılır.

Silindir kurutucuların silindirleri pürüzsüz yüzeye sahip olup dökme demirden yapılmıştır. Kalın sac kullanılarak yapılan silindirler de vardır. Silindirlerin içine su buharının giriş ve çıkışını sağlayan borular aynı zamanda silindiri de taşır. Çift silindirli kurutucularda silindirler birbirlerine ters yönde dönerler.

Az miktardaki hammaddenin kurutulmasında bir silindir yeterli olmaktadır. Bu silindirli kurutucularda özel bir besleme düzeni yoktur ve besleme işini uygun şekilde yerleştirilmiş ve silindirin kısmen içine daldığı tekneler gerçekleştirmektedir. Kurutulacak kıvamlı sıvı belirli bir hızda olmak üzere tekne içerisine verilir. Silindirin döndüğü yönün aksi yönde ve alt tarafa yakın bir yerde kazıyıcı parça bulunur. Silindir kurutucular süt tozu, hazır çorba, bazı çocuk mamaları ve patates tozu yapımında kullanılır [6].

2.5.9 Döner Kurutucu

Bu tür kurutucular iç kısımda pek çok sayıda raf benzeri savurucu kanatçıklar bulunan bir yatay silindirden oluşur. Bu silindir, merkezinden geçen bir eksene göre dönme hareketi yapmasına olanak veren tekerleklerden oluşan ve genellikle kurutucunun çıkış kısmı olan alt ucuna doğru hafif bir şekilde azalan bir eğime sahip bir yatağa yerleştirilmiştir.

Döner kurutucularda gıda maddesi silindir içerisine verilir. Gıda maddesi silindir içerisinde ilerlerken silindir boyunca verilen sıcak hava akımı ile veya ısıtılan silindir duvarlarından kondüksiyon yolu ile ısıtma işlemi yapılır. Bazı kurutucularda silindirin kendisi döner bazılarında ise silindir sabittir ve içerisinde dönen paletler veya bir sonsuz vida yardımıyla gıda maddesi silindir boyunca taşınır.

2.5.10 Vakum Kurutucular

Bu kurutucularda kuruma vakum altında, düşük derecelerde gerçekleşir. Gerek tesis gerekse işletme masrafları çok yüksek olduğundan, ısıya çok duyarlı ürünlerin kurutulmalarında veya nem içeriği herhangi bir zarara neden olmadan çok düşük düzeye düşürülmesi gereken ürünlerde uygulanmaktadır. Vakum kurutucularda hem sıvı hem de katı parçacıklar halindeki ürünler kurutulabilmektedir [1].

Vakum bölmeli kurutucular raflı kurutuculara benzer. Ancak bunlar vakum altında çalışır ve ısı iletimi kondüksiyon yoluyla veya radyasyon yoluyla olur. Vakum, bölmenin havasının boşaltılması ile sağlanır. Genelde 1-70 mm vakum yaratılır. Gıda maddesindeki suyun buharlaşmasıyla meydana gelen su buharı genellikle yoğunlaştırılır ve böylece sadece yoğunlaşmayan gazlar vakum pompasına gider. Vakum bölmeli kurutucular çok pahalıdır ve bu nedenle çok hassas gıda maddelerinin kurutulması için kullanılır. Meyve suyu konsantrelerinin kurutulmasında kullanılır [6].

2.5.11 Köpük Kurutucular

Sıvı ve püre halindeki gıdalar köpük haline getirilerek kolayca kurutulabilmektedir. Sıvı, köpük haline getirilmekle yüzeyi son derece arttığından su buharının uzaklaşması hızlanmaktadır. Bu yöntemle daha çok meyve tozları üretilmektedir. Köpük kurutmanın iki aşaması vardır. Birinci aşamada sıvı ürün stabil bir köpük haline getirilir ikinci aşamada ise bu köpük kurutulur.

Köpük halinde kurutulmuş ürünlerin renk ve aroma gibi nitelikleri, geleneksel yöntemlerle kurutulanlardan çok üstün olup, dondurarak kurutma veya vakum kurutma yöntemleriyle kurutulan ürünlere yakındır. Soğuk suda dahi hızla ve eksiksiz rehidre olurlar. Ancak higroskopik özellikte olduklarından uygun şekilde ambalajlanmalıdırlar [1].

2.5.12 Dondurarak Kurutma

Liyofilizasyon ismi ile de anılan dondurarak kurutma yöntemi, buraya kadar olan yöntemlerden tamamen farklı ilkelere dayanmaktadır. Nitekim bu yöntemle kurutulacak ürün önce dondurulmakta ve böylece gıdadaki su bulunduğu yerde buz halinde bağlanmakta, daha sonra buz uygun koşullar altında süblime edilerek su uzaklaştırılmış olunur [1].

Dondurarak kurutucularda, kurutulacak gıda maddesi yüksek vakum altındaki bir bölmede bulunan raflara yerleştirilir. Gıda maddesi kurutucuya yerleştirilmeden önce çoğunlukla donmuş durumdadır. Gıda maddesine kondüksiyon (ısı iletimi) yoluyla veya radyasyon yoluyla olur. Dondurarak kurutucularda yalnızca 0,1-2,0 mm arasında basınç

bulunur. Gıda maddesinden süblimasyonla oluşan buhar vakum pompası ile uzaklaştırılır ve yoğunlaştırılır. "Hızlandırılmış dondurarak kurutma" olarak bilinen işlemde ise gıda maddesine ısı kondüksiyon yolu ile verilir. Bu işlemde ısı iletimini ve oluşan su buharının uzaklaştırılmasını hızlandırmak için gıda maddesi ile ısıtılmış plakalar arasına ince metal levhalar yerleştirilir.

İyi bir ısı iletimi sağlayabilmek için gıda maddesi bu levhalarla ve ısıtılmış plakalarla mümkün olduğu kadar geniş bir yüzeyle temas edecek şekilde yerleştirilmelidir. Gıda maddesinden süblimasyonla meydana gelen buharların yoğunlaştırılması için soğutucu kullanılabilir. Dondurarak- kurutucular çok pahalıdır. Küçük taneli çilek, üzüksü meyveler gibi meyvelerin ve bazı sebzelerin kurutulmasında, öz kahve, öz çay yapımında ve karidesin kurutulmasında kullanılır [6].

Bu kurutma sistemlerinin dışında mikrodalga kurutma, infrared kurutma, ozmotik kurutma gibi yeni geliştirilen sistemler kendilerine gıda sanayinde uygulama alanı bulmaktadırlar.

BÖLÜM 3

NAR

Nar (*Punica granatum*), Punicaceae familyasının *Punica* cinsine ait olup, en önemli türü *Punica granatum* L.`dur. Genellikle tropik ve subtropik bölgelerde, 1000 m rakıma kadar her yerde yetiştirilebilmektedir. Şekil 3.1`de görülen nar bitkisi İran orijinli olup, İran, Hindistan, Amerika, Yakın ve Uzak doğu ülkelerinde yaygın olarak yetiştirilmektedir [14].



Şekil 3. 1 Nar ve nar taneleri genel görünümü

Narın ait olduğu familyanın diğer tek üyesi Yemen'e bağlı Socotra adasında bulunan *Punica protopunica* adlı endemik bir türdür. Nar çalı ya da ağaç formunda 5 metreye kadar büyüeyebilen yapraklarını döken bir bitkidir. Çiçekleri çift cinsiyetlidir. Yenilebilir çekirdekleri aril denen pulp ile çevrelenmiş olup taneleri zar içerisinde düzensiz bölümler halinde bütün meyveyi oluşturmaktadır [15].

Punica granatum ismi Orta Çağ'da "pomuni granatum" (çekirdekli elma) teriminden türemiştir. Kültür tarihi M.Ö. 3000 yıl öncesine kadar gitmektedir. Anavatanı bazı kaynaklara göre Güney ve Güney-Batı Asya, bazı kaynaklara göre ise İran, Afganistan, Anadolu ve Güney Kafkasya'dır [16].

İslam dininin kutsal kitabında "Narın cennet bahçesinin bir meyvesi olduğu" belirtilmektedir. Dünya üzerindeki pek çok kültürde nar yaşam ve insan arzuları ile iç içe geçmiştir. Nar figürü Yunan mitolojisinde evlilik kurumunun sağlamlığı, Pers mitolojisinde yenilmezlik, Hristiyanlıkta ve Bedevi kabilelerinde verimlilik ile özdeşleşmiştir. Musevi inancına göre nar meyvesi 613 adet nar tanesi içermekte, bu sayıda Eski Ahit'deki 613 emre karşılık gelmektedir. Budizm inancında nar kutsanmış 3 meyveden biri iken Çin seramik sanatı nar meyvesine bereket, bolluk, zürriyet, dürüstlük ve erdem kavramlarını atfeder. Tarih boyunca nar meyvesinin pek çok mimari eseri süslediği görülmüştür [15].

Narın kutsal kitaplarda, eski Mısır, Yunan ve Roma efsanelerinde adından söz edilmektedir. Değişik inançlara göre, danelerin bolluğu; bazen bir toplumu, bazen bereketi, kırmızı rengi ise, bazen kan ve vahşeti bazen ateşi temsil etmiştir [16].

Narın içerdiği bileşiklerin çeşitliliği dolayısıyla tarih boyunca parfüm üretiminden doğum kontrolüne kadar çok farklı alanlarda kullanılmıştır. Roma dönemi doğa araştırmacılarından Büyük Pliny'nin (Pliny the Elder) "Natural History" adlı eserinde nar kabuğunun parfüm yapımında kullanılan ingrediyelelerden biri olduğu belirtilmektedir [15].

Nar bir tropik ve subtropik iklim meyvesi olarak bilinmektedir. Meyveler 150-500 gr. ağırlığında 5-15 cm çapında ve küreseldir. Olgun meyvede kaliks, bir taç görünümü alır [16]. Kabuk 1-5 mm kalınlığında beyazımsı sarı, sarı yeşil veya kırmızı renklidir. Meyvenin yenen kısmı danelerden oluşur. Daneler zar şeklinde kabuk uzantılarıyla ayrılmış odacıklara yerleşmiştir. Sapa bağlanan kısımda bir göbek, sonra 2-5 adet alt odacık ve 5-8 adet üst odacık bulunur. Odacıkları ayıran zar kısımlarında kabuk daha ince, alt ve üstte daha kalın ve etli yapıdadır. Daneler bu etli kısma gömülü durumda bağlıdır. Daneler ince bir zar, pulp ve tohumdan oluşur. Renkleri beyaz-sarıdan, pembe, kırmızı ve koyu kırmızı mora kadar değişir. Tohumlar köşeli ve serttir. Bazı çeşitlerde

tohum kabuğu (testa) sert değildir ve nar daneleri yenilirken tohumlar ağızda fark edilmez. Bu tip narlara “çekirdeksiz” adı verilmektedir [15]. Meyve suyu rengi beyazdan pembe ve kan kırmızısına kadar değişmektedir [16].

Nar ağacı, yapraklarını döken bir ağaç olup üstün özellikli narların yetişmesi için en uygun iklim olan Akdeniz iklimiyle benzerlik gösteren yörelere yayılmıştır. Nar bir ılıman iklim bitkisi olup uygun olgunluğa erişebilmek için yüksek sıcaklık düzeylerine gereksinim duymaktadır. Olgunluk indisi çözünür kuru maddenin toplam asitliğe oranı olup bu indis narların tatlı, mayhoş ve ekşi olarak gruplandırılmasında kullanılmaktadır. Olgunluk indisi 31-98 olanlar tatlı, 17-24 olanlar mayhoş ve 5-7 olanlar ekşi türler olarak gruplanmıştır [15].

Narın yenebilen kısmı, yani taneleri, meyvenin %52'sini oluşturmakta ve tanelerin de %78'i meyve eti, %22 'si ise çekirdekten oluşmaktadır. Yaklaşık %40'lık kısım nar kabuğu ve çekirdeğinden oluşmaktadır. Nar tanelerinin 100 g'da; %79 su, %18 karbonhidrat, %1,1 protein ve %0,9 yağ olduğu ve 70 kcal/100 g enerji verdiği bilinmektedir [17].

Al-Maiman ve Ahmad [18] nar meyvesinin olgunluk durumuna göre bileşim değişimi üzerine yaptıkları bir çalışmada, meyve suyunda suda çözünür kuru maddenin 16,3 ile 16,9°briks, toplam şeker miktarının %13,7 ile %14,6, fruktoz miktarının %6,44 ile %6,58, glukoz miktarının %7,26 ve %7,72, toplam fenolik madde miktarının 1,90 mg/100 g ile 3,65 mg/100 g değerleri arasında değişim gösterdiğini saptamışlardır.

Genel olarak, nar için aşağıdaki pomolojik gruplandırmalar yapılmıştır.

- Tatlı Narlar (meyve suyu titrasyon asitliği %1'den az); meyveleri orta iriliktir. Daneler genellikle sarı-beyaz-pembe renkli, iri, küçük çekirdekli ve suludur. Sofralık olarak tüketilmektedir.
- Mayhoş Narlar (meyve suyu titrasyon asitliği %1-2 arasında); iri meyveli olmaları dışında, genel olarak tatlı ve ekşi narların belirtilen özelliklerini orta derecede göstermektedir
- Ekşi Narlar (meyve suyu titrasyon asitliği %2'den çok); küçük meyveli, meyve kabuğu kalın ve rengi sarı zemin üzerinde büyük oranda kırmızıdır. Daneler küçük, kırmızı renkte, meyve suyu randımanı düşüktür. Daneye göre çekirdekler iri ve çok

serttir. Sofralık olarak tercih edilmez, meyve suyu ve diğer ürünlere işlenmesi uygundur [16].

Sağlıklı bir yaşam için fenolik bileşiklerce zengin bitkisel ürünlerin tüketimine ağırlık verilmesi günümüzde adeta temel bir beslenme ilkesi haline dönüşmektedir. Fenolik bileşiklerin sağlık üzerine olumlu etkileri, gösterdikleri antioksidan aktiviteden kaynaklanmaktadır. Fenolik bileşiklerin antioksidan etkileri nedeniyle aralarında kalp ve damar hastalıkları ile kanser gibi hastalıkların da bulunduğu pek çok hastalığı önleyici etki gösterdiği ve yaşlanmayı geciktirme gibi olumlu etkiler yarattığı düşünülmektedir. İşte bu nedenlerden dolayı fenolik bileşiklerce çok zengin bir meyve olan nara ve bu değerli üründen elde edilen meyve sularına olan ilgi oldukça artmıştır. Nitekim ülkemizde nar yetiştiriciliğinin hızla yayılması da bunu doğrular niteliktedir [17].

Dünyada sağlıklı beslenme bilincinin gelişmesine paralel olarak fonksiyonel gıdalar ve bu gıdaların fonksiyonel bileşenleri üzerine yapılan çalışmaların sayısında önemli artışlar olmuştur. Narın da fonksiyonel gıdalar sınıfında yer alması, içerdiği antioksidantlar, polifenolik maddeler ve C vitamininden kaynaklanmaktadır. Çünkü bu bileşiklerin vücutta serbest radikal oluşumunu engelleyerek kanser ve kalp damar hastalıklarını önlediği, yüksek tansiyonlu hastalarda kan basıncını düşürdüğü, ayrıca kötü kolesterol üzerine de olumlu etki yaptığı bilinmektedir. Bu nedenle nar, tıbbi bitki olarak ilaç endüstrisi için de önemli bir hammadde durumundadır.

Nar ürünlerinden biri ve en önemlisi olan nar suyunun içermiş olduğu polifenolik madde ve antosiyaninlerden dolayı sağlık üzerinde olumlu etkisinin olduğu belirlenmiştir. Vücutta serbest radikal oluşumunu önleyerek kanser ve kalp damar hastalıklarını önlemede bu bileşiklerin rolü olduğu bildirilmektedir. Ayrıca yüksek tansiyonlu hastalarda kan basıncını düşürerek hastalığı önleyici yönde etki gösterdiği ve düşük yoğunluklu lipoprotein (low density lipoprotein, LDL) oksidasyonunu önlemede fonksiyonu olduğu da belirtmektedirler [14].

Nar suyu mayhoş ve ekşi narlardan elde edilir. Narlar seçme ve ayıklama işlemlerinden sonra bütün olarak veya yarıya veya dörde bölünerek paketli preslerde preslenir (%35-45 nar suyu verimi) [16]. Nar suyu veriminde %54'e kadar ulaşılsa da bu tip meyve

sularında burukluk problem oluşturmaktadır. Nar suyu düşük miktarda pektin içermekte olup filtrasyon işlemi ile bulanıklık giderilebilmektedir [15].

Poyrazoğlu vd. [19] besleyici değerinin yanında sağlık üzerinde de olumlu etkileri olan narda sitrik, malik, tartarik, okzalik, kuinik ve süksinik asitlerin bulunduğu ve baskın asit sitrik asit olduğunu bildirmişlerdir.

Nar suyu, narı oluşturan danelerin yalnız başına veya bütün meyvenin mekanik preslenmesi yolu ile elde edilmektedir [15]. Meyve suyu, ekşi, konsantre, şarap vb. ürünlerin üretiminden sonra posa olarak çıkan kısmın önemli bir bölümünü miktarca nar kabuğundan sonra nar çekirdeği oluşturmaktadır. Hicaznar ülkemizde üretim potansiyeli en yüksek olan ve mayhoş tada sahip çeşitler içerisinde yer alan bir nar çeşididir [14]. Gölükçü vd. [20] bu çeşidin ortalama %7 çekirdek içerdiğini tespit etmişlerdir.

Nar meyvesinin çekirdekleri çeşitlere bağlı olarak kilogram meyve ağırlığı başına 40 ila 100 gram arasında değişmektedir [15].

Nar çekirdeklerinin ortalama %20,8 yağ içerdiği belirlenmiştir. Endüstride yeni yağ kaynaklarına karşı ilginin arttığı günümüzde, bu oran pamuk çiğitindeki yağ oranı ile hemen hemen aynı olduğundan değerlendirilebilir bulunmaktadır [16]. Çekirdekler kuru madde üzerinden %6,63-19,3 lipid içermektedir. Lipidlerin yanı sıra çekirdekte lignin, selüloz ve polisakkaritler de bulunmaktadır [15]. Nar çekirdeği yağındaki punikik, linoleik, oleik, palmitik, stearik ve araşidik asit oranlarının sırasıyla %31,8 – 86,6, %0,7-24,4, %0,4-17,4, %3,7-16,7, %0,3-9,9 ve %0-3,9 değerleri arasında değişim göstermektedir [14].

Nar çekirdeklerinin içerdikleri yağın özellikleri sebebi ile kozmetik ve ilaç sanayinde kullanılmak üzere bazı ülkeler tarafından ithal edilmek istendiği ve son yıllarda Türkiye’den kurutulmuş, temizlenmiş nar çekirdeği ihraç edildiği belirtilmektedir [16].

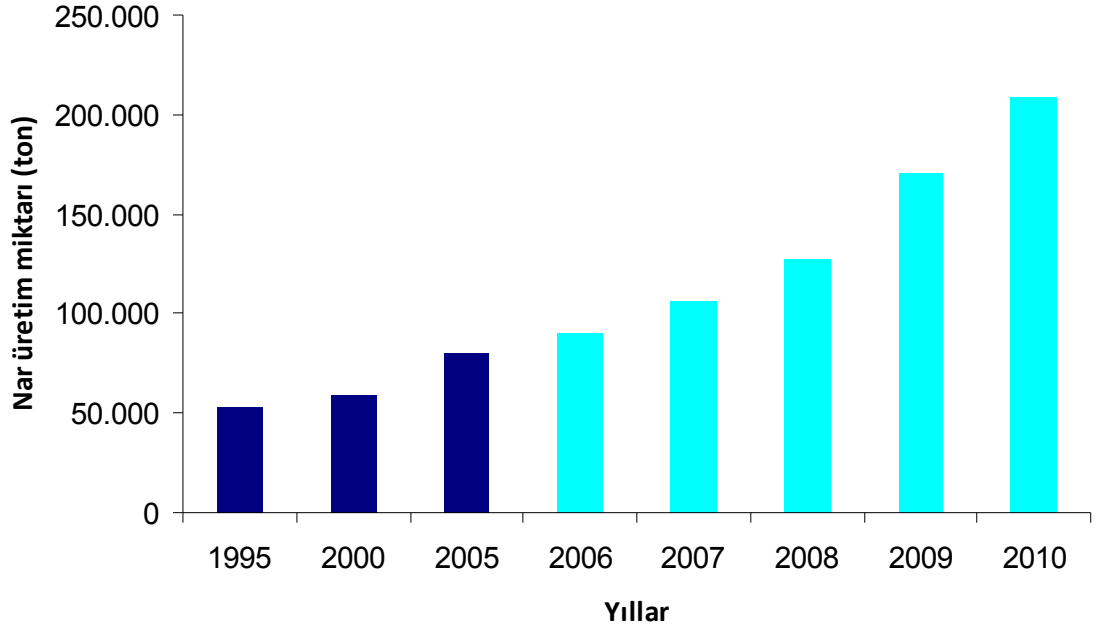
Dünya çapında 500’den fazla nar çeşidi olduğu bilinmektedir ancak bunların yaklaşık 50 kadarı yetiştirilmektedir [15]. Nar ile ilgili uluslararası düzeyde istatistiksel veriler henüz mevcut değildir. Nar üretimi yapılan ülkelerdeki araştırmacıların verdiği bilgilerden yararlanarak elde edilen veriler Çizelge 3.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 3. 1 Dünya’da yıllık nar üretim ve ihracat miktarları (2008)

Ülkeler	Üretim (ton/yıl)	İhracat (ton/yıl)
Hindistan	1.140.000	35.000
İran	705.000	60.000
Türkiye	127.000	12.000
ABD	110.000	17.000
Irak	80.000	-
Azerbaycan	65.000	-
Mısır	43.000	-
İspanya	40.000	15.000

Dünyada toplam nar üretiminin yaklaşık yarısı olan 1.140.000 ton ile Hindistan’da gerçekleşmekte, bu ülkeyi 705.000 ton ile İran, 127.760 ton ile Türkiye ve 110.000 ton ile ABD izlemektedir. Üretimdeki bu fazlalığa karşın, adı geçen ülkelerde ihracat miktarı oldukça düşüktür (Çizelge 3.1). Ülkemiz dünyada en fazla nar üreten ülkeler arasındadır. Ülkemiz ekolojik koşullarının uygunluğu ve arazi miktarının çokluğu ve dış- iç talepler üretimimizi hızlı bir şekilde artırmaktadır [21].

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi ülkemizde nar üretiminde son yıllarda ciddi bir artış gözlenmiş ve 1995 yılında 2.304.000 ağaçtan 53.000 ton nar üretilmiştir. 2010 yılında toplam ağaç sayısı 12.110.150 ve meyve veren ağaç sayısı 6.431.358 iken meyve vermeyen yaşta ağaç sayısı 5.678.792 olarak belirlenmiştir. 2010 yılı verilerine göre de 208.502 ton nar üretimi yapılmıştır. Ağaç başına ortalama verim ise 30 kg olarak hesaplanmıştır. Akdeniz bölgesinde 124.750 ton, Ege’de 53.488 ton, Güneydoğu Anadolu’da 22.814 ton üretim gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. 2 Türkiye’de yıllara göre nar üretimi

Ülkemizde 2010 yılı üretim miktarları incelendiğinde; Antalya 79.112 ton üretim ile diğer illerden açık ara önde görülmektedir. Bu ilimizi Muğla 26.051 ton, Mersin 17.440 ton, Adana 14.636 ton, Denizli 13.667 ton, Hatay 9.351 ton gibi üretim miktarlarıyla takip etmektedirler [22].

Ülkemizde meyve suyu sektörü bazında nar tüketimine baktığımız zaman, meyve suyuna işlenen nar miktarı 2006 yılında 46,6 bin ton olurken, 2010 yılında bu rakam 78,7 bin ton olmuştur [23].

Dünyada sağlıklı beslenme bilincinin gelişmesine paralel olarak fonksiyonel gıdalar ve bu gıdaların fonksiyonel bileşenleri üzerine yapılan çalışmaların sayısında önemli artışlar olmuştur. Narın da fonksiyonel gıdalar sınıfında yer alması, içerdiği antioksidantlar, polifenolik maddeler ve C vitamininden kaynaklanmaktadır. Çünkü bu bileşiklerin vücutta serbest radikal oluşumunu engelleyerek kanser ve kalp damar hastalıklarını önlediği, yüksek tansiyonlu hastalarda kan basıncını düşürdüğü, ayrıca kötü kolesterol üzerine de olumlu etki yaptığı bilinmektedir. Bu nedenle nar, tıbbi bitki olarak ilaç endüstrisi için de önemli bir hammadde durumundadır. Bu ürünlerden biri ve en önemlisi olan nar suyunun içermiş olduğu polifenolik madde ve antosiyaninlerden dolayı sağlık üzerinde olumlu etkisinin olduğu belirlenmiştir. Vücutta

serbest radikal oluşumunu önleyerek kanser ve kalp damar hastalıklarını önlemede bu bileşiklerin rolü olduğu bildirilmektedir [14].

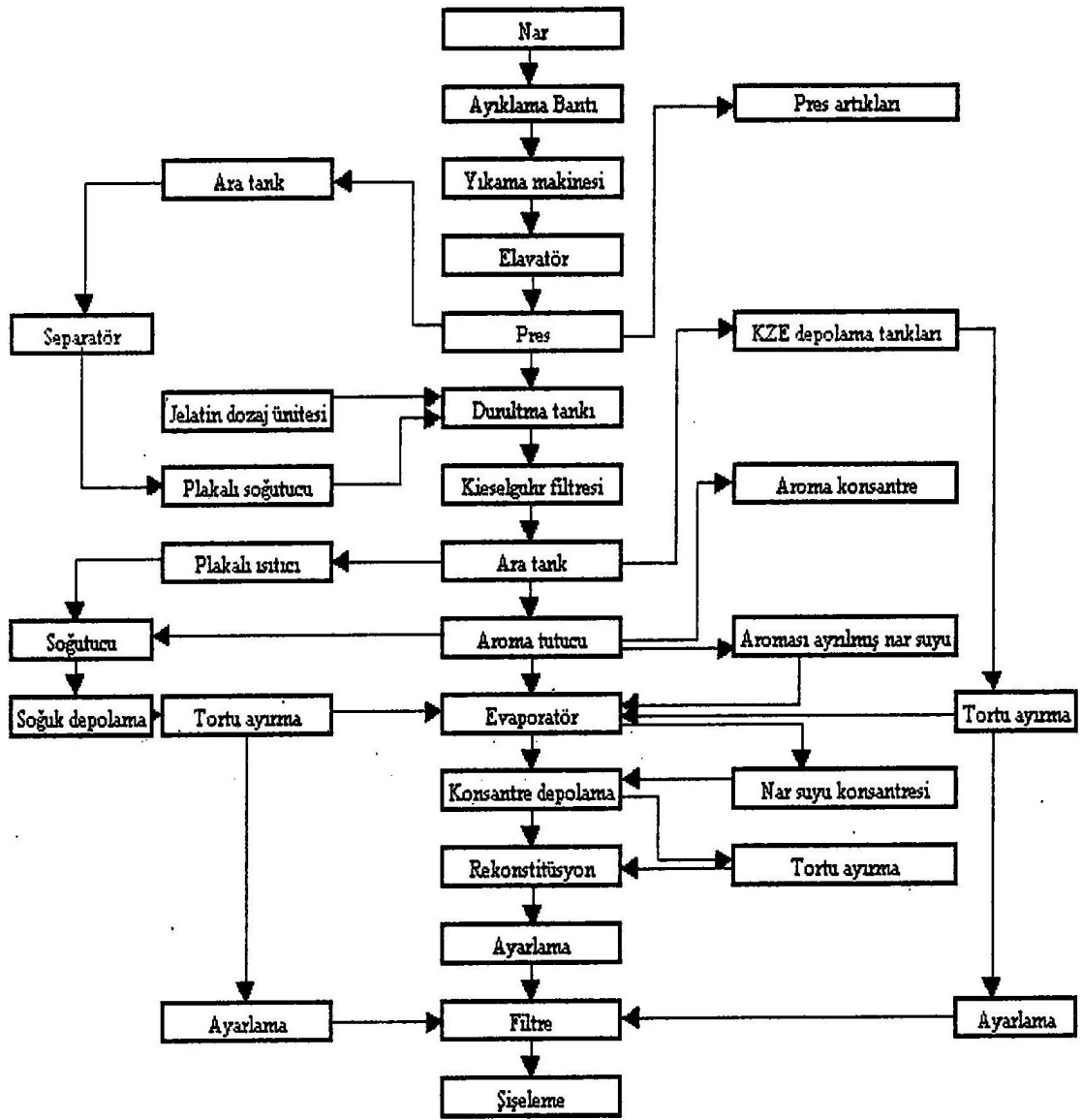
3.1 Nar Kullanım Alanları ve Bileşimleri

Bileşimi üzerine birçok çalışma yapılmış olan narın kullanım alanları çok geniştir. Genellikle taze olarak tüketiminin güçlüğü, narın gıda endüstrisinde değişik ürünlere işlenmesi ihtiyacını doğurmuştur. Bu amaçla nar özellikle nar suyu, konsantre ve ekşiye işlenmektedir. Ayrıca nar şarabı, nar likörü, nar sodası, dane konservesi, nar pekmezi, Hindistan'da çerez olarak kullanılmak üzere yabani nar danelerinin kurutulmasıyla elde edilen anardana, yemeklerde kullanılmak üzere ekşi nar danelerinin kurutulmasıyla elde edilen ekşilik, Fransızların nar suyundan yaptıkları bir içki olan grenadine, Torosların güney eteklerindeki bazı köylerde nar suyunun yumuşak buğday ile kaynatılarak küçük parçalar halinde kurutulan ve çerez olarak tükettikleri topalak gibi birçok ürüne işlenmektedir. Nar daneleri doğrudan yenilebildiği gibi pasta ve tatlılarda, meyve salatalarında da kullanılabilir. Bazı ülkelerde nar suyu, alkollü içkilerde ve kokteyllerde ferahlatıcı bir katkı maddesi olarak da kullanılmaktadır [14].

3.1.1 Nar Suyu

Narın gıda endüstrisinde yaygın bir değerlendirme şekli nar suyu üretimidir. Gürcistan, Azarbaycan ve Orta Asya'da nar suyu, meyve suyu olarak veya diğer meyve sularıyla karıştırılarak değişik tatlar geliştirmek için, ayrıca sirke ve sitrik asit elde edilmesinde de kullanılmaktadır [16].

Şekil 3.3'te görülen işlemlerden sonra elde edilen nar suyu, narı oluşturan danelerin yalnız başına veya bütün meyvenin mekanik preslenmesi yolu ile elde edilmektedir. Ülkemizde ekşi nar türlerinden elde edilen nar suyu konsantre edilerek nar pekmezi veya nar ekşisi adıyla bilinen ürün elde edilmekte ve bu ürün salata ve yemek sosu olarak kullanılmaktadır. Nar ekşisi kaynatma yolu ile yapılmakta herhangi bir şeker ilavesi yapılmamaktadır. Nar meyvesi temizleme, parçalama, ekstraksiyon, filtrasyon, durultma ve evaporasyon işlemlerinden geçirilerek nar ekşisi elde edilmektedir [15].



Şekil 3. 3 Nar suyu üretim akış şeması

Narın bütününden elde edilen nar suyunun antioksidan kapasitesinin danelerin preslenmesi ile elde edilen nar suyundan 20 kat daha yüksek olduğu, benzer şekilde toplam fenolik madde miktarının da 6,5 kat fazla olduğu belirlenmiştir. Bütün nardan hidrolik presleme ile elde edilen nar suyunun antioksidan aktivitesinin %92'lik kısmının büyük oranda nar kabuğundan gelen suda çözünebilen ve hidroliz olabilen tanenlerden kaynaklandığı belirlenmiştir [15].

Nar suyu veriminde %54'e kadar ulaşılsa da bu tip meyve sularında burukluk problem oluşturmaktadır. Nar suyu düşük miktarda pektin içermekte olup filtrasyon işlemi ile bulanıklık giderilebilmektedir. Ancak depolama esnasındaki bulanıklık oluşumunu giderebilmek için durultma işlemi gereklidir. Durultma ile meyve suyunun tadında

önemli bir gelişme sağlanmaktadır. Durultma işlemi uygulanmayan nar suyunda yüksek tanen içeriği nedeniyle acılık problemi görülmektedir [15].

Narların kimyasal kompozisyonu; yetiştirme bölgesine, iklime, olgunluğa, kültürel uygulamalara ve depolamaya bağlı olarak değişmektedir. Narın bileşimine yönelik yapılan en kapsamlı çalışma Cemeroğlu vd. [24] tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmada, değişik yörelerden temin edilen 120 farklı nar örneğinden, kabukları ile preslenerek elde edilen nar sularında bazı bileşim öğeleri belirlenmiştir.

Bu çalışmada (Çizelge 3.2) narın bileşim öğelerinin çok geniş aralıklarda değiştiği saptanmıştır. Örneğin bazı örneklerde titrasyon asitliği değeri 2,0 g/L gibi düşük bir değer iken, bazı örneklerde bu değer 55,2 g/L'ye kadar ulaştığı saptanmıştır [17].

Çizelge 3.2 Nar sularının bazı bileşim öğeleri ve özellikleri

Bileşen veya Özellik	Ortalama	Maksimum	Minimum
pH	3,53	4,41	2,40
Titrasyon asitliği (g/L)	8,58	55,2	2,0
Sitrik asit (g/L)	5,47	32,8	0,28
Malik asit (g/L)	0,87	2,83	0,0
Briks	16,3	18,7	13,2
İndirgen Şeker (g/L)	153,2	194,2	110,4
Glukoz (g/L)	64,8	82,7	47,1
Fruktoz (g/L)	71,5	97,8	51,7

3.1.2 Nar Çekirdeği

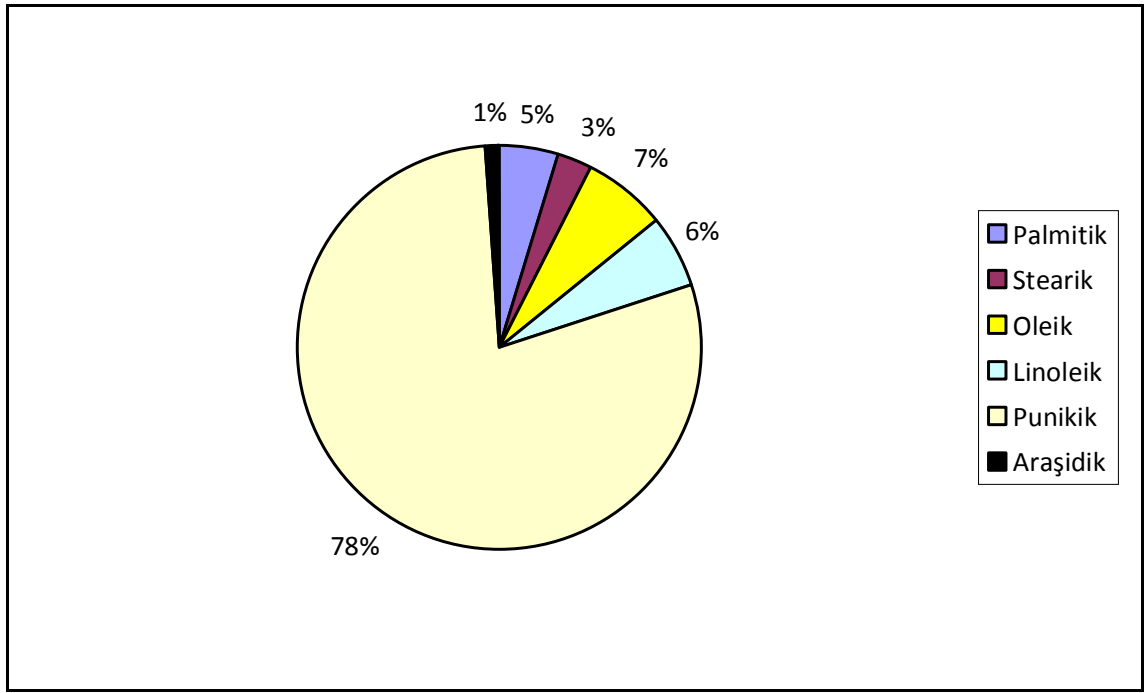
Nar meyvesinin çekirdekleri çeşitlere bağlı olarak kilogram meyve ağırlığı başına 40 ila 100 gram arasında değişmektedir [15]. Hicaznar ülkemizde üretim potansiyeli en yüksek olan ve mayhoş tada sahip çeşitler içerisinde yer alan bir nar çeşididir.

Araştırmada kullanılan bu çeşidin ortalama %7 çekirdek içerdiği tespit edilmiştir. Hernández vd. [25] inceledikleri çeşitlerde bu oranı 30-45 g/kg olarak tespit etmişlerdir. Bu da nar çekirdeğinin değerlendirilmesinin diğer ülkelere oranla daha ekonomik olduğunu göstermektedir. Hicaznar çeşidindeki bu oran literatürde belirtilen miktardan yaklaşık iki kat daha yüksektir [14]. Göllükçü vd. [20] yaptıkları çalışmada nar çekirdeği bileşen analizini Çizelge 3.3'te tanımlamışlardır.

Çizelge 3. 3 Nar çekirdeğinin kimyasal bileşimi

Bileşen	Ortalama
Kuru Madde (%)	50,93
Yağ (g/ 100 g)	21,25
Protein (g/ 100 g)	37,10
Kül (g/ 100 g)	2,44
Fenolik Madde (mg/ 100 g)	7,20

Nar çekirdeği yağı ulaştığımız literatür bilgilerine göre bitkisel yemeklik yağ üretiminde kullanılmamaktadır. Ancak, nar çekirdeği yağının kozmetik ve ilaç sanayinde kullanılmak üzere bazı ülkeler tarafından ithal edilmek istendiği ve son yıllarda ülkemizden kurutulmuş nar çekirdeği ihraç edildiği belirtilmektedir. Özellikle de nar çekirdeği ve çekirdek yağının sağlık amaçlı kullanılabilirliği üzerine bazı çalışmalar yapılmıştır. Nar çekirdeği yağının sağlık açısından olumlu etkileri üzerine birçok araştırma yapılmıştır [14]. Göllükçü vd. [20] yaptıkları çalışmada Ülkemizde en çok yetişen nar türü olan Hicaznar'ın yağ asidi bileşen analizini gerçekleştirmişler ve sonuçlar Şekil 3.4'te görüldüğü açıklanmıştır.



Şekil 3. 4 Nar çekirdeği (hıcaz nar) yağ bileşimi

Özellikle yapılan çalışmalar punikik asit üzerine yoğunlaşmıştır. Nar çekirdeği yağının prostat ve cilt kanserini önlemede, karaciğerde lipid seviyesini düşürmede etkili olduğunu bildirmektedirler [20]. Literatürde yapılan çalışmalardan çıkan sonuç her nar çeşidi için çekirdek miktar ve bileşen oranlarının oldukça geniş bir skalada dağılım gösterdiğiidir.

3.1.3 Nar Kabuğu

Nar kabuğu yüksek oranda içerdiği fenolik bileşikler (özellikle tanenler) dolayısıyla Ortadoğu’da antik çağlardan beri boyar madde olarak özellikle kumaş boyama işleminde kullanılmaktadır. Roma dönemi doğa araştırmacılarından Büyük Pliny’nin (Pliny the Elder) “Natural History” adlı eserinde nar kabuğunun parfüm yapımında kullanılan ingrediyenlerden biri olduğu belirtilmektedir.

Narın kabuk rengi çeşide göre sarıdan pembeye ve parlak kırmızıya kadar değişik renkler almaktadır. Fadavi vd. [26] İran’da yetişen 5’i tatlı, 2’si mayhoş ve 3’ü ekşi olmak üzere 10 farklı nar türünün bileşimi incelemiş ve meyvenin kabuk oranının tatlı türlerde %33,4-46,2 (ortalama 40,3), mayhoş türlerde %33,7- 38,4 (ortalama 36,1) ve ekşi türlerde %34,3-39,4 (ortalama 37,0) olduğu belirlemişlerdir.

Narın kabuk oranı türlere göre değişiklik arz etmekteyse de yaklaşık meyvenin %40'lık kısmını kabuk oluşturmaktadır. Fenolik bileşikler açısından oldukça zengin olan nar kabuğu meyve suyu sektörünün çok değerli bir artık ürünü olup fonksiyonel bileşenler açısından büyük potansiyel arz etmektedir.

Aralarında guava, kivi, mandalina, limon portakal gibi 28 çeşit meyvenin kabuk kısımlarının antioksidan aktivitelerinin Demir İyon İndirgeyici Antioksidan Güç (FRAP) yöntemi ile kıyaslanması sonucu nar kabuğunun antioksidan kapasitesinin ise diğer 27 meyve türüne oranla daha yüksek olduğu, bu 27 meyve arasında kabuk kısımlarının antioksidan aktivitesi en yüksek olan alıçtan yaklaşık 3 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca nar kabuğu narın pulp ve çekirdek kısmından 114 kat daha yüksek antioksidan kapasiteye sahiptir [15]. Tağı [27] araştırmasında nar kabuğunun, iç zarı ve çekirdeğine oranla fenolik bileşikler açısından daha zengin olduğunu göstermektedir. Yine aynı çalışmada narın kabuğuyla birlikte sıkılarak suyunun eldesinde her 1,2 bar basınç artışı için nar suyundaki toplam fenolik madde miktarının %15 artığını tespit etmiştir.

Nar kabuğu %28-30 oranında fenolik bileşen olan tanen içermektedir [28]. Nar kabuğundan elde edilen tanenlerin genital herpes virüsüne karşı antiviral etki gösterdiği, nar kabuğu ekstraktlarının virüsidal etkisi, antifungal ve antiviral etki gösteren preparatların hazırlanmasında kullanıldığı belirlenmiştir. Nar kabuğundan alınan sulu ekstraktlar gebeliği önleyici, zührevi hastalıkları önleyici ve tedavi edici ajan olarak kullanılmaktadır. Kadın ve erkek cinsel organlarının enfeksiyonunun giderilmesinde, meme iltihabı, akne, deri iltihabı, orta kulak iltihabı, diyare, dizanteri ve bazı ağız hastalıklarının tedavi edilmesinde kullanılan ilaçların bileşiminde nar kabuğu ekstraktlarına yer verilmektedir [15].

3.1.4 Nar Tanesi Konservesi

Özellikle nar yetiştiriciliği yapılan ülkelerde, sofralık nar ve nar suyu tüketiminin büyük boyutlara ulaştığı bilinmektedir. Ancak yetiştirilen ve dışalımçı ülkelerde nar tane konservesi tüketim alışkanlığı henüz yerleşmemiştir. Son yıllarda nar tanesi, diğer meyvelerde olduğu gibi konserveye işlenerek de değerlendirilebilmektedir. Doğrudan

konserve şeklinde tüketiminin yanında, şeker içeriği yüksek tutularak pastacılık sektöründe de kullanımının uygun olacağı belirtilmektedir [16].

BÖLÜM 4

ELMA

Elma, Latincesi *malus domestica* olan, gülgillerden bir bitkidir. Ilık ve serin iklimi seven elma, -35°C gibi soğuklara da dayanıklı bir meyvedir. Elmanın anavatanı Anadolu'yu da içine alan Güney Kafkaslardır [229]. Daha tarihten önceki çağlarda Avrupa ve Asya'da yetiştirilen hurma, incir, zeytin, nar, keçiboynuzu, üzüm, ceviz, kestane, ayva, antep fıstığı, armut, erik ve çeşitli üzümgiller yanında elma da yer almaktaydı.

Anadolu, elmanın anavatan bölgesi içerisine girdiğinden ve Türkler değişik meyve tür ve çeşitlerinin seleksiyonu ve yayılmalarında önemli bir rol oynamış bulunduklarından, elma kültürünün de, Etiler zamanında büyük bir gelişmeye ulaştığı düşünülebilir. Gerçekten, Avrupa'ya zengin kültür elma çeşitlerinin dağılışı, ilk kez Yunanlılar ve Romalılar'ın Anadolu'ya yayılmaları ve sonra da Haçlı savaşları sırasında olmuştur. Chandler, elmanın Yunanistan'da muhtemelen milâttan önce 600 yıllarında yetiştirilmekte olduğunu yazmakta, Smock ise yine milâttan önce 100 yıllarında elma çeşit listelerinin hazırlandığını bildirmektedir. Bu şekilde, elma kültürü, Anadolu'dan Yunanistan ve İtalya yolu ile bütün Avrupa'ya yayılmış ve buradan da ilk göçmenler eliyle Kuzey Amerika'ya götürülmüştür [30].

Genel olarak, elmalar %85 su, %11 karbonhidrat, %2 diyet lif, %0,6 yağ, %0,5 organik asit ve %0,3 proteinden oluşur. Malik asit en fazla bulunan asittir, ayrıca fenolik asitler (kafeik ve klorojenik gibi) ve vitaminlerde vardır [31].

Elma ağacı (Şekil 4.1) 5-12 m'ye kadar uzanan yaprak döken tacı geniş küçük bir ağaçtır. Yapraklar karşılıklı dizilişli, basit oval biçiminde, ucu sivri ve kenarları dişli, alt yüzü hafif tüylüdür. 5-12 cm uzunluğunda 3-6 cm genişliğindeki yaprakların sapı 2-5 cm kadardır.

Çiçekler yapraklarla birlikte açar. Beyaz olan çiçekler genellikle ilk açtığında açık pembedir. 2,5-3,5 cm çapında 5 taç yapraklıdır. Meyve sonbaharda olgunlaşır, genellikle 5-8 cm çapındadır [32].



Şekil 4. 1 Elma ağacı genel görünümü

Elmayı uzun süre saklamak için, donma noktasının biraz üstündeki sıcaklıklarda depolamak gerekir. Şeker bakımından zengin bir meyve olan elma, ayrıca A ve C vitaminleri içerir. En çok meyve olarak tüketilen elmadan sirke, şarap, meyve suyu, reçel, konserve ve komposto da yapılır. Pasta ve yemeklerde de kullanılır [33].

Ekolojik şartların uygunluğu ve gen merkezi olması nedeniyle, elma yurdumuzun hemen her yerinde çok eski yıllardan beri yetiştirilmektedir. Fakat en uygun kültür merkezleri yabanisinin yayılma alanlarına paralel olarak Kuzey Anadolu'da bulunmaktadır. Kuzey Anadolu, Karadeniz kıyı bölgesi ile İç Anadolu ve Doğu Anadolu yaylaları arasındaki geçit bölgeleri ve son yıllarda güneyde Göller bölgesi elmanın önemli yetiştiricilik alanlarını oluşturmaktadır. Dünya'da elma çeşitlerinin sayısı 6500'ü aşmaktadır. Türkiye'de ise bu sayı 460'ı bulmaktadır. Bunlar arasında kalite ve verim yönünden yüksek ve ticari anlamda yetiştiriciliği yapılanların sayısı çok azdır. En verimli elma çeşitleri Starking, Golden, Starkrimson, Granny Smith, Starkspur, Beacon,

Jonathan, Black Stoyman Improved ve Amasya elmasıdır. Ülkemizde ticari olarak üretilen elma çeşitleri ise Starking, Golden, Starkrimson ve Amasya elmasıdır [29].

Elma sağlığa yarayan bir meyvedir. Beslenmedeki önemi özellikle içindeki tuzlardan ve vitaminlerden ileri gelir. Elmada bulunan organik asitler potasyum, kalsiyum, magnezyum ve sodyum gibi maddelerle birleşerek bir takım tuzları meydana getirir. İşte bu tuzların organik kısımları (organik asitler) kanda enerji temin etmek üzere okside oldukları zaman geride baz teşkil eden elemanlar kalır ve böylece elma kandaki asit-baz dengesi üzerinde olumlu bir etki yapar.

Elma vitamince zengin meyvelerdendir. Vitaminlerden A ve C vitaminleri elmada oldukça fazla miktarlarda bulunur. Kırmızı renkli elmaların kabuklarında bulunan vitamin A meyve etine göre ortalama 5 kat daha fazladır [30].

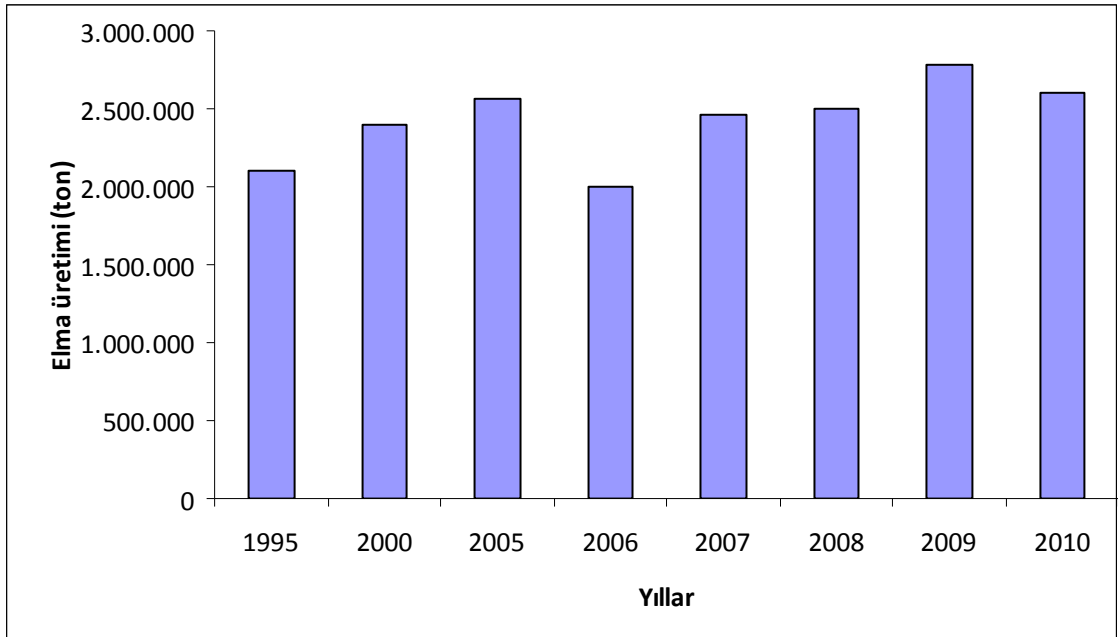
Meyve ve sebzelerde yaygın olarak bulunan fitokimyasalların önemli bir sınıfı flavanoidlerdir. Elma, flavanoidlerin çok önemli bir kaynağı olmakla beraber diğer çeşitli fitokimyasalları da içerir. Elmalarda fenolik bileşen konsantrasyonu yüksektir ama daha da önemlisi serbest haldeki fenolikleri çok fazla içermesidir. Elmadaki fenolikler diğer bileşenlere bağlı değildirler bu yüzden kan dolaşımında emilim için daha elverişli olabilirler. Beslenme diyetinde meyve ve sebzeleri fazla miktarlarda tüketen kişilerde, kronik hastalık (kardiovasküler rahatsızlık ve kanser gibi) riskinin azaldığını gösteren güçlü deliller vardır. Flavanoid, karatonoid ve fenolik asitleri fazlaca içeren meyve ve sebzeler kronik hastalıkların riskini indirgemedi anahtar rol oynamaktadır.

Elmadaki fitokimyasalların konsantrasyonu birçok faktörlere bağlıdır. Bunlar elmanın çeşidi, hasat zamanı, depolaması ve islenmesi olabilir. Ayrıca elma kabuğu ve elma eti arasında fitokimyasal konsantrasyonu açısından önemli ölçüde fark vardır. Elma kabuklarında en yaygın bulunan fitokimyasallar prosiyanidinler, katesin, epikatesin, klorojenik asit, floridzin ve kuersetin türevleridir. Elma etinde ise kateşin, prosiyanidin, epikateşin ve floridzin vardır ama bunların konsantrasyonu kabuğa oranla daha düşüktür. Özellikle kuersetin türevleri elma kabuklarında ete göre, klorojenik asit ise elma etinde kabuğa oranla yoğun bulunmaktadır.

Araştırmalar kabuksuz elmanın kabuklu elmadan daha az antioksidan aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir. Elma kabukları, elma etine kıyasla antioksidanların büyük çoğunluğunu içerdiği için gıda ürünlerinin değerini artıran bir ürün olma potansiyeli vardır. Günümüzde yapılan çalışmalarda elma kabuklarının (çeşide bağlı olarak) elma eti ile karşılaştırıldığında 2-6 kat daha fazla fenolik bileşen ve 3 kat daha fazla flavanoid içerdiğini göstermiştir [31].

Dünya elma üretimi 2010 yılında 69,5 milyon tondur. Dünya elma üreticileri arasında Türkiye 2010 yılı rakamlarına göre; 2,6 milyon ton elma miktarı ile 3. sırada bulunmaktadır. İlk sırada olan Çin diğer ülkelere nazaran oldukça yüksek bir rakam olan 33,3 milyon ton üretim yapmaktadır. 2. ve 4. sırada ise 4,2 milyon ton ile ABD ve 2,2 milyon ton ile İtalya bulunmaktadır. Bu ülkeler dışında Fransa, İran, Hindistan, Brezilya ve Polonya diğer önemli miktarlarda elma üretimi yapan ülkelerdir [34].

Ülkemizde Tük verilerine göre elma beş ayrı çeşide bölünerek istatistikleri tutulmaktadır. Bu çeşitler Amasya, Golden, Granny Smith, Starking ve Diğer olmak üzere ayrılmışlardır. 2010 yılında bu çeşitlerden 1.224.431 ton rakamıyla Starking elma üretimi en fazla yapılan çeşittir. Bu çeşidi, 765.550 ton ile Golden, 295.032 ton ile Diğer ve 240.787 ton ile Amasya elması çeşitleri takip etmektedir [22].



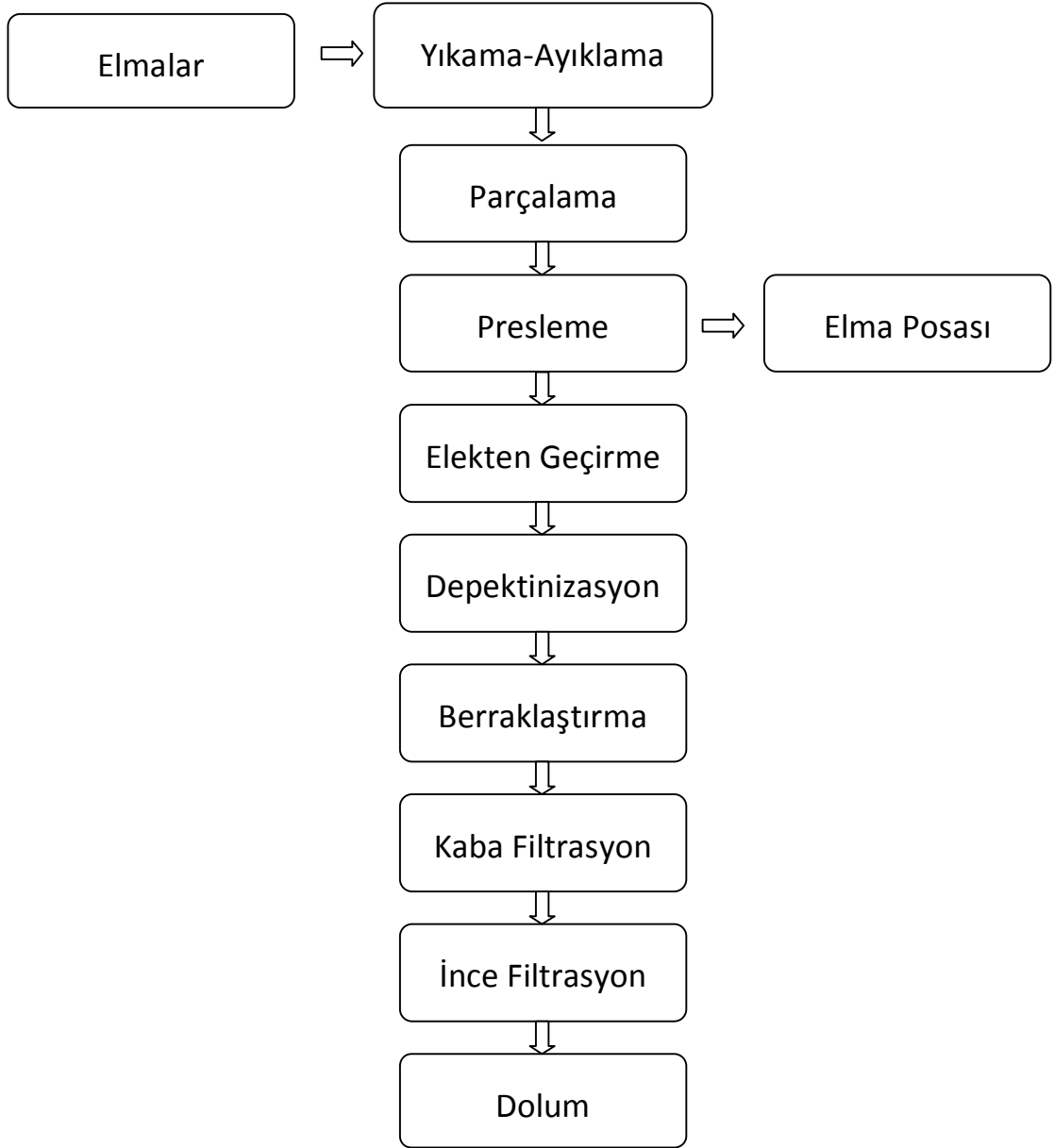
Şekil 4. 2 Türkiye’de yıllara göre elma üretim miktarları [34]

Bölgesel bazda baktığımızda Akdeniz bölgesi 2010 yılı rakamlarına göre 959.395 ton elma üretimi ile ilk sıradadır. Bu bölgemizi 480.462 ton ile Orta Anadolu, 357.291 ton ile Ege, 263.815 ton ile Batı Anadolu takip etmektedir [22].

Ülkemiz meyve suyu sektörü göz önüne alındığında 2010 yılı rakamlarına göre toplam 824.800 ton meyve, meyve suyuna işlenmiştir. Meyve suyuna işlenen ürünler arasında ilk sırada 376.100 ton miktar ile elma bulunmaktadır [23].

4.1 Elma Posası

Elma posası, çoğunlukla elmanın meyve suyuna işlenmesi esnasında biriken büyük bir atık üründür [31]. 100 gr ağırlığında bir elmadan yaklaşık olarak 14-15 g posa çıkmaktadır [29]. Buradan yola çıkılırsa Meyed [23] 2010 yılı rakamlarına göre sadece meyve suyu sektöründe kullanılan 376 bin ton elmadan yaklaşık olarak 55 bin ton posa atığı oluşmaktadır. Elma suyu üretimi akış şeması Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Yan ürün olarak oluşan elma posası, meyve suyu sanayi atıklarının %25-35'ini oluşturmaktadır [31].



Şekil 4. 3 Elma suyu üretim akış şeması

DAHA ÖNCE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu bölümde nar, elma ve diğer meyve ve sebze posalarıyla ilgili daha önce yapılmış çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.

5.1 Nar Posası ile İlgili Çalışmalar

Eikani vd. [35] Süper ısıtılmış hekzan ekstraksiyonu (SHHE), soxhlet ekstraksiyon ve soğuk pres metodu ile elde edilen nar çekirdeği yağları ile karşılaştırma yapmışlardır. Çalışmada ekstraksiyon için, sıcaklık (80, 100, 120°C), ana parça boyutu (0,25, 0,50 ve 1,0 mm) ve n-hekzan akış hızı (0,5, 1,0 ve 2,0 mL/dk) üç farklı ana parametre olarak seçilmiş ve çekirdek yağındaki yağ asidi profilleri GC-FID de belirlenmiştir. Optimum koşullar; 80°C 0,25 mm ve 1,0 mL/dk olarak tespit edilmiştir. SHHE en yüksek ekstraksiyon verimini 2 saat süre ve %22,18 ağırlık olarak göstermiştir. Soxhlet ekstraksiyonu 24 saat ve %17,94 verim, soğuk presleme yöntemi ise 72 saat süre ve %4,39 verim olarak bulmuşlardır. Yağ asidi profilleri SHHE ve soğuk pres yöntemiyle elde edilenlerde oldukça benzer olduğu görülmüştür.

Martinez vd. [36] İspanya'nın güneyinde yüksek değişkenlik gösteren beş yeni nar çeşidi değerlendirmişlerdir. Çekirdeklerin yenilebilen kısmının morfolojik ve organoleptik kısımlarının karakterleri araştırılmıştır. Meyve suyunun toplam çözülebilir katı içeriği, pH, asitliği ve olgunluk içeriği gibi bazı özellikleri tayin edilmiştir. Çekirdeğin hem yenebilir hem de odunsu kısmının morfolojik karakteri hesaplanmıştır. Ayrıca bütün çeşitlerin verimlilik ve organoleptik karakterleri dikkate alınmıştır. ME14 ve ME15 çeşitleri en yüksek verimi göstermiştir.

Kingsly vd. [37] kurutulmuş nar çekirdeklerinin neme bağlı fiziksel özellikleri nem içeriği %6-18,13 arasında belirlemişlerdir. Nem içeriği %6'dan %18,13'e çıktığında boyut ve kütle 3,5 mm'den 4,4 mm'ye ve 28,98 g'dan 32,58 g'a yükselmiştir. Hacim yoğunluğu, gerçek yoğunluk ve duruş açısı artmıştır. Duruş açısı 26,46'dan 32,13'e aynı nem içeriği artışıyla yükselmiştir. Nar çekirdeğinin sertliği ve katılığı nem içeriğinin artmasıyla azaldığını belirtmişlerdir.

He vd. [38] nar çekirdeği kalıntılarından (NÇK) fenolik içerik ekstrakte edilmiştir. NÇK'dan ilk olarak ekstraktan fitokimyasal ve antioksidan kapasitesi araştırılmıştır. Toplam fenolik ve proantosiyanidin içeriği ekstraktın 2427,90 ve 505,63 mg kateşin eşdeğer/100 g kuru ağırlıkta analiz edilmiştir. NÇK ekstraktında antioksidan kapasitesinde 17 içerik keşfedilmiş ve HPLC cihazında tanımlanmıştır. NÇK'daki ana fenolik maddeler; flavanol-3-ols, fenolik asitler, flavanoid glikozitler ve hidrolize tanen'dir. Sonuçlar NÇK'nın bir miktar antioksidan içeriğe sahip olduğunu ve HPLC-ABTS+ ölçüm metodunun hızlı hassas ve etkili olduğunu göstermiştir.

Doymaz [39], nar kabuğunun kurutma kinetiğini 2,0 m/s sabit hava hızı ile 50, 60 ve 70°C sıcaklık değerlerinde kabin kurutucuda çalışmıştır. Deneysel sonuçları on adet matematiksel modele uygulanmış ve Midilli matematiksel modelinin en iyi sonuçlar verdiğini bulmuştur. Nar kabuğu efektif difüzyon katsayısı değeri sıcaklık değerlerine göre sırasıyla $4,02-5,31 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ ve aktivasyon enerjisi 12,72 kJ/mol olarak tespit etmiştir.

Gölükçü vd. [20] Ülkemizde en çok üretimi yapılan nar çeşidi olan hicaznar çekirdek özelliklerini ve çekirdeğin yağ asidi bileşimini incelemişlerdir. Araştırmada kullandıkları hicaznar %7 çekirdek içeriğine sahiptir ve bu oran literatürde bulunan sonuçlardan oldukça yüksektir. Elde ettikleri sonuçlara göre; nar çekirdeği %50.93 kuru madde, 21,25 g/100 g yağ, 37,1 g/100 g protein, 2,44 g/100 g kül ve 7,20 mg/100 g fenolik madde tespit etmişlerdir. Nar çekirdeği içinde fosfor, kalsiyum, magnezyum, potasyum, sodyum, demir, çinko, bakır ve mangan gibi birçok mineral maddeyi oldukça yüksek oranlarda tespit etmişlerdir. Yine çalışmalarında yer verdikleri nar çekirdeği yağ asidi bileşimi sonuçlarına göre, %78,83 ile punikik asit en yüksek miktarda bulunan yağ asididir. Bunun dışında Palmitik, stearik, oleik, linoleik ve araşidik asitlerde mevcuttur.

Li vd. [40] nar kabuğundan metanol, aseton, etanol ve su karışımı ile alınan ekstraktın antioksidan kapasitesinin diğer çözücülerle tek tek alınanlara oranla daha yüksek olduğu belirlemişlerdir. Bu durum ise antioksidan özellikli bileşiklerin farklı çözücülerde farklı çözünme özelliğine atfedilmiştir. 4 çözücü karışımı ile alınan bu ekstraktın veriminin nar kabuğunda % 31,5±3,1 ve pulpunda %14,5±1,7 olduğu belirlenmiştir.

Sharma vd. [41] nar çekirdeklerini laboratuvar ölçekli mekanik kurutucuda 55, 60 ve 65°C sıcaklıklarında kurutmuşlar ve sonuçları altı matematiksel modele uygulamışlardır. Bu modellerden Thompson matematiksel modelinin bu kurutma için en iyi model olduğu anlaşılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre etkin difüzyon katsayısının $3,18 \times 10^{-10}$ – $4,36 \times 10^{-10}$ m²/s arasında değiştiğini ve aktivasyon enerjisinin 29,07 kJ/mol olduğunu göstermiştir.

Singh vd. [42] kurutulmuş nar kabuğu ve çekirdeğinden manyetik karıştırıcı kullanılarak metanol, etil asetat ve su ile ekstraktlar alınmış ve bu ekstraktların verimleri karşılaştırılmıştır. Nar kabuğundan alınan ekstraktlarda verimin metanol için %9,38 sulu ekstrakt için %7,53 ve etil asetatlı ekstrakt için %1,04 olduğu belirlenmiştir. Ekstraktlardaki toplam fenolik madde içeriğinin metanolde %44 ile en yüksek olduğu bunu %18 ile etil asetatın ve %3 ile suyun takip ettiği rapor edilmiştir.

Gölükçü vd. [14] yaptıkları geniş kapsamlı bir çalışmada, Türkiye’de ticari boyutta yetiştirilen Fellahyemez, Katırbaşı, Ekşilik, Hicaznar, İzmir-1264, İzmir-1499, İzmir-1513, Erdemli Aşınar, İzmir-23, İzmir-26, Ernar, Lefan, Silifke Aşısı, Ekşi Gökmar ve Mayhoş IV nar çeşitlerinin hasat olgunluğunda alınan meyvelerinin çekirdek verimleri, çekirdeklerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile mineral madde içerikleri ve yağın yağ asitleri bileşimleri belirlemişlerdir. Araştırma kapsamında incelenen nar çeşitlerinin çekirdek oranları %8,11 ile %15,11, çeşitlere ait çekirdeklerin önemli fiziksel özelliklerinden birisi olan bin dane ağırlığı da 19,36 g ile 36,81 g arasında değişim göstermiştir. Örneklerin çeşitlere göre yağ, protein, kül ve toplam fenolik madde içerikleri ise sırasıyla kuru madde üzerinden %13,95-24,13, %12,35- 21,28, %1,50-3,96, 1535-3701 mg/kg değerleri arasında dağılım göstermiştir.

Çekirdek yağının kırılma indisi değerleri de 1,509-1,519 aralığında değişim göstermiştir. Nar çekirdeği örneklerinde potasyum, fosfor, kalsiyum, magnezyum ve sodyum makro

elementleri ile demir, çinko, bakır ve mangan mikro elementleri analiz edilmiştir. Örnekler kuru madde bazında çeşitlere göre; %0,308-1,399 potasyum, %0,252-0,650 fosfor, %0,143-0,281 kalsiyum, %0,107-0,276 magnezyum, 602-1390 mg/kg sodyum, 26,69-81,12 mg/kg demir, 15,23-40,26 mg/kg çinko, 24,03-38,53 mg/kg bakır ve 6,18-13,12 mg/kg değerleri arasında değişen oranlarda da mangan içermektedir. Araştırma kapsamında örneklerin yağ asitleri bileşimi gaz kromatografisi cihazı ile analiz edilmiştir.

Örneklerde palmitik, stearik, araşidik ve behenik olmak üzere dört adet doymuş ve oleik, linoleik, α -eleostrearik, β -eleostrearik, katalpik, punikik ve gadoleik asit olmak üzere yedi adet doymamış yağ asidinin varlığı tespit edilmiştir. Örneklerin nar çekirdeği yağındaki miktarları, doymuş yağ asitlerinden palmitik, stearik, arasidik ve behenik asit içerikleri sırasıyla %2,10-2,77, %1,35-2,01, %0,33-0,48, %0,115-0,220 oranları arasında dağılım göstermiştir. Örneklerde tespit edilen doymamış yağ asitlerinden oleik, linoleik, α -eleostrearik, β -eleostrearik, katalpik, punikik ve gadoleik asit içerikleri de sırasıyla %3,20-5,28, %3,44-5,27, %5,94-6,85, %0,73-1,35, %3,06-4,40, %70,42-76,17 ve %0,42-0,75 arasında değişmiştir.

Araştırma sonuçları çekirdek verim yüzdesi ve toplam fenolik içeriği en yüksek çeşidin Silifke Aşısı, proteince en zengin çeşidin İzmir-26, yağ, kül ve mineral maddelerce en zengin çeşidin Fellahyemez, toplam doymamış yağ asidi içeriği en yüksek çeşidin Mayhoş IV, en düşük ise çeşidin ise İzmir-1499 olduğunu göstermiştir.

Al-Zoreky [43] nar kabuğundan su, su-metanol ve dietil eter çözücülerini ile ekstraktlar elde etmiş ve bunların antimikrobiyal aktivitelerini incelemiştir. Bu çözücüler içinde nar kabuğundan %80 metanolik çözücü ile elde ettiği ekstraktın patojenler için yüksek bir inhibitör özellik gösterdiğini bulmuştur. Çalışmada %80 metanolik çözücü için minimum inhibitör konsantrasyonu değerlerine bakıldığında Salmonella enteritidis patojeni için 4 mg/mL olarak en yüksek çözücü miktarı kullanılmıştır.

Negi vd. [44] nar kabuklarını kurutarak toz haline getirmiş ve bir Soxhlet ekstraktöründe 4 saat boyunca ayrı ayrı etil asetat, aseton, metanol ve su ile ekstrakte etmişler ve kurutulan ekstraktların antioksidan kapasiteleri ve antimutajenik kapasitelerini incelemişlerdir. Antioksidan kapasiteleri her çözücü için 25, 50, 75 ve 100

$\mu\text{g/mL}$ konsantasyonlarında ekstrakt çözeltileri hazırlanarak bulunmuştur. Sonuçlar incelendiğinde, 50 $\mu\text{g/mL}$ için aseton, 75 $\mu\text{g/mL}$ için etil asetat ve 100 $\mu\text{g/mL}$ için metanol ekstraktı en yüksek değerde olduğu görülmüştür. 2500 $\mu\text{g/plate}$ değerinde bütün ekstraktlar güçlü bir antimutajenik etki gösterdiğini saptamışlardır.

Çam ve Hışıl [45] basınçlı su ekstraksiyonu ile nar kabuğundan polifenollerini ekstrakte etmişlerdir. Elde ettikleri bulgulara göre basınçlı su ekstraksiyonu, konvensiyonel metanol ekstraksiyonu kadar polifenollerin eldesinde etkili bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında parça boyutu, sıcaklık ve bekleme zamanı gibi faktörlerin ekstraksiyonu nasıl etkilediğini de incelemişlerdir. Sonuçlara göre, parça boyutu küçüldükçe, sıcaklık arttıkça ve bekleme zamanı arttıkça toplam fenolik içerik azalmaktadır. Ancak bekleme zamanı parametresinde, diğer iki parametre gibi dramatik bir azalma gözlenmemiştir. Yine bu çalışmada ekstraksiyon metodlarına göre elde edilen toplam fenolik madde miktarı sıralanmıştır. Buna göre sırasıyla en çok toplam polifenol elde edilen yöntem basınçlı su ekstraksiyonudur. Bu yöntemle en yakın sonuçlar metanol ekstraksiyonu olarak tespit edilmiştir. Bu yöntemleri sırasıyla aseton, etanol, su ve etil asetat ekstraksiyonları izlemiştir.

Jing vd. [46] Çin’de yetişen dört adet nar çeşidi çekirdeklerinin antioksidan özellikleri ve fitokimyasal içeriklerini araştırmışlardır. Ayrıca nar çekirdekleri yağı ekstrakte edilerek yağ asidi bileşimi ve tokoferol ve karoten içerikleri analiz edilmiştir. Fenolik içeriği, flavonoidler ve proantosiyantinler, yağ çıkarılmış çekirdeklerin %50 aseton ve %80 metanol çözeltileriyle ekstrakte edilmesiyle tespit edememişlerdir. Sonuçlara göre nar çekirdeği yağında 73,5-78,8 g/100 g yağ içeriğiyle en çok punikik asit vardır.

Saad vd. [47] Mekki, Chelfi, Gabsi ve Jbeli isimli Tunus’ta yetişen dört adet nar türü kabuklarının tanen içerik ekstraktlarını incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre; Jbeli isimli nar türünün kabuğu 504,8 mg tannik asit/g kuru madde ile en yüksek hidrolize tanen ve 3,1 mg siyanidin/g kuru madde ile en yüksek kondense tanen içeriğini göstermiştir. Nar kabuklarındaki fenolik içeriği %18,1, 16,4, 14,7, 13,4 değerleri ile sırasıyla Jbeli, Gabsi, Chelfi ve Mekki nar olarak tespit etmişlerdir.

Liu vd. [48] süperkritik ekstraksiyonu yönteminin nar çekirdeğindeki yağın kimyasal bileşimine ve serbest radikal süpürücü aktivitesine olan etkisini araştırmışlardır.

Sonuçlar CO₂'li süperkritik ekstraksiyonda basınç parametresinin diğer parametrelere göre baskın olduğunu göstermiştir. Nar çekirdeği yağında %60 dolaylarında punikik asit ve 300 mg/100 g yağ ile alfa-tokoferol saptamışlar ve bu değerlerin basınç ve sıcaklık değişkenlerinden az etkilendiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca süperkritik ekstraksiyonun DPPH ve ABTS arasında güçlü bir serbest radikal süpürücü etki gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Iqbal vd. [49] nar kabuğu ekstratını ayçiçeği yağı stabilizasyonunda kullanmışlardır. Bunun için öncelikle nar kabuğunu farklı çözücülerde ekstrakte ederek en iyi çözücüyü bulmaya çalışmışlar ve sonuç olarak %29,6 verim ve %92,7 antioksidan aktivite ile en iyi ekstraktın metanolik ekstrakt olduğunu tespit etmişlerdir. Diğer çözücülerin verimi %13,96-21,14 aralığında değişim göstermiştir. Sonuçlar nar kabuğundan elde edilen ekstraktın ayçiçeği yağı stabilizesinde oldukça etkili olduğunu göstermiştir.

5.2 Elma Posası ile İlgili Çalışmalar

Wang vd. [50] ince bir tabaka haline getirilmiş elma posasının sıcak hava ile laboratuvar ölçekli kurutucuda farklı sıcaklıklarda ve sabit hava hızında gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen sonuçlar 10 farklı matematiksel modele uygulanmıştır. Bu modeller arasından Logaritmik modelin nem transferi açısından en iyi tahminleri sunduğu görülmüştür.

Wang vd. [7] ince tabaka haline getirilmiş elma posasının mikrodalga kurutulmasında kurutmadan önce bir ön kurutma işlemi olarak hava ile kurutma gerçekleştirerek ön işlemsiz kurutmayla karşılaştırmışlardır. Ayrıca bu işlemler sonucunda elde edilen veriler 10 adet matematiksel modele uygulanmıştır. Bu modeller arasından Page modelinin en iyi sonuçları verdiği görülmüştür. Bunlardan başka deneylerin sonucunda ön kurutmalı mikrodalga kurutma işleminin %25 daha az enerji harcadığı ve efektif difüzivite değerinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

Lavelli ve Corti [51] çalışmalarında elma püresini 40°C'de vakum ve 60°C'de sıcak hava ile kurutmuşlardır. Ayrıca su aktivitesi 0,11–0,75 arasında olan elma posası 9 ay 30°C'de bir depoda muhafaza edilmiştir. Amaç kurutma ve uzun süre depolamanın fitokimyasal içeriğe etkilerinin araştırılmasıdır. 60°C'de hava ile kurutma antosiyanin ve

flavanol tutma süresi bakımından 40°C vakum kurutmadan daha iyi olduğu tespit etmişlerdir.

Sudha vd. [52] elma posasını buğday unu ile farklı oranlarda karıştırarak reolojik karakterlerini incelemiş ve posa miktarı %0'dan %15'e arttıkça, su absorpsiyonu önemli bir şekilde %60,1'den %70,6'ya arttığını gözlemlemişlerdir.

Kekler %0-30 arası elma posası içeren buğday unuyla blendırda karıştırılarak hazırlanmıştır. Elma posası miktarı %0'dan %30'a artarken kek hacmi 850 cc'den 620 cc'ye azalmıştır. %25 elma posasıyla hazırlanan keklerin diyet lif içeriği %14,2 ve toplam fenol içeriği elma posası ve buğday ununun sırasıyla 7,16 ve 1,19 mg/g'dır. %0 ve %25 elma posasıyla hazırlanan keklerin toplam fenolik madde içeriği 2,07 ve 3,15 mg/g olarak bulmuşlar ve bu elma posasından hazırlanan keklerin iyi bir polifenol ve diyet lif kaynağı olduğunu belirtmişlerdir.

Suárez vd. [53] çalışmalarında Elma posasının metanolik ve asetonik ekstraktlarının fenolik profilleri, antioksidan içeriği ve antiviral etkileri herpes simplex virüs Tip1 ve Tip2 için değerlendirmişlerdir. Aseton ekstraksiyonu en yüksek miktarda fenolik bileşimi sağlamıştır. Antioksidan aktivitesi ve fenollerin konsantrasyonu arasındaki ilişki zayıf olmasına rağmen, ekstraksiyon metodu fenolik içeriğini etkilemektedir. Polifenol analizleri arasında kuercetin glikozitler, dihidrokalkonlardan sonra en önemli bileşendir.

Yılmaz ve Alagöz [54] elma posasının toprağın verimliliği üzerine etkilerini incelemiş ve özellikle toprağın organik madde ve N, P, Fe, Mn ve Cu gibi mineral içeriklerinde önemli artışlar tespit etmişlerdir.

Canan [29] elma posalarından glikoz üretiminde ozonlama yönteminin etkilerini incelemiş ve ozonlanmamış elma posasından, 60 dakika boyunca ozonlanmış elma posasına göre %66 daha az glikoz elde edildiğini saptamış ve ozonlama süresinin arttıkça elde edilen glikoz miktarının da arttığını tespit etmiştir. Bu çalışmada ozonun selülozun parçalanmasına direk bir etkisi olmamakla beraber ligninin ve hemiselülozun parçalanmasını sağlayarak selülozun glikoza hidrolizini kolaylaştırdığını belirtmiştir.

Constenla vd. [55] elma posasının kurutma sıcaklığının pektin karakteristiğine etkilerini incelediklerinde en etkili sıcaklığını 80°C olarak belirlemişlerdir. Kurutma denemeleri

60, 70, 80 ve 105°C sıcaklık değerlerinde gerçekleştirmişlerdir. Elma posasından elde edilen pektinde en çok bulunan mineraller Ca, Na ve Mg olarak sıralanmış ve galakturonik asit içeriği ise %60,6 değer ile sıcaklıktan etkilenmediğini rapor etmişlerdir.

Kumar ve Chauhan [56] elma posasından pektinin eldesi ve karakterizasyonu ile lipaz enziminin inhibitör olarak işlevini incelediler. Çalışmalarında *Malus pumila* ve *Spondias dulcis* tür elmaları ve çözücü olarak hidroklorik ve sitrik asit çözücülerini kullandılar. En yüksek lipaz inhibisyonun %94,30 ile çözücü olarak sitrik asidin kullanıldığı *Malus pumila* türü elma posasından elde edilen pektin göstermiştir. Bu sonuçla elma posasından elde edilen pektinin lipaz enzimini inhibe ederek anti-obezite formülasyonları ve kişisel sağlık ürünleri gibi diğer uygulamalarda da kullanılabilir bir potansiyele sahip olduğu anlaşılmıştır.

Reis vd. [57] oda sıcaklığındaki suyu solvent olarak kullanarak elma posasının fenolik içeriğini tespit etmişlerdir. Buna ek olarak aynı posadan ikinci ve üçüncü kez farklı çözücüler kullanarak yapılan ekstraksiyon işlemi ile elde ettikleri sonuçlara göre su ekstraksiyonu oldukça yüksek antioksidan kapasitesi ve fenolik içerik göstermesine karşılık ikinci ve üçüncü ekstraksiyonlarda da antioksidan kapasitesi ve fenolik içerik kayda değer miktarlarda tespit etmişlerdir. Çalışma çözücü olarak suyun elma posasındaki hidrosinamik asit, flavonoller, flavanoller, dihidrokalkonler ve flavonler için etkili olduğu ancak quersetin glikozitler için etkili olmadığını göstermiştir.

Gullon vd. [58] elma posasından hidroliz ve fermantasyonla Laktik asit üretimini gerçekleştirdiler. Bunun için laktik asit fermantasyonunda gerekli monosakkarit miktarını arttırmak için polisakkaritlerin selüloz enzimiyle parçalanması amacıyla posa ile enzim işleme sokulmuş ve 12 saat sonunda %79 toplam glukan monosakkaritlere çevrilmiştir. Sonuçlar 100 kg kuru elma posasından 46,5 kg laktik asit üretilebileceğini göstermiştir. Ayrıca fonksiyonel gıda olarak kullanılabilecek 13,4 kg'dan fazla oligosakkaritler ve probiyotik olarak kullanılabilecek 8,2 kg mikrobiyal biyokütle elde edilmiştir.

5.3 Diğer Posalarla Yapılan Çalışmalar

Celma vd. [59] zeytinyağı ekstraktı çamurunu ince tabaka haline getirerek nem içeriğini 2 kg su/kuru madde içeriğinden 0,7 kg su/kuru madde içeriğine 20, 40 ve 80°C hava sıcaklıklarında ve 1 m/s sabit hava hızında kurutulması işlemini gerçekleştirmişlerdir. Çıkan sonuçlar 10 adet matematiksel modele uygulanmış ve bu modeller içinden Midilli vd. modelinin en iyi kurutma karakteristiğini gösterdiği bulunmuştur. Çalışmada etkin difüzivite değerleri $2,24 \times 10^{-10}$ - $6,99 \times 10^{-10}$ m²/s değerleri arasında değişmiştir. Ayrıca aktivasyon enerjisi 15,77 kJ/mol olarak bulunmuştur.

Kumar vd. [60] havuç posasını ince tabaka halinde laboratuvar ölçekli konvektif kurutucuda 60, 65, 70 ve 75°C sıcaklıklarda ve 0,7 m/s sabit hava hızında kurutmuşlardır. Kurutma işleminde azalan hız debi periyodu ve başlangıçta çok kısa bir hızlanma periyodu gözlenmiştir. Uygulanan 12 matematiksel model arasından Hii modelinin kurutma karakteristiği açısından en iyi sonuçları verdiği görülmüştür.

Deneylerde kuruma sıcaklığı arttıkça havuç posasının kuruma zamanı azalmış ve efektif difüzivitesi artmıştır. Ortalama efektif difüzivite değerleri sıcaklığa bağlı olarak $2,74 \times 10^{-9}$ – $4,64 \times 10^{-9}$ m²/s arasında değişmektedir. Aktivasyon enerjisi bütün azalan debi periyodunda 23,05 kJ/mol olarak bulunmuştur.

Meziane [61] zeytin posasının akışkan yatak kurutucuda 50, 60, 70 ve 80°C’de, 1 m/s sabit hava hızında, yatak yüksekliği 41, 52 ve 63 mm olarak kurutulması işlemini gerçekleştirmişlerdir. Kurutma sürecinde sabit hız debi periyodu gözlenmemiştir. Sonuçlar 10 adet matematiksel modele uygulanmış ve Midilli modelinin zeytin posasının kuruma davranışını en iyi açıkladığını belirlemişlerdir. Aktivasyon enerjilerinin 41, 52 ve 63 mm için sırasıyla 34,05 kJ/mol, 36,84 kJ/mol, 38,10 kJ/mol olarak bulunmuştur.

Celma vd. [62] üzümün endüstriyel yan ürünü olan posasının infrared kurutulmasını 100, 120, 140 ve 160°C sıcaklıklarında gerçekleştirmişlerdir. Kuruma sıcaklığı arttıkça kuruma zamanı azalmıştır. Posanın nem içeriği % 204,32’den % 38,89’a azaltılırken kuruma süreleri sırasıyla 60,5, 35,5, 27,5 ve 21 dk olarak bulunmuştur. Uygulanan matematiksel modellerden Midilli vd. modelinin en iyi sonuçları verdiği görülmüş ve aktivasyon enerjisi 19,27 kJ/mol olarak tespit edilmiştir.

Celma vd. [63] domates endüstrisi yan ürünü domates çekirdek ve kabuğunu (posa) 100, 120, 140 ve 160°C sıcaklıklarda bir infrared kurutucuda kurutmuşlardır. Nem içeriği %236,70'den %5,26'ya düşerken kuruma süreleri sırasıyla 99,5, 55, 44 ve 35 dakika olarak bulunmuştur. Son olarak nem difüzyonu için aktivasyon enerjisi 22,23 kJ/mol olarak hesaplanmıştır.

Adil Hasbay vd. [64] elma ve şeftali posalarından süperkritik ekstraksiyonla elde edilen polifenollerin ekstraksiyon koşullarını ve ekstraktın antioksidan aktivitelerini incelemişlerdir. Deneylerde 20-60 MPa basınç, 40-60°C sıcaklık, %14-20 etanol konsantrasyonu ve 10-40 dakika ekstraksiyon süresi değerleri arasında adı geçen parametreler çalışılmıştır. Optimum basınç ve sıcaklık sırasıyla elma ve şeftali posası için 54,6-57 MPa ve 55,7-58,4°C olarak belirlenmiştir. Optimum etanol konsantrasyonu ve ekstraksiyon süresi ise her iki posa için %20 etanol ve 40 dakika ekstraksiyon süresidir. Toplam fenolik madde ve antiradikal değerleri 0,47 mg gallik asit/g numune ve 3,30 mg DPPH/g numune elma posası için, 0,26 mg gallik asit ve 1,5 mg DPPH/g numune şeftali posası için belirlenmiştir.

Şanal vd. [65] kayısı posasından süperkritik CO₂ ekstraksiyonu ile karetenoidlerin elde edilmesini çalıştılar. Numuneler hem vakum fırınında hem de dondurarak kurutucularda kurutuldu ve bu numunelere geleneksel çözücü ekstraksiyonu ve süperkritik CO₂ ekstraksiyonu uygulandı. Dondurularak kurutulmuş üründe geleneksel çözücü ekstraksiyonu ve süperkritik CO₂ ekstraksiyonunun verimlerinin vakumla kurutulmuş ürüne göre daha fazla olduğu görülmüştür. Sonuçlara göre dondurularak kurutulmuş numuneye 4 ml 2,2-dimetoksiopropan 1 g posaya eklenerek, 40,5 MPa basınç, 328 K sıcaklık, 1 ml CO₂/dakika akış hızı ve 90 dakika ekstraksiyon zamanı şartlarıyla gerçekleştirilen süperkritik ekstraksiyon 88 µg/g kuru posa miktarı ile en fazla β-karoten verimini göstermiştir.

Deng vd. [66] Amerika'nın kuzeybatısından elde edilen iki beyaz şarap üzümü posası ve üç kırmızı şarap üzümü posası kabuğu diyet lif ve fenolik içeriklerini analiz ettiler. Klason lignin çözünmeyen diyet lif içeriği (%7,9-36,1 kuru madde), nötral şekerler (%4,9-14,6 kuru madde) ve uronik asit (%3,6-8,5 kuru madde), toplam diyet lif içerisinde %95,5'ten fazla ağırlık gösterdiğini tespit ettiler. Beyaz şarap üzümü (%17,3-

28,0 kuru madde) kırmızı şarap üzümüne (%51,1-56,3 kuru madde) göre oldukça düşük diyet lif oranı içermektedir. Ancak çözünabilir şeker bakımından (%55,8-77,5 kuru madde) olağanüstü yüksektir. Çözünabilir polifenoller %70'lik aseton çözeltisiyle ekstrakte edilmiştir. Beyaz ve kırmızı şarap üzüm posaları karşılaştırıldığında toplam fenolik içerik bakımından sırasıyla 21,4-26,7 mg gallik asit/g kuru madde ve 11,6-15,8 mg/g kuru madde; DPPH radikal söndürücü aktiviteleri 32,2-40,2 mg askorbik asit/g kuru madde ve 20,5-25,6 mg askorbik asit/g kuru madde olarak bulunmuştur.

Bucić-Kojić vd. [67] üzüm çekirdeklerinden toplam polifenollerin katı-sıvı ekstraksiyon kinetiğini çalıştılar. Deneylerde sıvı-katı oranının ve sıcaklığın artması, parça boyutunun azalması ekstraksiyon verimini artırmıştır. %1,47-6,68 oranları arasında toplam polifenoller kuru üzüm çekirdeklerinden 200 dakika süre ile ekstrakte edilmiştir. Bu süre içerisinde ekstrakte edilen polifenollerin %80-90'ı ilk 40 dakikada elde edilmiştir.

Roberts vd. [68] beyaz şarap üretimi, kırmızı şarap üretimi ve üzüm suyu üretimi proseslerinden elde edilen üzüm çekirdeklerinin 40, 50 ve 60°C sıcaklıklarında ve 1,5 m/s sabit hava hızı koşullarında kurutma kinetiğini çalışmışlardır. Riesling üzümü çekirdeği $1,57-3,96 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$, Concord üzüm çekirdeği $2,93-5,91 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ ve Cab Franc üzüm çekirdeği $3,89-8,03 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ etkin difüzyon katsayısı değerleri göstermiştir. Üzüm çekirdeklerinin aktivasyon enerjileri; Riesling 40,14 kJ/mol, Concord 30,45 kJ/mol ve Cab Franc 31,47 kJ/mol olarak bulunmuştur. Sonuçlara Page, Lewis ve Henderson-Pabis matematiksel modelleri uygulanmış ve Lewis matematiksel modelinin en iyi tahminleri verebildiğini tespit etmişlerdir.

Göğüş ve Maskan [69] zeytinyağı üretim prosesinden çıkan posanın hava ile kurutulması amacıyla 60, 70 ve 80°C sıcaklıklarda ve 1,5 m/s sabit hava hızında 6, 9 ve 12 mm numune tabaka kalınlıklarında deneyler gerçekleştirdiler. Buna göre 60°C'de ki kuruma zamanları 125, 160 ve 240 dakika, 70°C'de ki kuruma zamanları 80, 100 ve 170 dakika, 80°C'de ki kuruma zamanları ise 65, 85 ve 140 dakika olarak bulunmuştur. Etkin difüzyon katsayıları sıcaklık ve kalınlık değerlerinin artışı oranıyla $1,84 \times 10^{-7}$ ve $3,94 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ değerleri arasında sıralanmıştır. Aktivasyon enerjileri 6, 9 ve 12 mm kalınlığındaki tabakalar için sırasıyla 25,4, 25,7 ve 29,2 kJ/mol olarak bulunmuştur.

Giannelos vd. [70] domates çekirdeği yağının dizel motorlarda doğrudan kullanımı için, fiziksel, kimyasal ve yakıt özelliklerini araştırdılar. Kuru kütle üzerinden çekirdek yaklaşık %35 yağ içermekte ve düşük buharlaşma, düşük sülfür, düşük kül ve yüksek viskozite değerlerine sahiptir. Setan numarası ve yoğunluğu yanı sıra soğuk akış özellikleri diğer sebzelerden elde edilen yağlarla benzerdir. Toplam doymuş yağ asidi içeriği %18,28, doymamış yağ asidi içeriği %81,72 bulunmuş ve en zengin yağ asidi %56,12 ile linoleik asit olduğu tespit edilmiştir. Yapılan değerlendirmede domates çekirdeği yağı yenilenebilir enerji kaynağı olarak ve benzin yerine dizel motorlarda kullanılabilecek umut vaat eden bir yakıt olabileceğini göstermiştir.

Al-Muhtaseb vd. [71] domates posasının ozmotik ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutma karakteristiğini ve kaliteye etkilerini incelediler. Sonuçlar ozmotik ön işlemin kuruma oranını arttırdığını ve kuruma süresini %30 oranında azalttığını göstermiştir. Efektif difüzyon katsayıları 40 ile 80°C sıcaklıkları aralığında $0,3 \times 10^{-9}$ ve $2,6 \times 10^{-9}$ m²/s olarak bulunmuştur. NaCl ön işlemlili numune 60°C'de $1,1 \times 10^{-7}$ m²/s efektif difüzyon katsayısı göstermiştir ve bu değer ön işlemsiz numunenin efektif difüzyon katsayı değerinden 80 kat daha büyüktür.

MATERYAL VE YÖNTEM

6.1 Materyal

Kurutma deneylerinde elma ve nar suyu üretiminden yan ürün olarak çıkan nar ve elma posaları KONFURT meyve suyu fabrikasından (Çal, Denizli) temin edilmiş ve deneylerde kullanılabilecek kadar buzdolabında (+4°C’de) muhafaza edilmiştir.

6.2 Yöntemler

6.2.1 Kurutma Sistemi

Nar ve elma posalarının kurutulması, APV&PASILAC firması (Cumbria, UK) yapımı kurutma kabini içinde gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kullanılan kurutucunun genel görünümü Şekil 6.1’de verilmiştir.



Şekil 6. 1 Posaların kurutulmasında kullanılan kurutucunun genel görünüşü

Kurutma kabini, çeşitli maddelerin kurutulmasına uygun ve istenilen sıcaklıkta hava akımı sağlayabilen pilot ölçekli bir kurutucudur. Kabinin ana kurutma bölümündeki tepsi 21 cm çap ve 7 cm derinlik boyutlarındadır. Kurutucu çelikten imal edilmiş olup 50 mm kalınlığında yarı rijit yassı izolasyon maddesi ile kaplanmıştır. Kabin içerisinde sirkülasyon halinde bulunan havanın debisi, bir anemometre kullanılarak ölçülmüştür. Sirkülasyon fanı 0,37 kW gücünde bir elektrik motoruyla çalışmaktadır.

Kullanılacak olan havanın ısıtılması ise, sirkülasyon fanının karşısında bulunan 14 adet şerit halindeki ısıtıcılar ile sağlanmaktadır. Kurutucuda, 200°C sıcaklığa kadar çalışmak mümkündür. İstenilen sıcaklık ayarları, cihaz üzerinde bulunan kontrol panelindeki dijital sıcaklık göstergesinden ayarlanabilmektedir.

6.2.2 Kuru Madde Tayini

Örneklerin kurutma işleminden önce ve kurutulan ürünlerin nem içeriklerinin belirlenmesinde AOAC 920.151 yöntemi uygulanmıştır [72]. Darası önceden belirlenmiş örnek kabında yaklaşık 5 gram dolayında tartılan örnekler 105°C'ye ayarlanmış (Selecta, Barcelona, Spain) marka etüvde sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur.



Şekil 6. 2 Selecta marka etüvün genel görünümü

6.2.3 Hava Akış Hızı

Kurutma denemeleri sırasında havanın akış hızı TESTO 440 Vane Probe Anemometre (AM-4201, Lutron, Taipei, Taiwan) ile $2 \pm 0,1$ m/s olarak ölçülmüştür.



Şekil 6. 3 Anemometre genel görünümü

6.3 Kurutma Denemeleri

6.3.1 Nar ve Elma Posası Kurutma İşlemleri

Nar ve elma posalarının farklı sıcaklıklarda hava ile kurutulması işlemi için; öncelikle kurutucuda hava akış hızı ve sıcaklık ayarları yapılmıştır. Sistem kararlı duruma eriştikten sonra iki kurutma tepsisi üzerine yaklaşık 200 g nar ve elma posaları 0,8 cm kalınlıkta ince bir tabaka halinde homojen bir şekilde yayılmıştır. Tepsilerin başlangıç ağırlıkları ölçüldükten sonra kurutma kabinine yerleştirilmiş ve kurutma işlemi başlatılmıştır. Kuruma süresince örneklerin ağırlık kaybını belirlemek için 15'er dakika zaman aralıklarıyla tartımlar alınmıştır. Kurutma işlemine iki tartım arası fark sıfır olana kadar devam edilmiştir. Kurutma deneyleri 50, 60, 70 ve 80°C sıcaklıkları ve $2 \pm 0,1$ m/s sabit hava hızı koşullarında gerçekleştirilmiştir. Daha sonra örnekler oda sıcaklığında 10 dakika bekletildikten sonra düşük yoğunluklu polietilen (60 μ m kalınlığındaki LDPE) torbalara doldurulmuş ve torbaların ağzı ısısal yöntemle kapatılarak muhafazaya alınmıştır. Kurutulan üründe ağırlık ölçümleri Mettler marka (model BB 3000, Grefensee, Switzerland) bir terazi ile yapılmıştır (Şekil 6.4). Bu terazi 3 kg'a kadar olan ağırlıkları 0,1 g hassasiyetinde ölçebilmektedir.



Şekil 6. 4 Mettler marka terazinin genel görünüşü

6.4 Matematiksel Modelleme

Kurutma denemelerinde kullanılan ürünlerin nem içeriği kuru baza göre aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$M = \frac{m_w}{m_d} \quad (6.1)$$

Denklemden; M: Nem içeriğini (kg su/kg kuru madde), m_w : Su miktarını (kg), m_d : Kuru madde miktarını (kg) göstermektedir.

Kurutma hızı ise aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır [73], [74].

$$\frac{\Delta M}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{M_{t+\Delta t} - M_t}{\Delta t} \quad (6.2)$$

Denklemden; $\frac{\Delta M}{\Delta t}$: Kurutma hızı (kg su/(kg kuru madde x dak.)), M_t : t anındaki nem içeriği (kg su/kg kuru madde), $M_{t+\Delta t}$: t+Δt anındaki nem içeriği (kg su/kg kuru madde), t, Δt: süre (dak.) olarak ifade edilmektedir.

Nem oranı (MR) ise (6.3) eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır [74].

$$MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \quad (6.3)$$

Denklemdede; M : Herhangi bir andaki su miktarını (kg su/kg kuru madde), M_0 : Kurutmaya başlamadan önceki ürünün içerdği su miktarını (kg su/kg kuru madde), M_e : Kurutma koşullarındaki havanın içerdği su miktarını (kg su/kg kuru madde) göstermektedir. M_e değeri M ve M_0 değerleri ile kıyaslandığında çok küçük bir değer olduğundan ihmal edilir [75], [76].

Deneysel verilerden yararlanarak nem içeriği ile kuruma süresi arasında bir ilişki sağlanması amacıyla Çizelge 6.1’de gösterilen Lewis, Henderson ve Pabis, Logaritmik, Two-term, Approximation of diffusion, Verma vd., Page, Midilli vd., Wang ve Singh ve Weibull olmak üzere toplam on adet denklem test edilmiş ve istatistiksel olarak kıyaslanmıştır.

Çizelge 6. 1 Nar ve elma posalarının kuruma eğrilerinin modellenmesinde kullanılan denklemler

Denklem Adı	Denklem	Kaynaklar
Lewis	$MR = \exp(-kt)$	Roberts vd. [77]
Henderson ve Pabis	$MR = a \exp(-kt)$	Ghodake vd. [78]
Logaritmik	$MR = a \exp(-kt) + c$	Wang vd. [50]
Two-term	$MR = a \exp(-kt) + b(-k_1t)$	Zielinska ve Markowski [79]
Approximation of diffusion	$MR = a \exp(-kt) + \exp(1-a) \exp(-kbt)$	Dissa vd. [80]
Verma vd.	$MR = a \exp(-kt) + \exp(1-a) \exp(-gt)$	Verma vd. [81]
Page	$MR = \exp(-kt^n)$	Sobukola ve Dairo [82]
Midilli vd.	$MR = ae \exp(-kt^n) + bt$	Mundada vd. [76]
Wang ve Singh	$MR = 1 + at + bt^2$	Wang ve Singh [83]
Weibull	$MR = \exp\left(-\left(\frac{t}{b}\right)^a\right)$	Corzo vd. [84]

6.5 Regresyon Analizi

Regresyon analizlerinde Statistica programı (Statsoft, Inc., Tulsa, OK) kullanılmıştır. Regresyon katsayısı (R^2) ürünlerin kuruma eğrilerini tanımlayan denklemi seçmek için ana kriter olarak alınmıştır. Ayrıca khi-kare (χ^2) ve tahminin standart hatası (RMSE) değerleriyle de kullanılan denklemin uygunluğu saptanmıştır [85], [86], [87].

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2}{N - z} \quad (6.4)$$

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6.5)$$

Burada MR_{exp} ve MR_{pre} deneysel ve tahmin edilen nem oranlarını, N deneysel veri sayısı ve z kullanılan denklemdeki katsayı sayısı olarak ifade edilmektedir.

Tahminin standart hatası, ampirik ve deneysel değerler arasındaki sapmayı gösterir. Bu değer in sıfıra yakın olması arzu edilmektedir. Ayrıca uyumun iyilik derecesini gösteren khi-kare değerinin azalması ile uyumun arttığı belirtilmektedir [88].

6.6 Difüzyon Katsayısının Hesaplanması

Çeşitli gıdaların ince tabaka kurutma işleminde geniş bir araştırma olanağı bulmuş olan teorik model, Fick'in ikinci yasasının çözümüdür [89], [90];

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \nabla \cdot (D_{eff} \cdot \nabla M) \quad (6.6)$$

(6.6) denklemi difüzyon katsayısı sabit alınarak kartezyen koordinatlarda çözülüp uygun sınır koşulları ile basitleştirme yapılırsa;

$$MR = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-\frac{(2n+1)^2 \pi^2 D_{eff} t}{4L^2}\right) \quad (6.7)$$

Burada; D_{eff} : Etkin difüzyon katsayısı (m^2/s), L: Tabaka yarı kalınlığı (m), t: süre (s) olarak ifade edilmektedir. Uzun kurutma süreleri için, (6.7) eşitliği serinin sadece ilk kısmına daha da basitleştirilebilir ve eşitlik (6.8) yazılır [7].

$$MR = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{\pi^2 D_{eff} t}{4L^2}\right) \quad (6.8)$$

Etkin difüzyon katsayısı değerleri, (6.8) eşitliğinin logaritmik forma çevrilerek $\ln MR$ değerlerinin kurutma süresine grafiğe geçirilerek elde edilen düz çizgiler yardımıyla eğimleri tespit edilmiş ve eşitlik (6.10) 'da yerine yazılmasıyla bulunmuştur [50].

$$\ln MR = \ln \frac{8}{\pi^2} - \frac{\pi^2 D_{eff} t}{4L^2} \quad (6.9)$$

Kurutma süresine karşı $\ln(MR)$ grafiklerinin eğimleri:

$$K = \frac{\pi^2 D_{eff}}{4L^2} \quad (6.10)$$

6.7 Aktivasyon Enerjisinin Hesaplanması

Efektif difüzyon katsayısının sıcaklık ile değişimi Arrhenius tipi üstel bir fonksiyonla açıklanmaktadır [91], [86];

$$D_{eff} = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{R(T + 273.15)}\right) \quad (6.11)$$

Burada D_{eff} efektif difüzyon katsayısı (m^2/s), D_0 sonsuz sıcaklıkta difüziviteye eşdeğer bir sabit (m^2/s), E_a aktivasyon enerjisi (kJ/mol), R üniversal gaz sabiti (8,314 kJ/(mol×K)) ve T kurutma sıcaklığıdır ($^{\circ}C$). Sıcaklığın efektif difüzyon katsayısına etkisi incelendiğinde bir doğru elde edilir ve bu doğrunun eğiminden aktivasyon enerjisinin değerleri hesaplanır [92].

Termodinamik olarak aktivasyon enerjisi, ürün içinde nem transferi olduğunda, enerji engelini geçen su molekülleri ile ifade edilir. Aktivasyon enerjisinin düşük değerleri kuruma işleminde daha yüksek nem difüzyon değerleri verir. Bir prosesin aktivasyon enerjisindeki azalma, su moleküllerinin ortalama enerjilerinde artıştan meydana gelir [93].

6.8 Posaların İçerik Analizleri

Nar ve elma posalarının içerik madde ve miktarlarının tespiti amacıyla nemli ve $50^{\circ}C$ 'de kurutulmuş nar ve elma posaları Gözlem Gıda Kontrol ve Araştırma Laboratuvarında (İstanbul) Tablo 6.2'de verilen uluslar arası standartlara uygun olarak analizleri gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 6. 2 Nemli ve Kuru durumdaki örneklerin İçerik Analizleri ve Metotları

Analiz	Analiz Metodu
pH	TS 1728 ISO 1842 [94]
Kuru madde	AOAC 920.151 [72]
Toplam Şeker	IFFJP Method 4 [95]
Yağ	AOAC 920.177 [96]
Asitlik	TS 1511 ISO 750 [97]
Ham lif	AOAC 962.09 [98]
B ₃ vitamini	J of. AOAC Int. Vol. 85 [99]
C vitamini	J of. AOAC Int. Vol. 75 [100]
Sodyum	AOAC 999.10 [101]
Bakır	AOAC 999.10 [101]
Demir	AOAC 999.10 [101]
Potasyum	AOAC 999.10 [101]
Magnezyum	AOAC 999.10 [101]
Kalsiyum	AOAC 999.10 [101]

BÖLÜM 7

DENEYSEL BULGULARIN İRDELENMESİ

7.1 Hava Sıcaklığının Etkisi

Deneylerde farklı ağırlıklardaki nar posasının kuruma kinetiği 50, 60, 70 ve 80°C’de ve $2\pm0,1$ m/s hava hızında incelenmiştir. Nar ve elma posalarının kuru madde içerikleri kuru madde analizleri sonucunda sırasıyla %36,64 ve %30,68 oranlarında belirlenmiştir. Nar ve elma posalarının kurutma denemelerinin kuruma süreleri Çizelge 7.1’de görülmektedir. Nar ve elma posalarının nem içerikleri ile kurutma süreleri ile değişimi Şekil 7.1–7.2 gösterilmektedir. Bu şekillerde görüldüğü gibi, örneklerdeki nem miktarları kuruma süresi ile azalmaktadır.

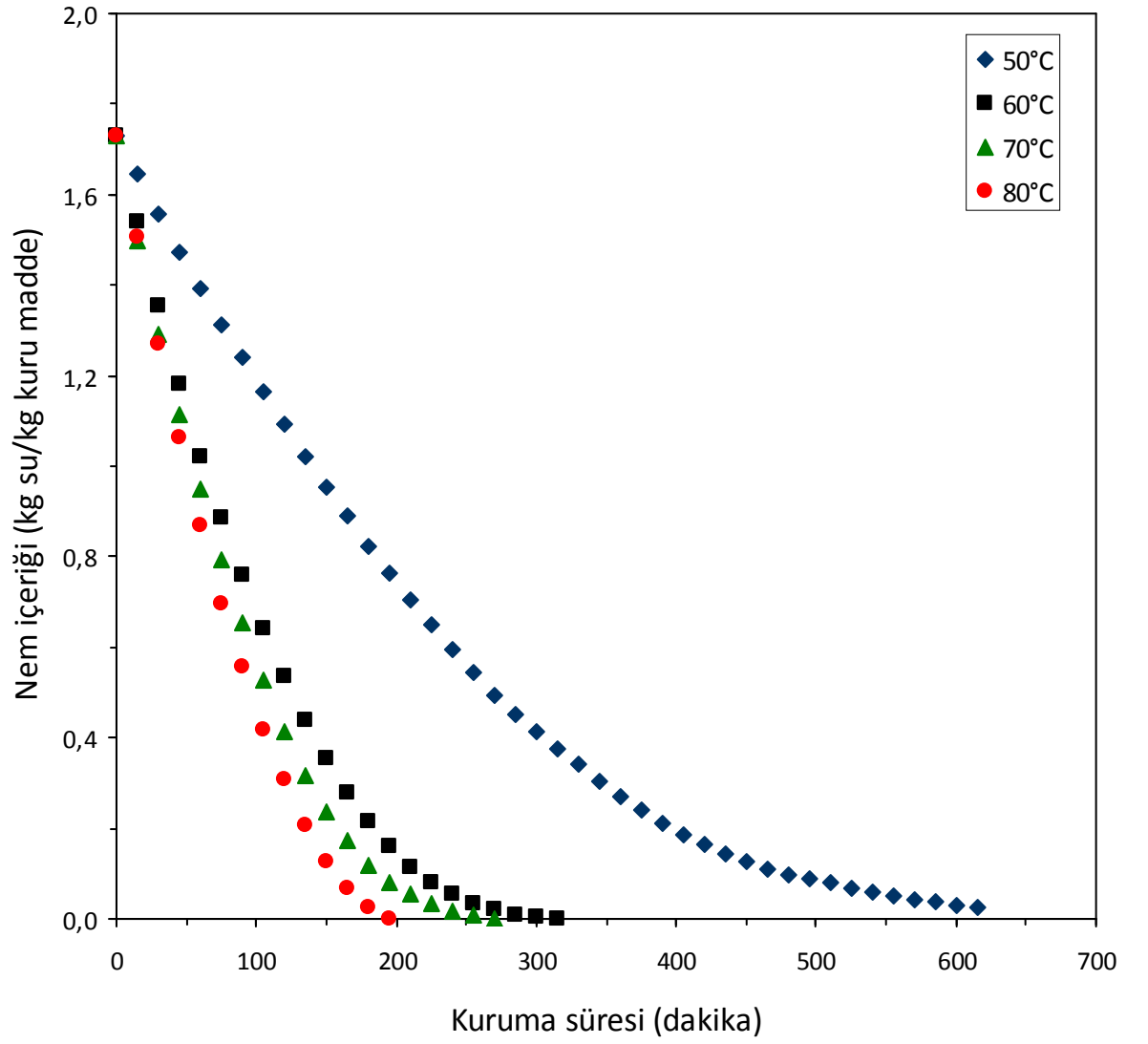
Çizelge 7. 1 Posa örneklerinin kuruma süreleri (dakika)

Sıcaklık (°C)	Nar	Elma
50	690	660
60	315	405
70	270	315
80	195	255

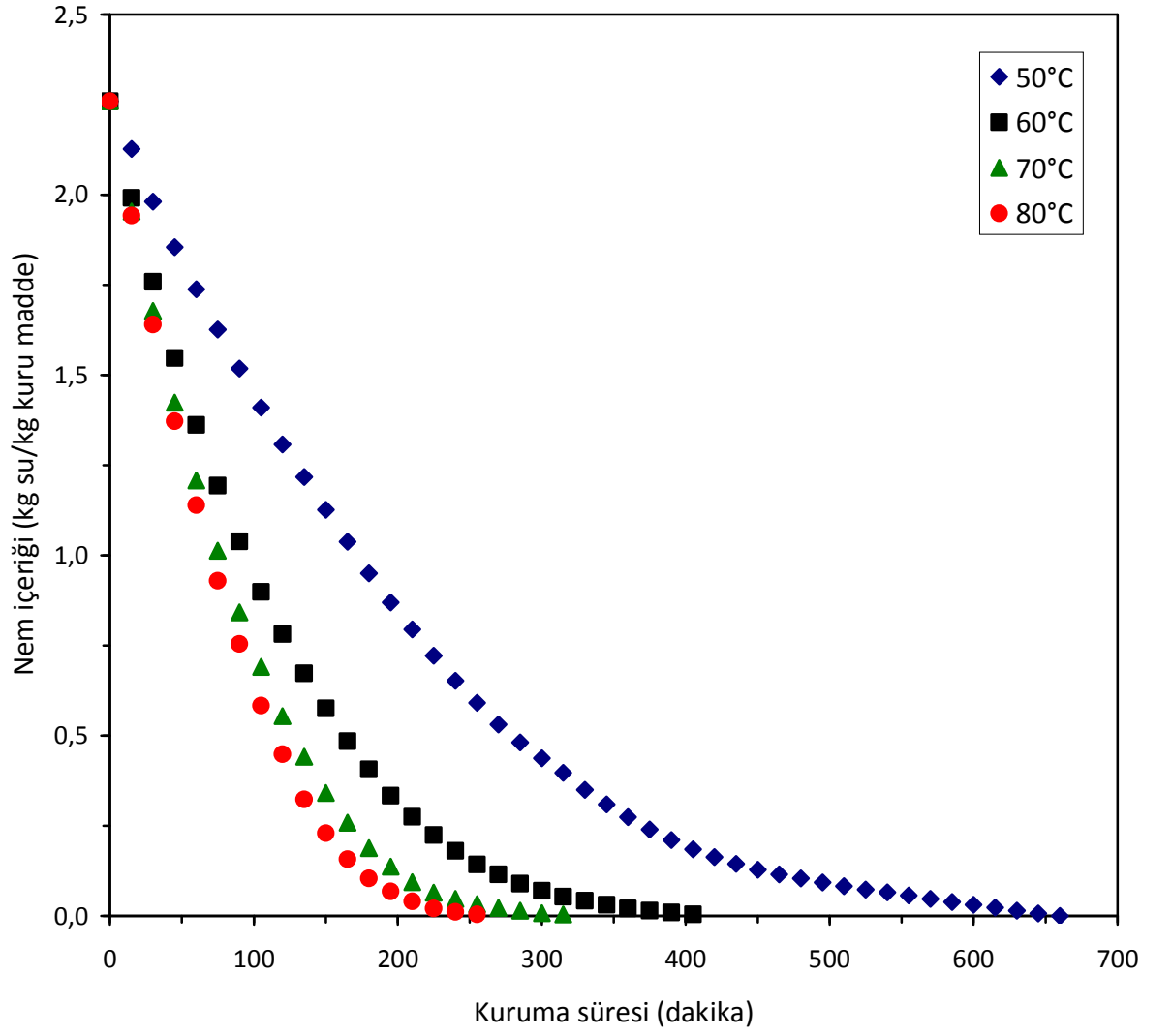
Şekil 7.1 ve 7.2’den de görüleceği üzere, kuruma süresi, kurutma havası sıcaklığından etkilenmekte, hava sıcaklığının yükselmesine bağlı olarak nem kaybı hızlanmakta ve

kuruma süresi kısalmaktadır. Sıcaklığın artışıyla ortaya çıkan bu etkiyi, sıcaklık artışının doğal bir sonucu olarak kurutma havası bağıl neminin düşmesine bağlanabilir. Dolayısıyla sıcaklık artışıyla bağıl nemi düşen ve daha yüksek bir kurutma potansiyeline sahip olan kurutma havası kurutmada çok daha etkin bir rol üstlenmektedir. Ayrıca, kuruma hızı yüksek sıcaklıklarda daha yüksek değerlere sahiptir. Bunun sonucu olarak, yüksek sıcaklıklarda maddedeki suyun daha yüksek buhar basıncı göstermesi ve buharlaşma derecesinin artması, yüksek sıcaklıkta daha yüksek kuruma hızının görülmesine neden olmaktadır [92].

Çizelge 7.1 incelendiğinde nar posasının 50 ve 80°C'deki kuruma süreleri sırasıyla 690 ve 195 dakikadır. Kuruma sıcaklığındaki 30°C'deki bir artış sonucunda kuruma süresinde %71,7 oranında bir azalma saptanmıştır. Aynı şekilde elma posasının 50 ve 80°C'deki kuruma süreleri sırasıyla 660 ve 255 dakika olduğu görülmektedir. Kuruma sıcaklığındaki 30°C'deki bir artış sonucunda kuruma süresinde %61,3 oranında düştüğü bulunmuştur.



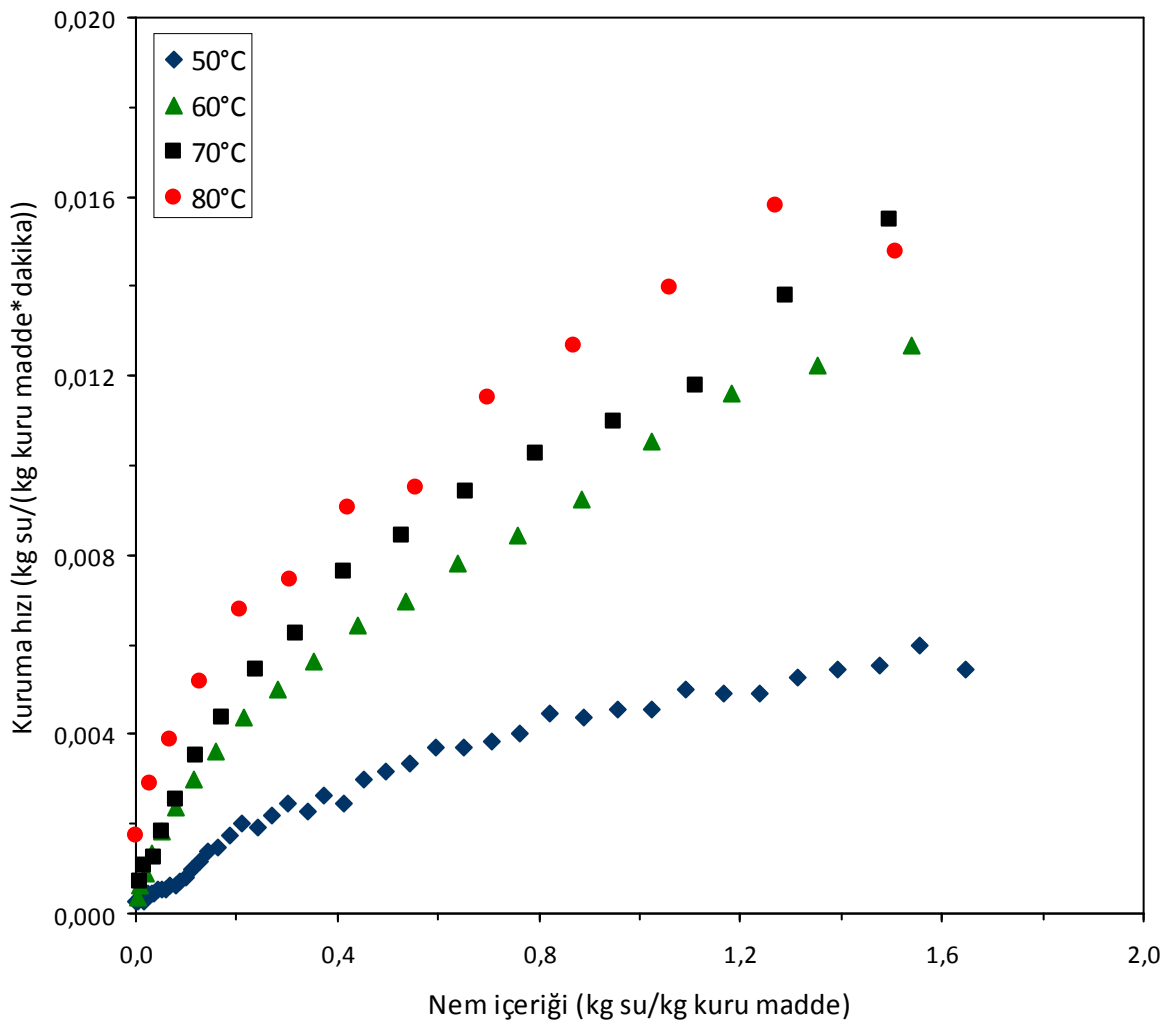
Şekil 7. 1 Nar posasının farklı sıcaklıklarda kuruma süresiyle nem içeriği değişimi



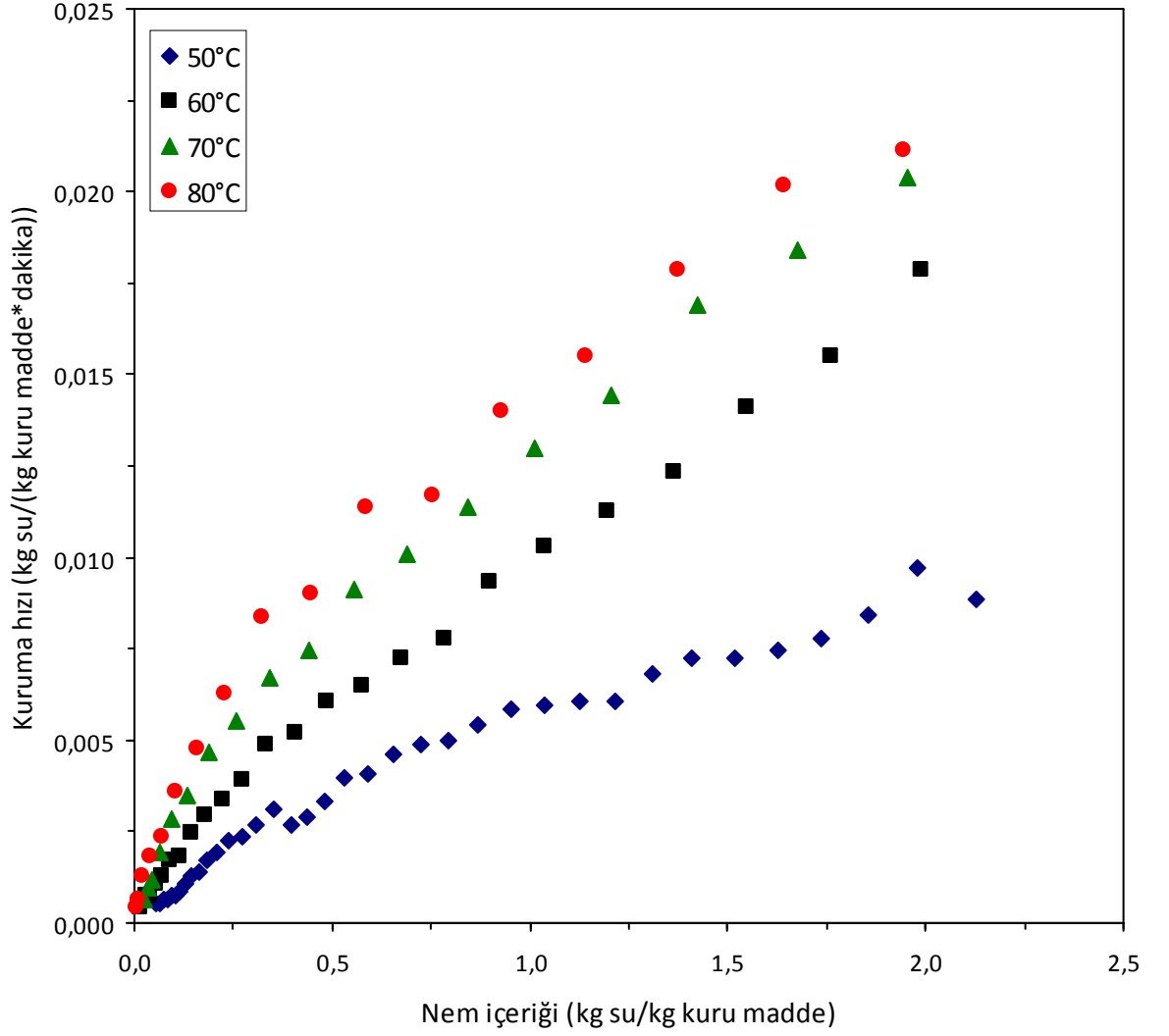
Şekil 7. 2 Elma posasının farklı sıcaklıklarda kuruma süresiyle nem içeriği değişimi

7.2 Kuruma Hızı ile Nem İçeriğinin Değişimi

Denklem (6.2) kullanılarak hesaplanan kuruma hızlarının nem oranları ile değişimi Şekil 7.3 ve 7.4'te gösterilmektedir. Şekiller dikkatli bir şekilde incelendiğinde, kuruma olayı azalan debi hız periyodunda gerçekleşmiş ve bu eğrilerde sabit debi hız periyodu gözlenmemiştir. Bunun nedeni her iki posada sabit periyodu oluşturabilecek yeterli nem miktarı bulunmamasıdır. Karşılaşılan bu durum Wang vd. [7], Wang vd. [50] ve Kumar vd. [56] çalışmalarıyla uyum göstermektedir. Kurutma havası sıcaklığı arttıkça kuruma hızı artmaktadır.



Şekil 7. 3 Nar posasının farklı sıcaklıklarda kuruma hızının nem oranı ile değişimi



Şekil 7. 4 Elma posasının farklı sıcaklıklarda kuruma hızının nem oranı ile değişimi

7.3 Kuruma Eğrilerinin Matematiksel Modellenmesi

Deney sonuçlarından elde edilen verilerden yararlanarak lineer olmayan regresyon analiz yöntemi yardımıyla nem oranı ile kurutma süresinin değişimi eğrilerinin matematiksel modellenmesi yapılmıştır. Uygulanan denklemler Çizelge 6.1’de ve bu denklemlerin uygulanması ile elde edilen regresyon katsayıları (R^2), khikare (χ^2) ve tahminin standart hatası (RMSE) değerleri hesaplanmış ve Çizelge 7.2–7.9’da verilmiştir. Bir denklemin uygunluğu tespitinde yüksek R^2 , düşük χ^2 ve RMSE değerlerine bakılır [102]. Regresyon katsayısı, ürünlerin kurutma eğrilerini tanımlayan en iyi denklemi seçmek için ana kriter olarak seçilmiştir. Tahminin standart hatası (RMSE), model ile elde edilen tahmini değerler ve deneysel değerler arasındaki sapmayı göstermektedir. Ayrıca khikare (χ^2) değerinin azalması ile uyumun arttığı belirtilmektedir [103].

Çizelge 7.2-7.9’da görüldüğü üzere, nar ve elma posaları için tüm sıcaklıklarda elde edilen denklemlerin R^2 , χ^2 ve RMSE değerleri sırasıyla; 0,9731-0,9998, 0,000013-0,002967, 0,007198-0,0258751 arasında değişmektedir. Bu on matematiksel model arasından Midilli vd. matematiksel modeli nar ve elma posaları için yüksek R^2 , düşük χ^2 ve RMSE değerlerini verdiği görülmüştür. Buna göre Midilli vd. modeli R^2 değerleri 0,9989-0,9998, χ^2 değerleri 0,000013-0,000127 ve RMSE değerleri 0,007198-0,038433 arasında sıralanmıştır. Bu sonuçlardan Midilli vd. matematiksel modelinin nar ve elma posası kurutma davranışlarını daha iyi açıkladığı saptanmıştır. Şekil 7.5 ve 7.6’da deneysel ve tahmini değerlerinin dağılımı görülmektedir. Bu değerler düz çizginin etrafında dağılım göstermiştir. Bu da modelin bir uyum içerisinde deneysel verileri açıklayabildiğinin göstergesidir.

Çizelge 7. 2 50°C’de kurutulan nar posası için matematiksel denklemler kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları, khi-kare ve RMSE değerleri

Denklem Adı	Katsayılar	R^2	χ^2	RMSE
Lewis	k: 0,004700	0,9812	0,001725	0,258751
Henderson ve Pabis	a: 1,079506, k: 0,005050	0,9873	0,001186	0,209731
Logaritmik	a: 1,138204, k: 0,003954, c: -0,099139	0,9969	0,000291	0,099233
Two-term	a: 1,043882, k_0 : 0,004340, b: 0,000986, k_1 : 0,117416	0,9962	0,000373	0,110631
Approximation of diffusion	a: -12,6147, k: 0,0086, b: 0,946600	0,9983	0,000159	0,077055
Verma vd.	a: -2,40292, k: 0,00206, g: 0,00263	0,9967	0,000309	0,104547
Page	k: 0,000990, n: 1,280481	0,9984	0,000145	0,071813
Midilli vd.	a: 0,979382, k: 0,000982, n: 1,270929, b: -0,000033	0,9995	0,000045	0,035864
Wang ve Singh	a: -0,003369, b: 0,000003	0,9983	0,000152	0,064732
Weibull	a: 1,280500, b: 221,9120	0,9984	0,000145	0,071813

Çizelge 7. 3 60°C’de kurutulan nar posası için matematiksel denklemler kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları, khi-kare ve RMSE değerleri

Denklem Adı	Katsayılar	R ²	χ^2	RMSE
Lewis	k: 0,010297	0,9822	0,001767	0,176413
Henderson ve Pabis	a: 1,062433, k: 0,010893	0,9864	0,001424	0,154610
Logaritmik	a: 1,137117, k: 0,008318, c: -0,112383	0,9977	0,000249	0,060092
Two-term	a: 1,028849, k ₀ : 0,009216, b: 0,099599, k ₁ : 0,002841	0,9970	0,000348	0,069431
Approximation of diffusion	a: -17,3525, k: 0,0183, b: 0,9618	0,9971	0,000315	0,070108
Verma vd.	a: -2,81028, k: 0,00450, g: 0,00559	0,9980	0,000212	0,055493
Page	k: 0,002858, n: 1,268098	0,9972	0,000285	0,068287
Midilli vd.	a: 0,988128, k: 0,003574, n: 1,204363, b: -0,000130	0,9992	0,000087	0,035767
Wang ve Singh	a: -0,007313, b: 0,000013	0,9986	0,000140	0,044414
Weibull	a: 1,2681, b: 101,4074	0,9972	0,000285	0,068287

Çizelge 7. 4 70°C’de kurutulan nar posası için matematiksel denklemler kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları, khi-kare ve RMSE değerleri

Denklem Adı	Katsayılar	R^2	χ^2	RMSE
Lewis	k: 0,011880	0,9821	0,001816	0,164785
Henderson ve Pabis	a: 1,056889, k: 0,012504	0,9857	0,001541	0,148895
Logaritmik	a: 1,136843, k: 0,009497, c: -0,116208	0,9972	0,000311	0,062471
Two-term	a: 0,960098, k_0 : -0,004354, b: 0,104173, k_1 : 0,109254	0,9962	0,000462	0,071678
Approximation of diffusion	a: -11,9329, k: 0,0213, b: 0,9456	0,9969	0,000352	0,067970
Verma vd.	a: -8,64271, k: 0,02154, g: 0,01996	0,9969	0,000353	0,068029
Page	k: 0,003386, n: 1,270682	0,9970	0,000323	0,065120
Midilli vd.	a: 0,984579, k: 0,004018, n: 1,215904, b: -0,000146	0,9989	0,000127	0,038433
Wang ve Singh	a: -0,008461, b: 0,000018	0,9987	0,000130	0,039126
Weibull	a: 1,27068, b: 87,91800	0,9970	0,000323	0,065120

Çizelge 7. 5 80°C’de kurutulan nar posası için matematiksel denklemler kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları, khi-kare ve RMSE değerleri

Denklem Adı	Katsayılar	R ²	χ^2	RMSE
Lewis	k: 0,013340	0,9731	0,002967	0,173484
Henderson ve Pabis	a: 1,067599, k: 0,014198	0,9789	0,002520	0,154566
Logaritmik	a: 1,266334, k: 0,008909, c: -0,246298	0,9985	0,000184	0,038638
Two-term	a: 0,992238, k ₀ : 0,005243, b: 0,123516, k ₁ : 0,114027	0,9994	0,000080	0,025071
Approximation of diffusion	a: -11,1057, k: 0,0256, b: 0,9346	0,9954	0,000597	0,068902
Verma vd.	a: -8,99957, k: 0,02585, g: 0,02380	0,9954	0,000598	0,068974
Page	k: 0,002852, n: 1,345080	0,9962	0,000450	0,063976
Midilli vd.	a: 0,996197, k: 0,004769, n: 1,196443, b: -0,000429	0,9998	0,000013	0,007198
Wang ve Singh	a: -0,009633, b: 0,000023	0,9996	0,000043	0,017010
Weibull	a: 1,34507, b: 77,98627	0,9962	0,000450	0,063976

Çizelge 7. 6 50°C’de kurutulmuş elma posası için matematiksel denklemler kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları, khi-kare ve RMSE değerleri

Denklem Adı	Katsayılar	R^2	χ^2	RMSE
Lewis	k: 0,005259	0,9984	0,001009	0,194165
Henderson ve Pabis	a: 1,060010, k: 0,005558	0,9919	0,000719	0,160331
Logaritmik	a: 1,096475, k: 0,004641, c: -0,067380	0,9978	0,000197	0,081668
Two-term	a: 1,033463, k_0 : 0,004979, b: 0,000641, k_1 : 0,134698	0,9972	0,000253	0,090873
Approximation of diffusion	a: -14,7487, k: 0,0090, b: 0,9600	0,9990	0,000087	0,054363
Verma vd.	a: -2,23927, k: 0,00263, g: 0,00324	0,9980	0,000176	0,078063
Page	k: 0,001679, n: 1,209464	0,9987	0,000108	0,058031
Midilli vd.	a: 0,980876, k: 0,001624, n: 1,206663, b: -0,000026	0,9995	0,000043	0,033195
Wang ve Singh	a: -0,003714, b: 0,000003	0,9943	0,000506	0,128147
Weibull	a: 1,2095, b: 196,9499	0,9987	0,000108	0,058032

Çizelge 7. 7 60°C’de kurutulmuş elma posası için matematiksel denklemler kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları, khi-kare ve RMSE değerleri

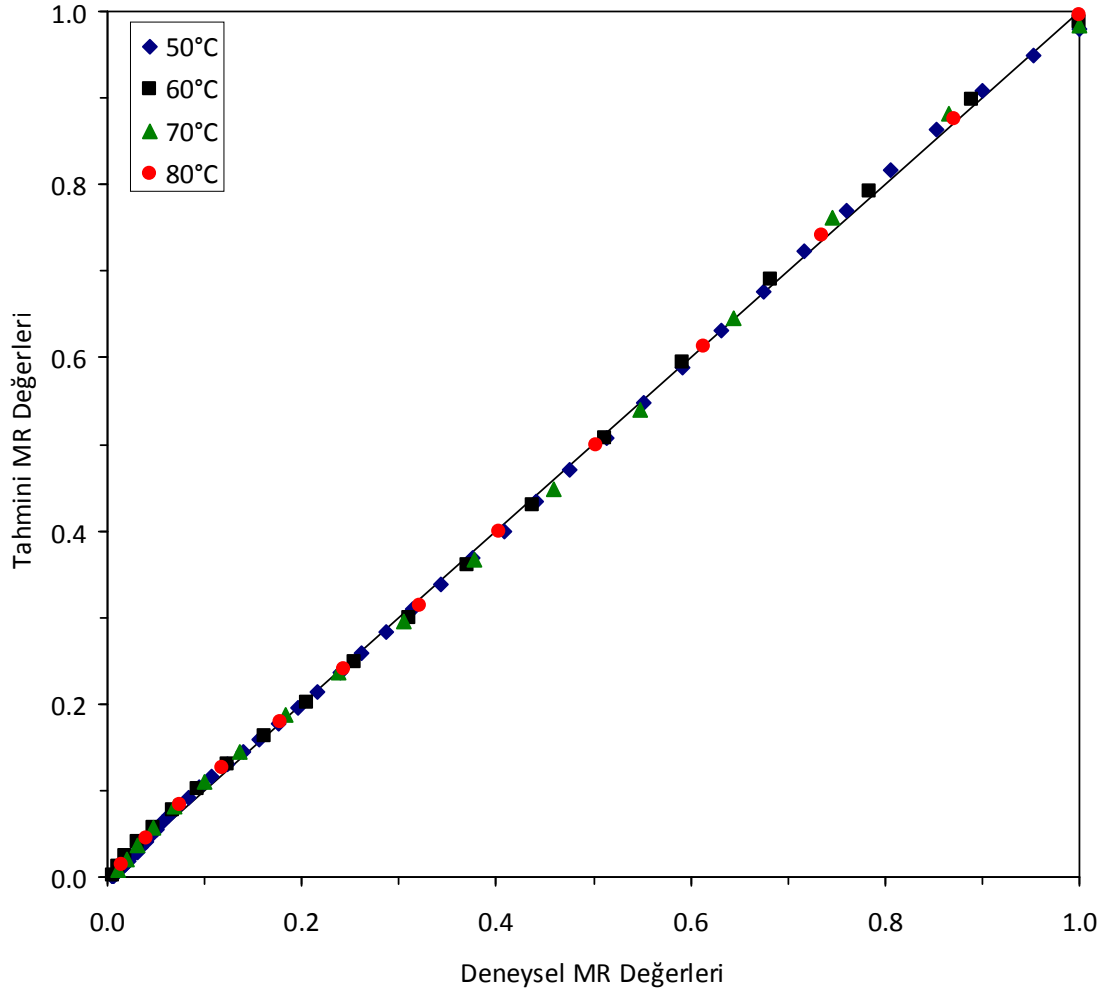
Denklem Adı	Katsayılar	R^2	χ^2	RMSE
Lewis	k: 0,009334	0,9935	0,000563	0,113867
Henderson ve Pabis	a: 1,035502, k: 0,009647	0,9948	0,000470	0,102788
Logaritmik	a: 1,062730, k: 0,008362, c: -0,050386	0,9990	0,000089	0,042150
Two-term	a: 1,015967, k_0 : 0,008851, b: 0,000270, k_1 : 0,410043	0,9986	0,000130	0,049856
Approximation of diffusion	a: -9,20285, k: 0,01482, b: 0,94857	0,9989	0,000100	0,045613
Verma vd.	a: -2,54722, k: 0,00520, g: 0,00610	0,9995	0,000047	0,029487
Page	k: 0,004611, n: 1,143995	0,9985	0,000130	0,052005
Midilli vd.	a: 0,988682, k: 0,005132, n: 1,111967, b: -0,000059	0,9995	0,000045	0,029365
Wang ve Singh	a: -0,006367, b: 0,000010	0,9864	0,001225	0,154230
Weibull	a: 1,1440, b: 110,2011	0,9985	0,000130	0,052005

Çizelge 7. 8 70°C’de kurutulmuş elma posası için matematiksel denklemler kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları, khi-kare ve RMSE değerleri

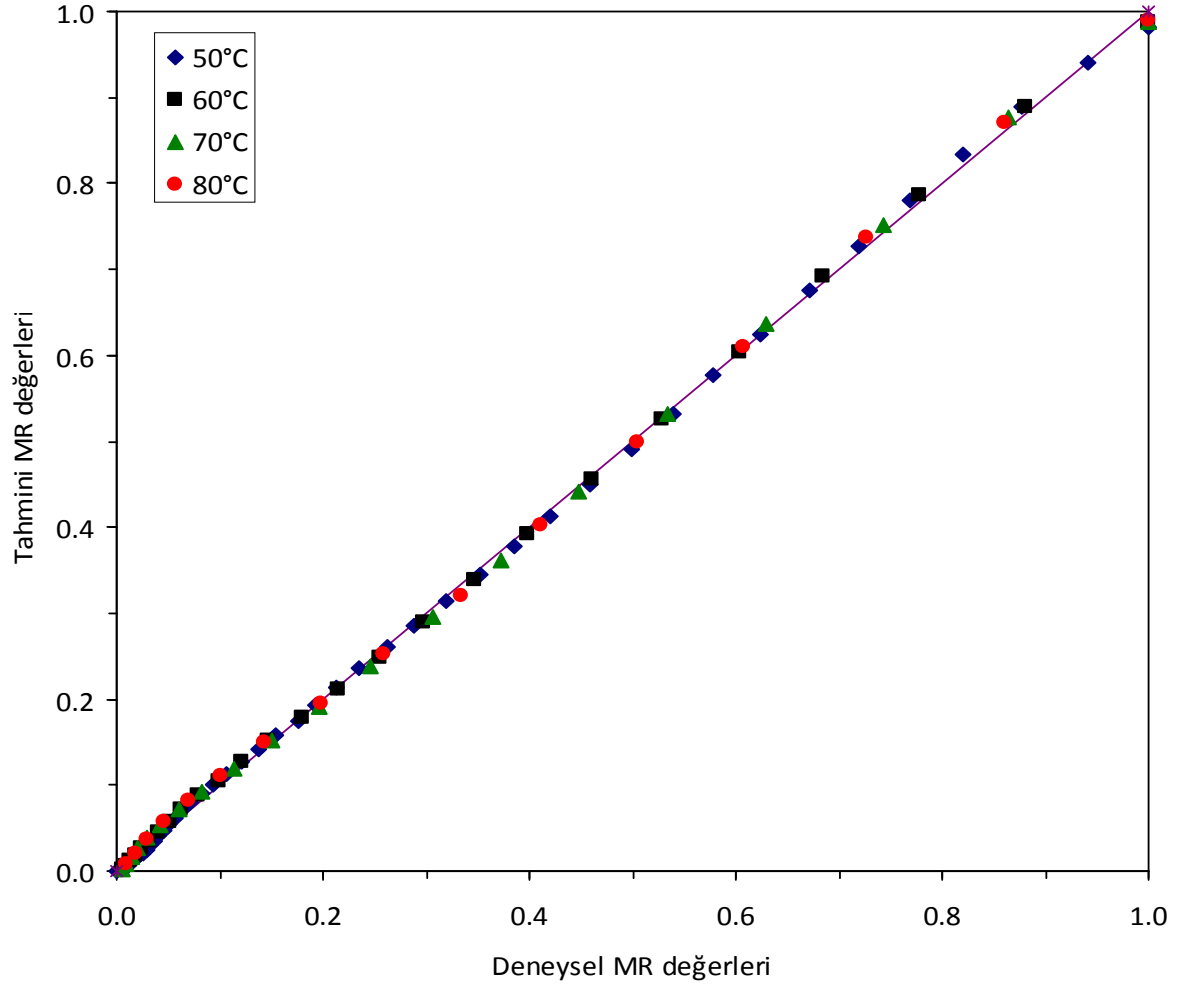
Denklem Adı	Katsayılar	R^2	χ^2	RMSE
Lewis	k: 0,011827	0,9892	0,001018	0,133925
Henderson ve Pabis	a: 1,048074, k: 0,012352	0,9916	0,000837	0,118692
Logaritmik	a: 1,085907, k: 0,010411, c: -0,063329	0,9971	0,000232	0,058697
Two-term	a: 1,026515, k_0 : 0,011156, b: 0,003001, k_1 : 0,058278	0,9971	0,000319	0,066916
Approximation of diffusion	a: -11,4179, k: 0,0201, b: 0,94980	0,9985	0,000154	0,049434
Verma vd.	a: -2,95937, k: 0,00616, g: 0,00723	0,9983	0,000170	0,050561
Page	k: 0,004498, n: 1,207519	0,9983	0,000164	0,051181
Midilli vd.	a: 0,988250, k: 0,004897, n: 1,178928, b: -0,000071	0,9992	0,000080	0,034504
Wang ve Singh	a: -0,008112, b: 0,000016	0,9924	0,000755	0,105767
Weibull	a: 1,20751, b: 87,83235	0,9983	0,000164	0,051181

Çizelge 7. 9 80°C’de kurutulan elma posası için matematiksel denklemler kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları, khi-kare ve RMSE değerleri

Denklem Adı	Katsayılar	R^2	χ^2	RMSE
Lewis	k: 0,013083	0,9845	0,001579	0,150068
Henderson ve Pabis	a: 1,055423, k: 0,013750	0,9878	0,001317	0,132528
Logaritmik	a: 1,120730, k: 0,010841, c: -0,096916	0,9974	0,000297	0,058788
Two-term	a: 0,954690, k_0 : -0,004710, b: 0,108661, k_1 : 0,112874	0,9942	0,000712	0,087075
Approximation of diffusion	a: -9,55264, k: 0,02359, b: 0,93442	0,9977	0,000257	0,056642
Verma vd.	a: -7,85481, k: 0,02359, g: 0,02174	0,9977	0,000257	0,056690
Page	k: 0,004069, n: 1,257015	0,9978	0,000234	0,054912
Midilli vd.	a: 0,989735, k: 0,004813, n: 1,205710, b: -0,000127	0,9992	0,000100	0,033716
Wang ve Singh	a: -0,009248, b: 0,000021	0,9979	0,000225	0,049537
Weibull	a: 1,25701, b: 79,75769	0,9978	0,000234	0,054912



Şekil 7. 5 Değişik sıcaklıklarda kurutulan nar posaları için deneysel ve Midilli vd. denkleminde elde edilen tahmini nem oranı değerleri



Şekil 7. 6 Değişik sıcaklıklarda kurutulan elma posaları için deneysel ve Midilli vd. denkleminde elde edilen tahmini nem oranı değerleri

7.4 Difüzyon Katsayılarının Hesaplanması

Nar ve elma posalarının her bir kurutma havası sıcaklığı için efektif difüzyon katsayısı değerleri 6.10 denklemi kullanılarak hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 7.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 7. 10 Nar ve elma posaları için hesaplanan etkin difüzyon katsayıları (m^2/s)

Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Nar	Elma
50	$1,22 \times 10^{-10}$	$1,73 \times 10^{-10}$
60	$2,15 \times 10^{-10}$	$2,59 \times 10^{-10}$
70	$3,19 \times 10^{-10}$	$3,55 \times 10^{-10}$
80	$4,29 \times 10^{-10}$	$4,40 \times 10^{-10}$

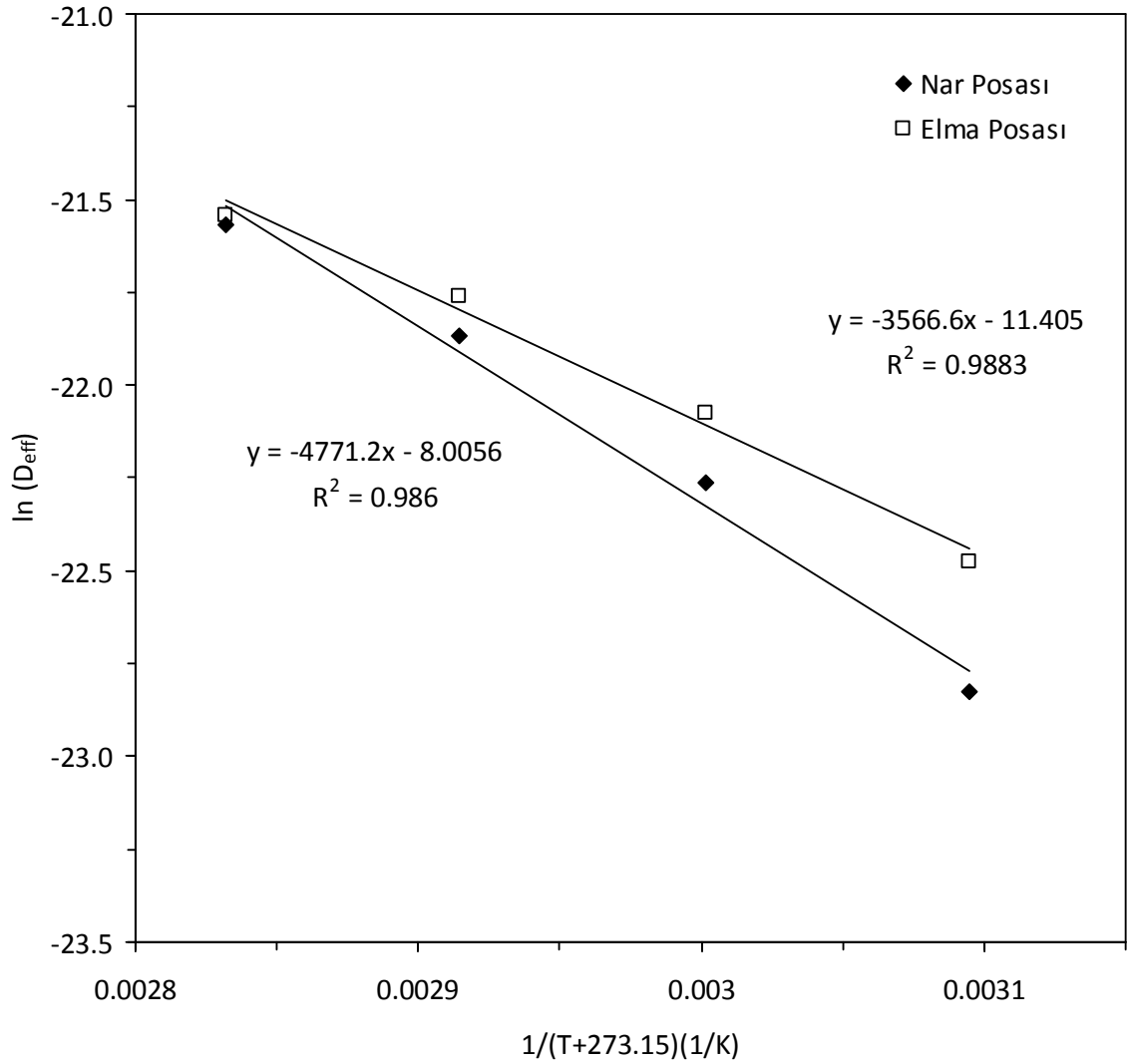
Çizelge 7. 10'dan anlaşılabileceği gibi kurutma havası sıcaklığının artmasıyla birlikte kurutulan nar ve elma posalarının efektif difüzyon katsayısı değerleri artmaktadır. Bu durum, yüksek sıcaklık değerlerinde ürün içerisindeki nemin daha kolay buharlaşması ve kuruma hızının artmasıyla açıklanabilir. Elde edilen difüzyon katsayıları $1,22 \times 10^{-10}$ ve $4,40 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ arasında olup, Çizelge 7.11'de verilen literatürdeki değerler ile uyum göstermiştir.

Çizelge 7. 11 Faklı gıda posalarının difüzyon katsayı değeri

Ürün	T (°C)	D_{eff} (m ² /s)	Referans
Domates Posası	100 – 160	$5,17 - 10,42 \times 10^{-9}$	Celma vd. [63]
Nar Çekirdeği	55 – 65	$3,18 - 4,36 \times 10^{-10}$	Sharma vd. [41]
Elma Posası	75 – 105	$2,02 - 3,93 \times 10^{-9}$	Wang vd. [50]
Zeytin Posası	20 – 80	$2,22 - 6,99 \times 10^{-9}$	Celma vd. [59]
Havuç Posası	60 – 75	$2,98 - 4,27 \times 10^{-9}$	Kumar vd. [56]
Zeytin Posası	50 – 80	$6,80 - 1,93 \times 10^{-8}$	Meziane [61]
Domates Posası	40 – 80	$0,30 - 2,60 \times 10^{-9}$	Al-Muhtaseb vd. [71]
Üzüm Posası	100 – 160	$1,10 - 2,6 \times 10^{-8}$	Celma vd. [62]

7.5 Aktivasyon Enerjisinin Hesaplanması

Aktivasyon enerji değeri, $\ln(D_{eff})$ ile sıcaklık arasında çizilen ve Şekil 7.7’de gösterilen eğrilerden yararlanarak hesaplanmıştır.



Şekil 7. 7 Sıcaklığın efektif difüzyon katsayısına etkisi

7.1 ve 7.2 denklemlerinde difüzyon katsayısı ile sıcaklığın etkisi gösterilmiştir:

Nar posası:

$$D_{eff} = 3,335 \times 10^{-4} \exp\left(-\frac{4771,2}{(T + 273,15)}\right) \quad (R^2: 0,9860) \quad (7.1)$$

Elma posası:

$$D_{eff} = 1,114 \times 10^{-5} \exp\left(-\frac{3566,6}{(T + 273,15)}\right) \quad (R^2: 0,9883) \quad (7.2)$$

Yukarıdaki denklemlerden yararlanarak nar ve elma posalarının aktivasyon enerji değerleri sırasıyla 39,67 ve 29,65 kJ/mol olarak bulunmuştur. Bazı gıda posalarına ait aktivasyon değerleri Çizelge 7.12’de verilmiştir. Aktivasyon enerji değerlerindeki farklılıklar; değişik örneklerden, yapılarından, uygulanan kurutma yöntemi ve farklı sıcaklıklarından ileri gelmektedir.

Çizelge 7. 12 Bazı gıda posalarının aktivasyon enerjileri

Ürün	Ea (kJ/mol)	Referans
Zeytin Posası	15,77	Celma vd. [59]
Üzüm Posası	19,27	Celma vd. [61]
Domates Posası	22,23	Celma vd. [63]
Havuç Posası	23,05	Kumar vd. [56]
Elma Posası	24,51	Wang vd. [50]
Nar Çekirdeği	29,07	Sharma vd. [41]
Zeytin Posası	34,05	Meziane [61]
Domates Posası	52,10	Al-Muhtaseb vd. [71]

7.6 Nar ve Elma Posalarının İçerik Analiz Sonuçları

Nar ve elma posalarının nemli ve 50°C’de kurutulan örneklerinin analiz sonuçları Çizelge 7.13 ve 7.14’te verilmiştir.

Çizelge 7. 13 Yaş ve kuru nar posaları analiz sonuçları

Analiz	Nar Posası	Kuru Nar Posası
pH	3,52	3,79
Kuru madde (%)	37,1	97
Toplam Şeker (%)	0,35	8,66
Yağ (%)	1,84	13,2
Asitlik (%)	0,54	3,11
Ham lif (%)	12,1	31,5
B ₃ vitamini (µg/100 g)	713	1905
C vitamini (mg/100 g)	0,56	2,41
Sodyum (mg/100 g)	2,63	5,88
Bakır (mg/100 g)	0,509	1,81
Demir (mg/100 g)	2,70	5,25
Potasyum (mg/100 g)	376	978
Magnezyum (mg/100 g)	37,3	102
Kalsiyum (mg/100 g)	19,5	117

Nar posası nemli ve kuru örneklerinin pH analizleri her biri için [94] analiz metoduna uygun şekilde gerçekleştirilmiştir. Nemli nar posası pH değeri 3,52 ve kuru nar posası pH değeri %10'luk çözeltide 3,79 olarak bulunmuştur.

Nar posası kuru madde analizi [72] analiz metodu uygulanarak yapılmıştır. Buna göre nemli ve kuru nar posası kuru madde miktarları sırasıyla %37,1 ve %97 olarak tespit edilmiştir. Değerlerden anlaşılabileceği üzere ortamdan kurutma işlemiyle su uzaklaştığından genel miktar içindeki kuru madde miktarı artmış ve bu sonuç yüzde oranlarına yansımıştır.

Nar posası nemli ve kuru numuneleri toplam şeker analizleri [95] metoduna uygun şekilde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar nemli nar posasının %0,35 ve kuru nar posasının %8,66 toplam şeker içerdiğini göstermektedir. Kuru nar posası toplam şeker yüzde oranının yüksek olması kurutma sırasında ortamdan uzaklaşan su nedeniyle gerçekleşmiştir.

Nar posası nemli ve kuru örnekleri yağ analizleri [96] metoduna göre gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar nemli nar posasının %1,84 ve kuru nar posasının ise %13,2 yağ içerdiğini göstermektedir. Viuda-Martos vd. [104] tarafından yapılan çalışmada kuru nar posası yağ içerik oranını %20,9 olarak bulmuşlar ve bu sonuç ile tespit ettiğimiz sonuç arasında yakınlık olmasına rağmen var olan farkın nar çeşitlerinden kaynaklandığı düşünülebilir.

Nar posası nemli ve kuru örnekleri asitlik tayini analizleri [97] metoduna uygun olarak yapılmıştır. Nemli nar posası asitlik değeri %0,54 ve kuru nar posası asitlik değeri %3,11 Asitlik değerlerinin artmasının nedeni ortamdan suyun uzaklaşması olarak değerlendirilebilir.

Nar posası ham lif oranları nemli ve kuru numuneler için [98] analiz metodu uygulanarak tespit edilmiştir. Buna göre nemli ve kuru nar posası ham lif oranları sırasıyla %12,1 ve %31,5 olarak bulunmuştur. Oranlardaki bu artışın kurutma sırasında ortamdan uzaklaşan su nedeniyle gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Benzer şekilde Viuda-Martos vd. [104] tarafından yapılan nar posası ile ilgili çalışmada ham lif oranını %30,4 olarak bulmuşlar ve bu sonuç görüldüğü üzere tespit edilen sonuca oldukça yakındır.

Nar posası nemli ve kuru örneklerinin B₃ vitamini [99] analiz metodu uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Nemli ve kuru nar posası B₃ vitamini miktarları sırasıyla 713 µg/100 g ve 1905 µg/100 g olarak bulunmuştur.

Nar posası nemli ve kuru örnekleri C vitamini analizleri [100] analiz metoduna uygun olarak yapılmıştır. Nemli ve kuru nar posası C vitamini miktarları sırasıyla 0,56 mg/100 g ve 2,41 mg/100 g olarak bulunmuştur.

Nar posası nemli ve kuru örnekleri mineral madde analizleri [101] metoduna uygun olarak Sodyum, Bakır, Demir, Potasyum, Magnezyum ve Kalsiyum mineralleri için yapılmıştır. Mineral madde analiz sonuçları nemli nar posası; sodyum 2,63 mg/100 g, bakır 0,509 mg/100 g, demir 2,70 mg/100 g, potasyum 376 mg/100 g, magnezyum 37,3 mg/100 g, kalsiyum 19,5 mg/100 g, kuru nar posası için sodyum 5,88 mg/100 g, bakır 1,81 mg/100 g, demir 5,25 mg/100 g, potasyum 978 mg/100 g, magnezyum 102 mg/100 g, kalsiyum 117 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Mineral madde miktarlarından görüldüğü üzere potasyum, kalsiyum ve magnezyum değerlerinin yüksekliği dikkate alınması gereken bir sonuçtur.

Çizelge 7. 14 Yaş ve kuru elma posaları analiz sonuçları

Analiz	Elma Posası	Kuru Elma Posası
pH	3,11	3,37
Kuru madde (%)	31,3	96
Toplam Şeker (%)	0,67	4,92
Yağ (%)	1,15	4,72
Asitlik (%)	0,36	1,25
Ham lif (%)	9,95	31,7
B ₃ vitamini (µg/100 g)	360	2841
C vitamini (mg/100 g)	1,41	2,57
Sodyum (mg/100 g)	1,67	4,06
Bakır (mg/100 g)	0,32	1,20
Demir (mg/100 g)	4,62	11,0
Potasyum (mg/100 g)	121	367
Magnezyum (mg/100 g)	26	86
Kalsiyum (mg/100 g)	33,1	140

Elma posası kuru ve nemli örneklerinin pH analizleri her biri için [94] analiz metoduna uygun şekilde gerçekleştirilmiştir. Nemli elma posası pH değeri 3,11 ve kuru elma posası pH değeri %10'luk çözeltide 3,37 olarak bulunmuştur. Joshi ve Attri [105] nemli elma posası pH 3,05-3,80 değerleri arasında olabileceği göstermiştir. Alınan sonuç bu değerlere uyum göstermektedir.

Elma posası kuru madde analizleri [72] analiz metodu uygulanarak yapılmıştır. Buna göre nemli ve kuru elma posası kuru madde miktarları sırasıyla %31,3 ve %96 olarak bulunmuştur. Joshi ve Attri [105] nemli elma posası nem oranı %66,4-78,2 olarak; kuru elma posası nem oranı %3.97-5,40 olarak gösterilmiş ve bu değerlerin çalışmamızda alınan sonuçlara uygunluğu gözlenmiştir.

Elma posası nemli ve kuru örnekleri toplam şeker analizleri [95] metoduna uygun şekilde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar nemli ve kuru elma posalarının sırasıyla %0,67 ve %4,92 toplam şeker içerdiğini göstermektedir.

Elma posası nemli ve kuru örnekleri yağ analizleri [96] metoduna göre gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar nemli ve kuru elma posasının sırasıyla %1,15 ve %4,72 yağ içerdiğini göstermektedir. Figuerola vd. [106] çalışmalarında inceledikleri üç farklı kuru elma posası yağ analizi sonuçları %1,57, %4,46 ve %2,44 olarak bulmuşlardır. Bu sonuçlardan biri elde ettiğimiz kuru elma posası değerine yakınlık göstermesiyle beraber farklı türdeki elma posalarının farklı yağ oranlarına sahip olduğunda gözlemlenmiştir.

Elma posası nemli ve kuru örnekleri asitlik tayini analizleri [97] metoduna uygun olarak yapılmıştır. Nemli ve kuru elma posaları asitlik değerleri %0,36 ve %1,25 olarak bulunmuştur. Asitlik değerlerinin artmasının nedeni ortamdan suyun uzaklaşması olarak değerlendirilebilir.

Elma posası ham lif oranları nemli ve kuru numuneler için [98] analiz metodu uygulanarak tespit edilmiştir. Buna göre nemli ve kuru elma posaları ham lif oranları sırasıyla %9,95 ve %31,7 olarak bulunmuştur. Orandaki bu artışın kurutma sırasında ortamdan uzaklaşan su nedeniyle gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Joshi ve Attri [105] çalışmalarında nemli elma posası ham lif oranının %4,5-10,5 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Sato vd. [107] 11 elma çeşidi üzerinde yaptıkları çalışmada kuru elma posası ham lif oranının %18,61-36,95 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir ve bu sonuçlar yapmış olduğumuz analizin sonuçlarına uygunluk göstermektedir.

Elma posası nemli ve kuru örneklerinin B₃ vitamini [99] analiz metodu uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Nemli ve kuru elma posaları B₃ vitamini miktarları sırasıyla 360 µ/100 g ve 2841 µ/100 g olarak bulunmuştur.

Elma posası nemli ve kuru örnekleri C vitamini analizleri [100] analiz metoduna uygun olarak yapılmıştır. Nemli ve kuru elma posaları C vitamini miktarları sırasıyla 1,41 mg/100 g ve 2,57 mg/100g olarak bulunmuştur.

Elma posası nemli ve kuru örnekleri mineral madde analizleri [101] metoduna uygun olarak Sodyum, Bakır, Demir, Potasyum, Magnezyum ve Kalsiyum mineralleri için

yapılmıştır. Nemli elma posası için Sodyum 1,67 mg/100 g, Bakır 0,324 mg/100 g, Demir 4,67 mg/100 g, Potasyum 121 mg/100 g, Magnezyum 26,0 mg/100 g, Kalsiyum 33,1 mg/100 g, kuru elma posası için Sodyum 4,06 mg/100 g, Bakır 1,20 mg/100 g, Demir 11,0 mg/100 g, Potasyum 367 mg/100 g, Magnezyum 86 mg/100 g, Kalsiyum 140 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Mineral madde miktarlarından görüldüğü üzere potasyum, kalsiyum ve magnezyum değerlerinin yüksekliği dikkate alınması gereken bir sonuçtur.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, sıcak havalı bir kurutucuda yapılan kurutma işleminin nar ve elma posalarının kurutma karakteristikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi ve yaş ve kuru nar ve elma posalarının içerik analizlerinin yapılarak sonuçların değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Nar ve elma posalarının, sıcak havalı kurutucuda kurutma işlemine tabi tutulması sonucunda kuruma hızı ve süresi, efektif difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerjisindeki değişim ve ayrıca deneysel verilerden hareket edilerek modelleme çalışmaları yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

1. Kuruma hızları incelendiğinde;

Nar ve elma posalarının kuruma kinetiğini incelemek için bir kurutma kabinde 50, 60, 70 ve 80°C’de ve $2\pm0,1$ m/s hava hızında posalar kurutulmuştur. Nar posasının kuru madde içerikleri kuru madde analizleri sonucunda %36,64 oranında belirlenmiştir. Elma posasının kuru madde içerikleri kuru madde analizleri sonucunda %30,68 oranında belirlenmiştir. Sonuçlara göre nar posasının 50 ve 80°C’lerdeki kuruma süreleri sırasıyla 690 ve 195 dakikadır. Kuruma sıcaklığındaki 30°C’deki bir artış sonucunda kuruma süresinde %71,7 oranında bir azalma saptanmıştır. Elma posasının 50 ve 80°C’lerdeki kuruma süreleri sırasıyla 660 ve 255 dakika olduğu görülmektedir. Kuruma sıcaklığındaki 30°C’deki bir artış sonucunda kuruma süresinde %61,3 oranında düşüş gözlenmiştir. Bu sonuçlardan anlaşılaacağı üzere sıcaklık yükseldikçe kurutma süresi azalmakta ve kurutma hızı artmaktadır.

2. Kuruma kinetiği incelendiğinde;

Deney sonuçlarından yararlanarak ürünlerin nem oranlarının kuruma süresine göre değişimini belirlemek amacıyla Lewis, Henderson ve Pabis, Logaritmik, Two-term, Approximation of difüzyon, Verma vd., Page, Midilli vd., Wang ve Singh ve Weibull denklemleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Kuruma olayını en iyi açıklayan denklemde bulunan katsayılar ile kuruma havası sıcaklığındaki değişimin etkileri çoklu regresyon yöntemiyle incelenmiştir. Regresyon katsayısı (R^2), khikare (χ^2) ve tahminin standart hatası (RMSE) değerleri kullanılarak en uygun denklem saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Midilli vd. denkleminin nar ve elma posalarının kuruma davranışlarını diğer denklemlerden daha iyi açıkladığı belirlenmiştir.

3. Efektif difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerjisi incelendiğinde;

Sonuçlarda görüldüğü gibi kurutma havası sıcaklığının artması efektif difüzyon katsayısı değerleri artmaktadır. Efektif difüzyon katsayısı nar posası için; $1,22-4,29 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$, elma posası için; $1,73-4,40 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ değerleri arasında değişmiştir. Aktivasyon enerjileri ise nar posası için; 39,67 kJ/mol ve elma elma posası için; 29,65 kJ/mol olarak bulunmuştur.

4. Nar ve elma posaları analiz sonuçları incelendiğinde;

Yaptığımız çalışma ve literatür bilgilerine göre; nar posası özellikle yüksek oranda ham lif, yağ, mineral maddeler, vitaminler ve şeker içermektedir. Ham lif oranının yüksek olması ve bu maddenin insan beslenmesi sağlığı açısından önemli olmasından dolayı nar posasının ham lif kaynağı olarak kullanımı düşünülebilir.

Elma posası yüksek oranda ham lif, B₃ ve C vitaminleri ve birçok mineral maddeyi içermektedir. Literatürde elma posasının kek yapımında kullanımı bulunmakta ve başarılı sonuçlar alındığı gösterilmektedir. Yine elma posası literatür bilgilerine göre yüksek miktarda antioksidan maddeler içermektedir. Tüm bu bilgiler ve yaptığımız analiz sonuçları değerlendirildiğinde elma posasının fırıncılık ürünlerinde toz halinde %20 oranına kadar ekmek ve %30 oranına kadar kurabiye yapımında, hazır keklerde, bisküvilerde, önemli bir pektin kaynağı olduğundan pektin üretiminde, sitrik asit üretiminde ve hayvan yemi olarak kullanılabileceği düşünülebilir.

Ayrıca bu posaların meyveli yoğurt, dondurma, reçel vb. yiyecek ürünlerinde katkı maddesi olarak kullanılması önerilebilir. Ülkemiz ekonomisi ve ekolojisi açısından düşündüğümüzde ise meyve posaların atık olarak çevreye zarar vermemesi ve ziyan olmaması için en azından hayvan yemi olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Cemeroğlu, B., (1986). Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Gıda Teknolojisi Derneği, Ankara.
- [2] Demirtaş, C., (1996). Fındık Kurutma Şartlarının Belirlenmesi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [3] Güneş Çolak, N., (2009). Gıda Kurutma Sistemlerinin Ekserji Analizi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [4] Nasıroğlu, Ş., (2007). Kırmızı Biber, Elma ve Pırasanın Kurutulmasında İnfrared Kurutma Tekniğinin Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- [5] Doymaz, İ., (2009). "An Experimental Study on Drying of Green Apples", Drying Technology, 27:478-485.
- [6] Gürses, Ö.L., (1986). Gıda İşleme Mühendisliği-II, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara.
- [7] Wang, Z., Sun, J., Chen, F., Liao, X. ve Hu, X., (2006). "Mathematical Modelling On Thin Layer Microwave Drying of Apple Pomace With And Without Hot Air Pre-Drying", Journal of Food Engineering, 80:536-544.
- [8] Rockland, L.B., (1969). "Water Activity and Storage Stability", Food Technology, 23:1241.
- [9] Mujumdar, A.S., (1995). Handbook of Industrial Drying, 1, Marcel Dekker, Inc., New York.
- [10] Dikbasan, T., (2007). Determination of Effective Parameters For Drying of Apples, Yüksek Lisans Tezi, İzmir İnstitute of Technology, İzmir.
- [11] Saldamlı, İ. ve Saldamlı, E. (1990). Gıda Endüstrisi Makinaları, Birinci Baskı, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- [12] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Gıda Teknolojisi Sebzeleri Kurutma, http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul_pdf/541GI0137.pdf, 12 Temmuz 2012.

- [13] Bayhan, H.A., (2011). Kabin Tipi Bir Kurutucuda Kurutma Sürecini Etkileyen Parametrelerin Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- [14] Gölükçü, M., Tokgöz, H. ve Kıralan, M., (2007). Ülkemizde Yetiştirilen Önemli Nar (*Punica granatum*) Çeşitlerine Ait Çekirdeklerin Bazı Özellikleri ve Yağ Asidi Bileşimleri, Tübitak Proje No: 1060265, Antalya.
- [15] Çam, M., (2009). Basınçlı Solvent Ekstraktörü Kullanılarak Nar Kabuğu ve Çekirdeğinin Antioksidan Bileşimlerinin Su ile Ekstraksiyonu, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [16] Vardin, H. ve Abbasoğlu, M. (2004). “Nar Ekşisi ve Narın Diğer Değerlendirilme Olanakları”, Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 23-24 Eylül, Van.
- [17] Apaydın, E., (2008). Nar Suyu Konsantresi Üretim ve Depolama Sürecinde Antioksidan Aktivitedeki Değişimler, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [18] Al-Maiman, S.A. ve Ahmad, D., (2002). “Changes in Physical and Chemical Properties During Pomegranate (*Punica granatum*) Fruit Maturation”, Food Chemistry, 76:437-441.
- [19] Poyrazoğlu, E., Gökmen, V. ve Artık, N., (2002). “Organic Acid and Phenolic Compounds in Pomagranates (*Punica granatum L.*) Grown in Turkey”, Journal of Food Composition and Analysis, 15(5):567-575.
- [20] Gölükçü, M., Tokgöz, H. ve Çelikyurt, M.A., (2007). “Nar Çekirdeğinin Bazı Özellikleri ve Nar Çekirdeği Yağının Yağ Asidi Bileşimi”, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü 07100, Antalya.
- [21] Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Nar, <http://www.batem.gov.tr/urunler/meyvelerimiz/nar/nar.htm>, 24 Haziran 2012.
- [22] Türkiye İstatistik Kurumu, Nar ve Elma Üretim İstatistikleri, <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>, 10 Temmuz 2012.
- [23] Akdağ, E. (2011). Türkiye Meyve Suyu ve Benzeri Ürünler Sanayi Raporu, Meyve Suyu Endüstrisi Derneği(MEYED), [http://www.meyed.org.tr/content/files/Meyve Suyu Sektörü Raporu 2011.pdf](http://www.meyed.org.tr/content/files/Meyve_Suyu_Sektörü_Raporu_2011.pdf), 11 Temmuz 2012.
- [24] Cemeroğlu, B., Yemenicioğlu, A. ve Özkan, M., (2004). Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Cilt 1, Nobel Yayıncılık, Ankara.
- [25] Hernández, F., Melgarejo, P., Olías, J.M. ve Artés, F., (1998). “Fatty Acid Composition and Total Lipid Content of Seed Oil from Three Commercial Pomegranate Cultivars”, Symposium on Production, Processing and Marketing of Pomegranate in The Mediterranean Region: Advances in Research and Technology, 15-17 Ekim, CIHEAM-IAMZ Zaragoza.

- [26] Fadavi, A., Barzegar, M. ve Azizi, M.H., (2006). "Determination of Fatty Acids and Total Lipid Content in Oilseed of 25 Pomegranates Varieties Grown in Iran", Journal of Food Composition and Analysis, 19:676-680.
- [27] Tağı, Ş., (2010). "Nar Suyu Üretim Aşamalarında Antimikrobiyel Aktivite ve Fenolik Madde Miktarındaki Değişimler", Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Raporu, Ankara Üniversitesi.
- [28] Özkal, N. ve Dinç, S. (1993). *Punica Granatum*(Nar) Bitkisinin Kimyasal Bileşimi ve Biyolojik Aktiviteleri, <http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/24/984/12037.pdf>, 10 Haziran 2012.
- [29] Canan, B., (2008). Elma Posasından Glikoz Eldesinin de Ozonlamanın Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- [30] Karaoğlu, E.,(2005). Elma Yetiştiriciliği Üzerine Uzman Sistem Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- [31] Erdoğan, S.S., (2010). Elma Posası Tozunun Antioksidan Aktivitesi ile Fenolik Bileşenlerinin Belirlenerek Ekmek Yapımında Kullanım Olanaklarının Araştırılması, Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- [32] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Elma>, 17 Eylül 2012
- [33] Ceylan, İ., Aktaş, M., Doğan, H., (2006). "Güneş Enerjili Kurutma Fırınında Elma Kurutulması", Politeknik Dergisi, 9(4):289-294.
- [34] Food and Agriculture Organization, <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>, 7 Ağustos 2012.
- [35] Eikani, M.H., Golmohammad, F. ve Homami, S.S., (2011). "Extraction of Pomagranate (*Punica granatum* L.) Seed Oil Using Superheated Hexane", Food and Bioproducts Processing, 90:32-36.
- [36] Martínez, J.J., Melgarejo, P., Hernández, F., Salazar, D.M. ve Martínez, R., (2006). "Seed Characterisation of Five New Pomegranate (*Punica granatum* L.) Varieties", Scientia Horticulturae, 110:241-246.
- [37] Kingsly, A.R.P., Singh, D.B., Manikantan, M.R. ve Jain, R.K., (2006). "Moisture Dependent Physical Properties of Dried Pomegranate Seeds (*Anardana*)", Journal of Food Engineering, 75:492-496.
- [38] He, L., Xu, H., Liu, X., He, W., Yuan, F., Hou, Z. Ve Gao, Y., (2011). "Identification of Phenolic Compounds From Pomegranate (*Punica granatum* L.) Seed Residues and Investigation into Their Antioxidant Capacities by HPLC-ABTS⁺ Assay", Food Research International, 44:1161-1167.
- [39] Doymaz, İ., (2011). "Experimental Study on Drying Characteristic of Pomegranate Peels", Food Science Biotechnology, 20(4):965-970.

- [40] Li, Y., Guo, C., Yang, J., Wei, J., Xu, J. ve Cheng, S., (2006). "Evaluation of Antioxidant Properties of Pomegranate Peel Extract in Comparison With Pomegranate Pulp Extract", *Food Chemistry*, 96:254-260.
- [41] Sharma, S.R., Arora, S. ve Chand, T., (2011). "Air Drying Kinetics of Pomegranate Seeds", *International Journal of Food Engineering*, 7(2):Article 7.
- [42] Singh, R.P., Murthy, K.N.C. ve Jayaprakasha, G.K., (2002). "Studies on The Antioxidant Activity of Pomegranate (*punica granatum*) Peel and Seed Extracts Using in vitro Models", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50:81-86.
- [43] Al-Zoreky, N.S., (2009). "Antimicrobial Activity of Pomegranate (*Punica granatum* L.) Fruit Peels", *International Journal of Food Microbiology*, 134:244-248.
- [44] Negi, P.S., Jayaprakasha, G.K. ve Jena, B.S., (2003). "Antioxidant and Antimutagenic Activities of Pomegranate Peel Extracts", *Food Chemistry*, 80:393-397.
- [45] Çam, M. ve Hışıl, Y., (2010). "Pressurized Water Extraction of Polyphenols From Pomegranate Peels", *Food Chemistry*, 123:878-885.
- [46] Jing, P., Ye, T., Shi, H., Sheng, Y., Slavin, M., Gao, B., Liu, L. ve Yu, L.L., (2012). "Antioxidant Properties and Phytochemical Composition of China-grown Pomegranate Seeds", *Food Chemistry*, 132:1457-1464.
- [47] Saad, H., Charrier-El Bouhtoury, F., Pizzi, A., Rode, K., Charrier, B. ve Ayed, N., (2012). "Characterization of Pomegranate Peels Tannin Extractives", *Industrial Crops and Products*, 40:239-246.
- [48] Liu, G., Xu, X., Gong, Y., He, L. ve Gao, Y., (2012). "Effects of Supercritical CO₂ Extraction Parameters on Chemical Composition and Free Radical-Scavenging Activity of Pomegranate (*Punica granatum* L.) Seed Oil", *Food and Bioprocess Technology*, 90:573-578.
- [49] Iqbal, S., Halem, S., Akhtar, M., Zia-ul-Haq, M. ve Akbar, J., (2008). "Efficiency of Pomegranate Peel Extracts in Stabilization of Sunflower Oil Under Accelerated Conditions", *Food Research International*, 41:194-200.
- [50] Wang, Z., Sun, J., Liao, X., Chen, F., Zhao, G., Wu, J. ve Hu, X., (2007). "Mathematical Modelling on Hot Air Drying of Thin Layer Apple Pomace", *Food Research International*, 40:39-46.
- [51] Lavelli, V. ve Corti, S., (2011). "Phloridzin and Other Phytochemicals in Apple Pomace: Stability Evaluation Upon Dehydration and Storage of Dried Product", *Food Chemistry*, 129:1578-1583.
- [52] Sudha, M.L., Baskaran, V. ve Leelavathi, K., (2007). "Apple Pomace as A Source of Dietary Fiber and Polyphenols and Its Effect on The Rheological Characteristics and Cake Making", *Food Chemistry*, 104:686-692.

- [53] Suárez, B., Álvarez, Á., García, Y.D., Barrio, G., Lobo, A.P. ve Parra, F., (2010). "Phenolic Profiles, Antioxidant Activity and *in Vitro* Antiviral Properties of Apple Pomace", *Food Chemistry*, 120:339-342.
- [54] Yılmaz, E., ve Alagöz, Z., (2009). "Organik Materyal(Elma Posası) Uygulamasının Toprağın Bazı Verimlilik Özelliklerine Etkisi", *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22:233-250.
- [55] Constenla, D., Ponce, A.G. ve Lozano, J.E., (2002). "Effect of Pomace Drying on Apple Pectin", *Lebensm.-Wiss. U.-Technol Journal*, 35:216-221.
- [56] Kumar, A. ve Chauhan, G.S., (2010). "Extraction and Characterization of Pectin From Apple Pomace and Its Evaluation as Lipase (Steapsin) Inhibitor", *Carbonhydrate Polymers*, 82:454-459.
- [57] Reis, S., Rai, D.K. ve Abu-Ghannam, N., (2012). "Water at RoomTemperature as a Solvent for the Extraction of Apple Pomace Phenolic Compounds", *Food Chemistry*, 135:1991-1998.
- [58] Gullón, B., Yáñez, R., Alonso, J.L. ve Parajó, J.C., (2008). "L-Lactic Acid Production From Apple Pomace by Sequential Hyrolysis and Fermentantion", *Bioresource Technology*, 99:308-319.
- [59] Celma, A.R., Rojas, S., López, F., Montero, I. ve Miranda, T., (2007). "Thin-layer Drying Behaviour of Sludge of Olive Oil Extraction", *Journal of Food Engineering*, 80:1261-1271.
- [60] Kumar, N., Sarkar, B.C. ve Sharma, H.K., (2012). "Mathematical Modelling of Thin Layer Hot Air Drying of Carrot Pomace", *Journal of Food Scientists and Technologists*, 49:33-41.
- [61] Meziane, S., (2011). "Drying Kinetics of Olive Pomace in a Fluidized Bed Dryer", *Energy Conversion and Management*, 52:1644-1649.
- [62] Ruiz Celma, A., López-Rodríguez, F. ve Cuadros Blázquez, F., (2009). "Experimental Modelling of İnfrared Drying of Industrial Grape By-Product", *Food and Bioproducts Processing*, 87:247-253.
- [63] Ruiz Celma, A., Cuadros Blázquez, F. ve López-Rodríguez, F., (2009). "Characterisation of Industrial Tomato By-Products From İnfrared Drying Process", *Food and Bioproducts Processing*, 87:282-291.
- [64] Hasbay Adil, İ., Çetin, H.İ., Yener, M.E. ve Bayındırlı, A., (2007). "Subcritical (carbondioxide + ethanol) Extraction of Polyphenols From Apple and Peach Pomaces, and Determination of The Antioxidant Activities of The Extracts", *Journal of Supercritical Fluids*, 43:55-63.
- [65] Şanal, İ.S., Güven, A., Salgın U., Mehmetoğlu, Ü. Ve Çalimli, A., (2004). "Recycling of Apricot Pomace by Supercritical CO₂ Extraction", *Journal of Supercritical Fluids*, 32:221-230.
- [66] Deng, Q., Penner, M.H. ve Zhao, Y., (2011). "Chemical Composition of Dietary Fiber and Polyphenols of Five Different Varities of Wine Grape Pomace Skins", *Food Research International*, 44:2712-2720.

- [67] Bucić-Kojić, A., Planinić, M., Tomas, S., Bilić, M. ve Velić, D., (2007). "Study of Solid-Liquid Extraction Kinetics of Total Polyphenols From Grape Seeds", *Journal of Food Engineering*, 81:236-242.
- [68] Roberts, J.S., Kidd, D.R. ve Padilla-Zakour, O., (2008). "Drying Kinetics of Grape Seeds", *Journal of Food Engineering*, 89:460-465.
- [69] Göğüş, F. ve Maskan, M., (2006). "Air Drying Characteristic of Solid Waste (Pomace) of Olive Oil Processing", *Journal of Food Engineering*, 72:378-382.
- [70] Gianellos, P.N., Sxizas, S., Lois, E., Zannikos, F. ve Anastopoulos, G., (2005). "Physical, Chemical and Fuel Related Properties of Tomato Seed Oil for Evaluating Its Direct Use in Diesel Engines", *Industrial Crops and Products*, 22:193-199.
- [71] Al-Muhtaseb, A.H., Al-Harabsheh, M., Hararah, M. ve Magee, T.R.A., (2010). "Drying Characteristics and Quality Change of Unutilized-Protein Rich-Tomato Pomace With and Without Osmotic Pre-treatment", *Industrial Crops and Products*, 31:171-177.
- [72] Association of Analytical Chemists International, (2000). Solids (total) in Fruits and Fruit Products, Official Method of Analysis 920.151 p.337, Arlington, VA, USA.
- [73] Doymaz, İ., (2006), "Thin-Layer Drying Behaviour of Mint Leaves", *Journal of Food Engineering*, 74:370-375.
- [74] Karaaslan, S. ve Tunçer, İ.K., (2009), "Kırmızı Biberin Fan Destekli Mikrodalga ile Kurutulmasında Kuruma Karakteristiklerinin İncelenmesi ile Uygun Kuruma Modelinin Belirlenmesi", *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 12(2):9-16.
- [75] Wang, Z.F., Fang, S.Z., ve Hu, X.S., (2009). "Effective Diffusivities and Energy Consumption of Whole Fruit Jujube (*Zizyphus jujuba* Miller) in Microwave Drying", *Drying Technology*, 27:1097-1104.
- [76] Mundada, M., Hathan, B.S. ve Maske, S., (2010). "Convective Dehydration Kinetics of Osmotically Pretreated Pomegranate Arils", *Journal of Biosystems Engineering*, 107:307-316.
- [77] Roberts, J.S., Kidd, D.R. ve Padilla-Zakour, O., (2008), "Drying Kinetics of Grape Seeds, *Journal of Food Engineering*", 89:460-465.
- [78] Ghodake, H.M., Goswami, T.K. ve Chakraverty, A., (2006). "Mathematical Modeling of Withering Characteristics of Tea Leaves", *Drying Technology*, 24:159-164.
- [79] Zielinska, M. ve Markowski, M., (2010). "Air Drying Characteristics and Moisture Diffusivity of Carrots", *Chemical Engineering and Processing*, 49:212-218.
- [80] Dissa, A.O., Bathiebo, D.J., Desmorieux, H., Coulibaly, O. ve Koulidiati, J., (2011). "Experimental Characterization and Modelling of Thin Layer Direct Solar Drying of *Amelia* and *Brooks* Mangoes", *Energy* 36:2517-2527.

- [81] Verma, L.R., Bucklin, R.A., Endan, J.B. ve Wratten, F.T., (1985). "Effects of Drying Air Parameters on Rice Drying Models", Transaction of ASAE, 28: 296-301.
- [82] Sobukola, O.P. ve Dairo, O.U., (2007), "Modeling Drying Kinetics of Fever Leaves (*Ocimum viride*) in a Convective Hot Air Dryer", Nigerian Food Journal, 25:146-154.
- [83] Wang, C.Y. ve Singh, R.P., (1978). "A Single Layer Drying Equation for Rough Rice", ASAE, St.Joseph, MI, USA.
- [84] Corzo, O., Bracho, N., Pereira, A. ve Vásquez, A., (2008). "Weibull Distribution for Modelling Air Drying of Coroba Slices", LWT-Food Science and Technology, 41:2023-2028.
- [85] Sacilik, K. ve Elicin, A.K., (2006). "The Thin Layer Drying Characteristics of Organic Apple Slices", Journal of Food Engineering, 73:281-289.
- [86] Sobukola, O.P., Dairo, O.U. ve Odunewu, A.V., (2008), "Convective Hot Air Drying of Blanched Yam Slices", International Journal of Food Science and Technology, 43:1233-1238.
- [87] Tunde-Akintunde, T.Y. ve Ajala, A., (2010), "Air Drying Characteristics of Chili Pepper", International Journal of Food Engineering, 6(1): Article 7.
- [88] Akpınar, K.E. ve Biçer, Y., (2003), "Siklon Tipi Konvektif Bir Kurutucuda Patlıcan Dilimlerinin Kuruma Kinetiğinin Ampirik Bağlıntılarla Açıklanması", Yıldız Teknik Üniversitesi Dergisi, 2:28-36.
- [89] Hutchinson, D. ve Otten L., (1983), "Thin Layer Air Drying of Soybeans and White Beans", Journal of Food Technology, 18:507-522.
- [90] Madhiyanon, T., Phila, A. ve Soponronnarit, S., (2009), "Models of Fluidized Bed Drying for Thin-Layer Chopped Coconut", Applied Thermal Engineering, 29:2849-2854.
- [91] Sanjuán, N., Lozano, M., García-Pascual P. ve Mulet, A., (2003), "Dehydration Kinetics of Red Pepper (*Capsicum Annuum L var Jaranda*)", Journal of the Science of Food and Agriculture, 83:697-701.
- [92] Mengeş, H.O. ve Ertekin, C., (2006), "Havucun İnce Tabaka Kuruma Karakteristiklerinin İncelenmesi", Tarım Makinaları Bilim Dergisi, 2(4):353-362.
- [93] Devahastin, S., (2000). Mujumdar's Practical Guide to Industrial Drying, Exergex Corporation, Canada.
- [94] TS 1728 ISO 1842, (2001). Meyve ve Sebze Ürünleri-pH Tayini, TSE, 1. Baskı, Ankara.
- [95] IFFJP, (2001). International Federation Of Fruit Juice Producers Methods. Analysen-Analyses. Zug, Switzerland: Fruit Union Suisse Assoc. Svizzera Frutta.
- [96] Association of Analytical Chemists International, (2000). Ether Extraction of Confectionery, Official Method of Analysis 920.177, 16th. Ed. AOAC International, Gaithersburg, MD.

- [97] TS 1125 ISO 750, (2002). Meyve ve Sebze Ürünleri-Titrasyon Asitliği Tayini, TSE, 1. Baskı, Ankara.
- [98] Association of Official Analytical Chemists, (2000). Official Method of Analysis AOAC International (17th ed.). Methods 934.01, 988.05, 920.39, 942.05, 962.09 Arlington, VA, USA.
- [99] Association of Analytical Chemists International, (2002). Journal of AOAC International, Vol. 85, pp. 945-951, Gaithersburg, USA.
- [100] Association of Analytical Chemists International, (2002). Journal of AOAC International, Vol. 75, pp. 887-891, Gaithersburg, USA.
- [101] Association of Analytical Chemists International, (2002). Official Method of Analysis International (17th ed.). Method 999.10, Gaithersburg, USA.
- [102] Sarsavadia, P.N., Sawhney, R.L., Pangavhane, D.R. ve Singh, S.P., (1999). "Drying Behaviour of Brined Onion Slices", Journal of Food Engineering, 40:219-226.
- [103] Mengeş, H.O. ve Ertekin, C., (2007), "Vişne Kurutmada Kurumanın Çeşitli Modellerle Açıklanması", Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(42):4-10.
- [104] Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Martín-Sánchez, A., Sánchez-Zapata, E., Fernández-López, J., Sendra, E., Sayas- Barberá, E., Navarro, C. ve Pérez-Álvarez, J.A., (2012). "Chemical, Physico-chemical and Functional Properties of Pomegranate (*Punica granatum* L.) Bagasses Powder Co-Product", Journal of Food Engineering, 110:220-224.
- [105] Joshi, V.K. ve Attri, D., (2006). "Solid State Fermentation of Apple Pomace For The Production of Value Added Products", Natural Product Radiance, 5(4):289-296.
- [106] Figuerola, F., Hurtado, M.L., Estévez, A.M., Chiffelle, I. ve Asenjo, F., (2005). "Fibre Concentrates From Apple Pomace and Citrus Peel as Potential Fibre Sources For Food Enrichment", Food Chemistry, 91:395-401.
- [107] Sato, M.F., Viera, R.G., Zardo, D.M., Falcão, L.D., Nogueira, A. ve Wosiacki, G., (2010). "Apple Pomace From Eleven Cultivars: An Approach to Identify Sources of Bioactive Compounds", Acta Scientiarum Agronomy, 32:29-35.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Cem KARA
Doğum Tarihi ve Yeri : 15.09.1986 Bakırköy
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : cmkara981@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Kimya Mühendisliği	Cumhuriyet Üniversitesi	2010
Lise	Fen Bilimleri	Orhan Gazi Lisesi (Y.D.A.)	2004