

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

**SICAK HAVA VE İNFRARED KURUTMA YÖNTEMLERİ İLE ÖNİŞLEMLERİN
ÜZÜMÜN KURUTMA KARAKTERİSTİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

DERYA TAŞTEKİNOĞLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. İBRAHİM DOYMAZ**

İSTANBUL, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SICAK HAVA VE İNFRARED KURUTMA YÖNTEMLERİ İLE ÖNİŞLEMLERİN
ÜZÜMÜN KURUTMA KARAKTERİSTİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Derya TAŞTEKİNOĞLU tarafından hazırlanan tez çalışması 23.10.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. İbrahim DOYMAZ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. İbrahim DOYMAZ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet MELİKOĞLU
Gebze Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi İlknur KÜÇÜK
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bitirme tezimi hazırlamamda bana her türlü desteği sağlayan, bilgisini ve sabrını esirgemeyen, laboratuvar çalışmalarımda bana yol gösteren, tez yazımım sırasında bana kaynaklar sağlayan, sabırla her türlü sorularıma yanıt veren çok değerli hocam Prof. Dr. İbrahim DOYMAZ'a minnet ve şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım boyunca yanımda olan ve hiçbir zaman manevi desteğini ve ilgisini esirgemeyen çok sevdiğim aileme, özellikle anneme, babama, ablalarıma ve her konuda bana yol gösteren biricik abim Ergün TAŞTEKİNOğLU'na, her zaman yanımda olan ve bilgilerinden yararlandığım çok sevgili arkadaşlarım Betül KAHRAMAN ve Selin DEMİRCİ'ye sevgilerimi ve teőekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Aydoğan Plastik Ambalaj San. ve Tic. A.Ő. bünyesinde çalışan mesai arkadaşlarıma, Sena Miray ACAR'a ve Yüksek lisans tez süresince çalışmalarımı yürütmemde bana destek veren saygıdeğer Genel Müdürüm Bayram AYDOğAN'a sonsuz saygılarımı ve teőekkürlerimi sunarım.

Ekim, 2019

Derya TAŞTEKİNOğLU

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTIMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı.....	2
1.3 Hipotez.....	3
BÖLÜM 2	
ÜZÜM	4
2.1 Üzümün Tarihçesi ve Değerlendirilmesi	4
2.2 Üzümün Kurutulması	7
2.2.1 Üzümün kurutulmasında ön işlemlerin etkisi.....	9
2.3 Üzümün Yapısı.....	11
2.4 Üzümün Bileşimi.....	12
2.5 Üzümün İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri.....	15
BÖLÜM 3	
ÜZÜM ÜRETİMİ, TÜKETİMİ VE İHRACAT DURUMU	17

3.1	Dünya Üzüm Üretimi.....	17	
3.2	Türkiye Üzüm Üretimi.....	18	
3.3	Dünya ve Türkiye Üzüm Tüketimi.....	19	
3.4	Dünya'da Üzümün İhracat Durumu.....	20	
3.5	Türkiye'de Üzümün İhracat Durumu.....	21	
BÖLÜM 4			
KURUTMA.....			24
4.1	Kurutma Teorisi.....	24	
4.1.1	Kurumanın statığı.....	25	
4.1.2	Kurumanın kinetiği.....	25	
4.2	Kurutma Periyotları	26	
4.3	Kurutma Yöntemleri.....	28	
4.4	Kurutma Sistemleri.....	28	
4.4.1	Güneşte kurutma.....	29	
4.4.2	Morötesi radyasyon kurutma.....	29	
4.4.3	İletimle kurutma	30	
4.4.4	İnfrared (Kızılötesi) kurutma	30	
4.4.5	Dondurarak kurutma	32	
4.4.6	Ozmotik kurutma.....	33	
4.4.7	Vakumda kurutma	33	
4.4.8	Karıştırmalı yatakta kurutma.....	34	
4.4.9	Akışkan yatakta kurutma.....	34	
4.4.10	Kızgın buhar atmosferinde kurutma	35	
4.4.11	Flaş kurutma	35	
4.4.12	Tünel kurutma sistemi.....	36	
4.4.13	Taşınım (Direkt) kurutma sistemi	38	
4.4.14	Döner kurutma sistemi.....	38	
4.4.15	Kabin kurutma sistemi.....	38	
4.4.16	Mikrodalga kurutma.....	39	
4.4.17	Dielektrik kurutma.....	40	
4.4.18	Sprey (Püskürterek) kurutma	40	
4.5	Kurutma Sistemlerinde Matematiksel Modellemenin Yeri	41	
BÖLÜM 5			
LİTERATÜR ÇALIŞMALAR.....			43
BÖLÜM 6			
MATERYAL VE YÖNTEM			53
6.1	Materyal.....	53	
6.2	Yöntemler	54	
6.2.1	Kabin kurutucu	54	
6.2.2	İnfrared kurutucu	55	

6.2.3	Teraziler	56
6.2.4	Kuru madde tayini.....	57
6.2.5	Hava akış hızı.....	57
6.2.6	Renk ölçümleri.....	58
6.2.7	Vakumlu paketlenme cihazı.....	59
6.3	Kurutma Denemeleri	60
6.3.1	Kabin kurutucu ile kurutma denemeleri.....	60
6.3.2	İnfrared kurutucu ile kurutma denemeleri.....	61
6.3.3	Kombine kurutma (İnfrared+Kabin) denemeleri.....	61
6.4	Matematiksel Modelleme.....	61
6.5	Regresyon Analizi.....	63
6.6	Difüzyon Katsayısının Hesaplanması	64
6.7	Aktivasyon Enerjisinin Hesaplanması	65
BÖLÜM 7		
DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA		68
7.1	Kabin Kurutucuda Kurutma.....	68
7.1.1	Kabin kurutucuda sıcaklık ve ön işlem etkisi.....	68
7.1.2	Kabin kurutucuda kuruma hızı ile kuruma süresi değişimi.....	72
7.1.3	Kabin kurutucuda kuruma eğrilerinin matematiksel modellenmesi.....	74
7.1.4	Kabin kurutucuda difüzyon katsayılarının hesaplanması.....	79
7.1.5	Kabin kurutucuda aktivasyon enerjisinin hesaplanması.....	81
7.1.6	Kabin kurutucuda renk analizlerinin incelenmesi.....	84
7.2	İnfrared Kurutucuda Kurutma.....	85
7.2.1	İnfrared kurutucuda güç seviyesi ve ön işlem etkisi.....	85
7.2.2	İnfrared kurutucuda kuruma hızı ile kuruma süresi değişimi.....	88
7.2.3	İnfrared kurutucuda kuruma eğrilerinin matematiksel modellenmesi	90
7.2.4	İnfrared kurutucuda difüzyon katsayılarının hesaplanması.....	95
7.2.5	İnfrared kurutucuda aktivasyon enerjisinin hesaplanması.....	97
7.3	İnfrared Kurutucu ve Kabin Kurutucu Kombinasyonu.....	98
BÖLÜM 8		
SONUÇ VE ÖNERİLER		100
KAYNAKLAR		103
ÖZGEÇMİŞ		109

SİMGE LİSTESİ

E_a	Aktivasyon enerjisi(kJ/mol)
MR_{exp}	Deneysel nem oranı
N	Deneysel veri sayısı
K	Doğru eğimi
LDPE	Düşük yoğunluklu polietilen
M	Herhangi bir zamandaki su miktarı (kg su/kg kuru madde)
P	İnfrared güç (W)
χ^2	Khi-kare değeri
a^*	Kırmızılık
N	Kullanılan kurutma modelindeki katsayı sayısı
m_d	Kuru madde miktarı (g)
M_e	Kurutma koşullarındaki havanın içerdiği su miktarı (kg su/kg kuru madde)
M_o	Kurutmaya başlamadan önceki ürünlerdeki su miktarı (kg su/kg kuru madde)
Mhz	Megahertz
Ppm	Milyonda bir birim
MR	Nem oranı
L^*	Parlaklık
R^2	Regresyon katsayısı
b^*	Sarıklık
D_o	Sonsuz sıcaklıkta difüzyon hızı eşdeğer bir sabit (m^2/s)
m_w	Su miktarı (g)
T	Süre
MR_{pre}	Tahmin edilen nem oranı
RMSE	Tahminin standart hatası
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)
R	Üniversal gaz sabiti (kJ/(mol.K))
M	Yaş ürün ağırlığı (g)

KISALTMA LİSTESİ

AHE	Azalan Hızla Kuruma Evresi
AOAC	Kurumsal Analitik Kimyacılar Birliği (Association of Official Analytical Chemists)
Ar-Ge	Araştırma ve Geliştirme
°Bx	Briks
°C	Santigrat Derece
CIE	Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (Commission Internationale de l'Éclairage)
cm	Santimetre
g	Gram
IE	Isınma Evresi
IR	İnfrared Radyasyon
K ₂ CO ₃	Potasyum Karbonat
kg	Kilogram
kJ	KiloJoule
kW	KiloWatt
m	Metre
M.Ö	Milattan Önce
NaOH	Sodyum Hidroksit
Na ₂ S ₂ O ₅	Sodyum Metabisülfid
nm	Nanometre
s	Saniye
SHE	Sabit Hızla Kuruma Evresi
TS	Türk Standartı
W	Watt

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Üzüm genel görünümü.....	4
Şekil 2.2 Kuru üzüm genel görünümü.....	10
Şekil 2.3 Üzüm meyvesinin yapısı.....	11
Şekil 3.1 Türkiye'nin ihracat durumu.....	22
Şekil 4.1 Karakteristik kuruma eğrileri.....	27
Şekil 4.2 Güneş kolektörlü kurutucu.....	29
Şekil 4.3 Kızılötesi ışının elektromanyetik özellikleri.....	31
Şekil 4.4 Dondurarak kurutma sistemi.....	32
Şekil 4.5 Ozmotik kurutma aşamasında oluşan kütle aktarımı.....	33
Şekil 4.6 Akışkan yatakta kurutma sistemi.....	34
Şekil 4.7 Flaş kurutma sistemi.....	36
Şekil 4.8 Tünel tipi kurutucu.....	37
Şekil 4.9 Döner kurutucu.....	38
Şekil 4.10 Kabin kurutucu.....	39
Şekil 4.11 Sprey kurutucu.....	41
Şekil 6.1 Çekirdeksiz üzüm örnekleri.....	53
Şekil 6.2 Kabin kurutucu.....	54
Şekil 6.3 İnfrared kurutucu.....	55
Şekil 6.4 Mettler marka terazi.....	56
Şekil 6.5 Hassas terazi.....	56
Şekil 6.6 Kuru madde tayininde kullanılan etüv	57
Şekil 6.7 Anemometre.....	58
Şekil 6.8 Renk ölçer.....	58
Şekil 6.9 L*a*b* renk uzayının şematik görünümü.....	59
Şekil 6.10 Vakumlu paketleme cihazı.....	59
Şekil 7.1 55°C sıcaklıkta kurutulan üzümün nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi.....	70
Şekil 7.2 60°C sıcaklıkta kurutulan üzümün nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi.....	71
Şekil 7.3 70°C sıcaklıkta kurutulan üzümün nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi.....	71
Şekil 7.4 55°C sıcaklıkta kurutulan üzümün farklı ön işlemler etkisiyle kuruma	

	süresiyle kuruma hızı değişimi.....	72
Şekil 7.5	60°C sıcaklıkta kurutulan üzümün farklı ön işlemler etkisiyle kuruma süresiyle kuruma hızı değişimi.....	73
Şekil 7.6	70°C sıcaklıkta kurutulan üzümün farklı ön işlemler etkisiyle kuruma süresiyle kuruma hızı değişimi.....	73
Şekil 7.7	55°C’de farklı ön işlemlerle kurutulan üzümler için deneysel ve Midilli vd. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerleri.....	78
Şekil 7.8	60°C’de farklı ön işlemlerle kurutulan üzümler için deneysel ve Midilli vd. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerleri.....	78
Şekil 7.9	70°C’de farklı ön işlemlerle kurutulan üzümler için deneysel ve Midilli vd. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerleri.....	79
Şekil 7.10	Kabin kurutucuda farklı sıcaklıklarda ve ön işlemlerle kurutulan üzümlerin etkin difüzyon katsayıları değişimi.....	80
Şekil 7.11	Farklı ön işlemler için sıcaklığın efektif difüzyon katsayısına etkisi.....	82
Şekil 7.12	POTAS kodlu üzümlerin farklı IR güç seviyelerinde kuruma süresiyle nem içeriği değişimi.....	87
Şekil 7.13	KONTROL kodlu üzümlerin farklı IR güç seviyelerinde kuruma süresiyle nem içeriği değişimi.....	87
Şekil 7.14	POTAS kodlu üzümlerin farklı IR güç seviyelerinde kuruma süresiyle kuruma hızı değişimi.....	89
Şekil 7.15	KONTROL kodlu üzümlerin farklı IR güç seviyelerinde kuruma süresiyle kuruma hızı değişimi.....	89
Şekil 7.16	62 W IR güçte POTAS ve KONTROL kodlu kurutulan üzümler için deneysel ve Midilli vd. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerleri.....	93
Şekil 7.17	75 W IR güçte POTAS ve KONTROL kodlu kurutulan üzümler için deneysel ve Midilli vd. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerleri.....	93
Şekil 7.18	88 W IR güçte POTAS ve KONTROL kodlu kurutulan üzümler için deneysel ve Midilli vd. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerleri.....	94
Şekil 7.19	104 W IR güçte POTAS ve KONTROL kodlu kurutulan üzümler için deneysel ve Midilli vd. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerleri.....	94
Şekil 7.20	125 W IR güçte POTAS ve KONTROL kodlu kurutulan üzümler için deneysel ve Midilli vd. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerleri.....	95
Şekil 7.21	İnfrared kurutucuda farklı IR güçlerde ve ön işlemlerle kurutulan üzümlerin efektif difüzyon katsayıları değişimi.....	96
Şekil 7.22	POTAS ve KONTROL kodlu üzümler için IR güçlerin efektif difüzyon katsayısına etkisi.....	97
Şekil 7.23	Kombine kurutma sisteminde (infrared+kabin) kurutulan üzümlerin nem içeriğinin kuruma süresiyle değişimi	99

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Üzümün bileşim öğeleri.....	14
Çizelge 3.1 Dünyada çekirdeksiz kuru üzüm üretim miktarları (bin ton).....	18
Çizelge 3.2 Dünya ve Türkiye tüketim miktarları.....	20
Çizelge 3.3 Türkiye çekirdeksiz kuru üzüm üretim miktarları, ihracat miktarları ve toplam ihracatın üretime oranı.....	21
Çizelge 6.1 Matematiksel modeller.....	63
Çizelge 7.1 Farklı sıcaklıklarda farklı ön işlemler ve ön işlemsiz üzümlerin kuruma süresi incelemesi.....	69
Çizelge 7.2 Kabin kurutucuda 55°C'de farklı ön işlemlerle kurutulan üzümler için matematiksel modeller kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları khi-kare ve RMSE değerleri.....	75
Çizelge 7.3 Kabin kurutucuda 60°C'de farklı ön işlemlerle kurutulan üzümler için matematiksel modeller kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları khi-kare ve RMSE değerleri.....	76
Çizelge 7.4 Kabin kurutucuda 70°C'de farklı ön işlemlerle kurutulan üzümler için matematiksel modeller kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları khi-kare ve RMSE değerleri.....	77
Çizelge 7.5 Kabin kurutucuda farklı sıcaklıklarda ve ön işlemlerle kurutulan üzümlerin efektif difüzyon katsayıları.....	79
Çizelge 7.6 Literatürdeki bazı üzümlerin efektif difüzyon katsayıları.....	81
Çizelge 7.7 Literatürde bazı üzümlerin aktivasyon enerjileri.....	83
Çizelge 7.8 Taze ve kabin kurutucuda kurutulmuş üzümlerin renk analiz değerleri...84	
Çizelge 7.9 Farklı IR güçlerde POTAS ve KONTROL kodlu üzümlerin kuruma süresi incelemesi.....	86
Çizelge 7.10 İnfrared kurutucuda farklı IR güçlerde kurutulan KONTROL kodlu kuru üzümler için matematiksel modeller kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları, khi-kare ve RMSE değerleri.....	91
Çizelge 7.11 İnfrared kurutucuda farklı IR güçlerde kurutulan POTAS kodlu kuru üzümler için matematiksel modeller kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları, khi-kare ve RMSE değerleri.....	92
Çizelge 7.12 İnfrared kurutucuda farklı IR güçlerde ve ön işlemlerle kurutulan üzümlerin efektif difüzyon katsayıları.....	95

**SICAK HAVA VE İNFRARED KURUTMA YÖNTEMLERİ İLE ÖNİŞLEMLERİN ÜZÜMÜN
KURUTMA KARAKTERİSTİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Derya TAŞTEKİNOĞLU

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İbrahim DOYMAZ

Yüksek oranda su içeren meyve ve sebzelerdeki mikrobiyal ve kimyasal bozulmaların önlenmesi ve raf ömrünün artırılabilmesi için uygulanan en yaygın ve en eski yöntemlerden biri olan kurutmada üründe bulunan suyun önemli bir kısmı uzaklaştırılmaktadır. Kurutma ile gıdaların dayanıklılığının artırılması yanında belirli bölgelerde yetiştirilebilen ve dayanma süresi kısa olan meyve ve sebze gibi gıdaların üretiminin yapılmadığı diğer bölgelerde tüketiciye sunulabilmesi mümkün olmaktadır. Kurutma ile üründe meydana gelen ağırlık ve hacim azalmasından kaynaklanan taşıma, depolama ve paketleme maliyetlerindeki azalmalar, kurutma uygulamasının avantajları arasında yer almaktadır.

Bu çalışmada, çekirdeksiz üzümler, bazı ön işlemler (Potasyum Karbonat (POTAS), Sodyum Metabisülfid (SMBS), onların karışımı (POTAS+SMBS) ve ön işlemsiz (KONTROL)) uygulamalardan sonra farklı sıcaklıklar altında (55, 60 ve 70°C) kabin kurutucuda ve farklı IR güçler altında (62, 75, 88, 104 ve 125 W) infrared kurutucuda kurutulmuştur. Kurutma işlemlerine örneklerdeki nem içeriği %20 (yaş bazda) düşünceye kadar devam edilmiştir. Kurutma çalışmaları sonucunda elde edilen veriler ile kurutma eğrileri (nem içeriği-kuruma süresi; kuruma hızı-kuruma süresi) çizilmiştir. Farklı kurutma modelleri kullanılarak matematiksel modelleme çalışmaları yapılmıştır. Uygulanan ön işlemlerin kurutma hızına, kurutma süresine olan etkileri araştırılmıştır. Ön işlemlerli üzümlerin ön işlemsiz üzümlere göre daha kısa sürede kuruduğu gözlenmiştir. POTAS ön işlemin kuruma hızını artırmada diğerlerinden daha etkili olduğu görülmüştür. İnfrared kurutmanın kabin kurutucuya göre daha hızlı kuruttuğu

görülmüştür. Kabin kurutucuda sıcaklık arttıkça, infrared kurutucuda infrared güç arttıkça kuruma süresinin azaldığı görülmüştür. Kurutma davranışını en iyi açıklayan modelin Midilli vd. olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen verilerden yararlanılarak difüzyon katsayıları ve aktivasyon enerjileri hesaplanmıştır. Kurutma havası sıcaklığının ve IR güç seviyelerinin artmasıyla difüzyon katsayı değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Ön işlem uygulamalarının difüzyon katsayı değerlerini artırdığı aktivasyon enerjilerini düşürdüğü görülmüştür.

Aynı zamanda taze üzümlerin ve farklı ön işlemlerle kabin kurutucuda kurutulmuş üzümlerin renk analizleri gerçekleştirilerek kurutma koşullarının ve ön işlemlerin üzümün kalitesine etkisi araştırılmıştır. Taze üzümlere en yakın rengin, 70°C'de kurutulan SMBS kodlu örnekler olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Üzüm kurutma, infrared kurutma, sıcak hava kurutma, matematiksel modelleme, aktivasyon enerjisi, difüzyon katsayısı, renk analizi



**EFFECT ON DRYING CHARACTERISTICS OF GRAPE OF HOT AIR AND
INFRARED DRYING METHODS WITH PRETREATMENTS**

Derya TAŞTEKİNOĞLU

Department of Chemical Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. İbrahim DOYMAZ

In the drying process which is one of the most common and oldest methods applied to prevent microbial and chemical degradation in fruits and vegetables containing high amounts of water and to increase shelf life, a significant part of the water contained in the product is removed. In addition to increase in the durability of the foods by drying, it is possible to be offered to the consumers in other regions where foods such as fruits and vegetables which can be grown in certain regions and with a short duration are not produced. Cost saving in transportation, storage and packaging that was caused by drying resulting weight and volume reduction are among the advantages of drying process.

In this study, after applying some pretreatments (potassium carbonate (POTAS), sodium metabisulfite (SMBS), their mixture (POTAS+SMBS) and untreated (CONTROL)) to seedless grapes, they were dried under different temperatures (55, 60 and 70°C) in the cabinet dryer and under different infrared powers (62, 75, 88, 104 and 125 W) in the infrared dryer. The drying process was continued until the moisture content of the samples decreased to 20% (wet basis). Drying curves (moisture content-drying time, drying rate-drying time) were plotted with the data obtained in the studies of drying. By using different drying models, the studies of mathematical modeling have been made. The effects of the applied pre-treatments on drying rate and drying time were investigated. It was observed that pretreated grapes dried in a shorter time than non-

pretreated grapes. POTAS pretreatment was found to be more effective than others in increasing the drying rate. Infrared drying was found to dry faster than cabinet dryer. As the temperature increased in the cabinet dryer and the infrared power increased in the infrared dryer, it's observed that the drying time decreased. The model that best describes the drying behavior is found to be the Midilli et al. model.

Diffusion coefficients and activation energies were calculated by using the obtained data. It was determined that diffusion coefficient values increased with increasing drying air temperature and IR power levels. It has been seen that pretreatment applications increase diffusion coefficient values and decrease activation energies.

At the same time, color analysis of fresh and dried grapes in cabinet dryer with different pretreatments were carried out and the effect of drying conditions and pretreatments on the quality of grapes were investigated. The color closest to fresh grapes was determined as SMBS coded samples dried at 70°C.

Keywords: Grape drying, infrared drying, hot-air drying, mathematical modeling, activation energy, diffusion coefficient, color analysis



1.1 Literatür Özeti

Dünya genelinde çoğu ülkede yetiştirilen üzüm, en popüler ve en büyük meyve gruplarından biridir. En popüler meyvelerden biri olan üzüm doğrudan tüketilebilir veya kuru üzüm, üzüm suyu ve şarap gibi ürünlere dönüştürülebilir. Taze üzüm nispeten yüksek nem ve şeker içeriğinden dolayı solunum yapar ve hasattan sonra aktif şekilde etrafa yayılır. Üzümler soğutma koşullarında bile, muhafaza esnasında mikrobik bozulmaya karşı çok hassastırlar. Bu yüzden gıda maddelerinin muhafazası için en sık kullanılan yöntemlerden biri olan kurutma, nem içeriğini çok düşük bir seviyeye getirerek mikrobiyal, enzimatik bozunumu veya nem aracılı bozulma reaksiyonlarını önemli ölçüde azaltabilir. Kurutma aynı zamanda, ağırlık ve hacimde önemli miktarda azalma sağlayarak ambalajlama, depolama ve nakliye maliyetlerini en aza indirmek gibi bazı yararlar sağlayabilir.

Üzüm işleme için, üzüm kurutma en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Üzüm kurutma işlemi çok zordur, çünkü üzümler bir balmumu tabakası içerir ve bu da nem hareketine karşı bir bariyer oluşturur. Bu bariyeri aşmak için gıda sanayinde kurutulacak ürüne göre ve uygulanacak yönteme göre farklı sistemlerde farklı kurutma yöntemleri vardır. Bu kurutma sistemleri ortam koşulları, istenilen kurutma süresi ve gıdaya göre uygun olarak seçilmektedir. Kurutma uygulamalarından güneşte kurutma hijyenik olmaması, iklim olaylarından etkilenmesi ve toz ve böcek zararlarından dolayı riskli bir uygulamadır. Bu sebeple alternatif kurutma uygulamaları yapılmaktadır. Çalışmamızda sıcak hava kurutma ve infrared kurutma kullanılacaktır.

Üzüm, bileşiminde yer alan bazı maddeler sayesinde sağlık yönünden çok yararlı bir meyvedir. Üzüm ve ürünlerinin bağışıklığı güçlendirdiği, kanı temizlediği, karaciğer hastalıklarına karşı koruma sağladığı, yüksek tansiyonu koruma altına aldığı ve kansere karşı koruma gösterdiği bilinmektedir.

Üzüm, Türkiye’de üretilen önemli meyveler arasındadır. Üzüm üretimi, en yaygın Türkiye’de Ege Bölgesi’nde yer alan İzmir, Denizli ve Manisa illerinde yapılmaktadır. Üzümler genellikle Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında kurutulup ihracat ve ithalat yapılmaktadır. Türkiye’de üretilen kuru üzümler dünya çapında çok ünlüdür. Ülkemiz konumu itibari ile üzüm üretimi için en uygun iklim kuşağındadır. Dünya çekirdeksiz kuru üzüm üretiminde ilk sıralarda yer almaktadır. Kuru üzüm yetiştiren diğer önemli ülkeler A.B.D., İran, Çin, Hindistan, Yunanistan ve Avustralya şeklindedir.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada, İstanbul’da tüketime sunulan marketlerden alınan çekirdeksiz üzümlerin ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak farklı kurutma koşullarında, kabin kurutucuda ve infrared kurutucuda kurutulması amaçlanmaktadır. Kabin kurutucuda ve infrared kurutucuda kurutulan ürünlerin kuruma süreleri ve kuruma hızları tespit edilip birbirleri ile kıyaslanacaktır. Ayrıca ön işlemlilerin kurutma süresine ve kurutma hızına etkisi araştırılacaktır. Bu koşullarda ortaya çıkan veriler ışığında kuruma eğrileri çizilecek, farklı kurutma modelleri ile matematiksel modellemeler yapılacaktır. Çalışmada Lewis, Henderson ve Pabis, Logaritmik, Page, Midilli vd., Wang ve Singh ve Parabolik modeller kullanılacaktır. Modellerin performansı için, deneysel ayrılabilir nem oranı ile tahmini ayrılabilir nem oranı arasındaki ilişki için regresyon katsayısı (R^2), khi-kare (χ^2) ve tahminin standart hatası (RMSE) hesaplanarak belirlenecektir. Böylece üzümün kuruma davranışını en iyi açıklayan model tespit edilecektir.

Ayrıca bu verilerden yararlanarak difüzyon katsayıları ve aktivasyon enerjileri hesaplanacaktır. Taze üzümlerin ve farklı ön işlemlilerle kabin kurutucuda kurutulmuş üzümlerin renk analizleri gerçekleştirilerek kurutma koşullarının ve ön işlemlilerin üzümün kalitesine etkisi araştırılacaktır.

1.3 Hipotez

Çekirdeksiz üzümler, bazı ön işlemler (Potasyum Karbonat (K_2CO_3), Sodyum Metabisülfid ($Na_2S_2O_5$), onların karışımı ve ön işlemsiz (KONTROL)) uygulamalardan sonra farklı sıcaklıklar altında (55, 60 ve 70°C) kabin kurutucuda ve farklı IR güçler altında (62, 75, 88, 104 ve 125 W) infrared kurutucuda kurutulmuştur. Kurutma işlemlerine örneklerdeki nem içeriği %20 (yaş bazda) düşünceye kadar devam edilmiştir. Deneysel verilerden yararlanılarak, farklı kurutucularda kurutulan üzümler için kuruma eğrileri çizilmiştir. Elde edilen verilerden infrared kurutucuda kurutulan üzümlerin kabin kurutucuda kurutulan üzümlere göre daha kısa kuruma süresine sahip olduğu görülmüştür. Farklı ön işlem uygulamalarının üzümlerin kuruma süresine etkileri incelenmiştir. Matematiksel modelleme çalışmaları yapılarak uygulanan matematiksel modellerden en uygun olanı tespit edilmiştir. Ayrıca deneysel veriler ışığında difüzyon katsayıları ile aktivasyon enerji değerleri hesaplanıp literatürdeki değerlerle kıyaslanmıştır. Taze ve farklı ön işlemlerle kabin kurutucuda kurutulmuş üzümlerin renk analizleri gerçekleştirilmiş, birbirleri ile kıyaslanmıştır. Taze üzüm rengine en yakın renge sahip olan örnekler tespit edilmiştir.

BÖLÜM 2

ÜZÜM

Üzüm, günümüzde en sevilen meyveler arasında yer almaktadır (Şekil 2.1). Dünya çapında en yaygın yetiştiriciliğe sahip meyvelerden biri olan üzümün, çeşitli uygulamaları olmasından, iklim ve toprak isteğinin çok özellikli ve açık olmasından, uzun süreli olmasından ve fazlalaştırma uygulamalarının kolaylığı gibi birçok avantajı vardır [1].



Şekil 2.1 Üzüm genel görünümü

2.1 Üzümün Tarihi ve Değerlendirilmesi

Yeryüzündeki en eski bitkilerinden biri olan asma meyvesinin yani üzümün, 150 milyon sene öncesinden geldiği bilinmektedir. Diğer meyve türleriyle karşılaştırıldığında en fazla çeşide sahip türlerden biridir. Günümüz koşullarında 10000'den fazla üzüm çeşidi

olduğu varsayılmaktadır ve bunun yaklaşık 1,200 çeşidinin kökeni Anadolu'dan çıkmıştır [2]. Anadolu'da bağcılık kültürünün tarihi çok eskidir. Yeryüzünde çok geniş bir alana sahip olan asma, M.Ö. 5000-6000 yıllarında Kafkasya ve Anadolu'da kültürlenip ve zaman ilerledikçe her yere yayıldığı elde edilen çalışmalarla ortaya çıkarılmıştır. Böylece üzüm yetiştiriciliği ile ilgili ülkemizde farklı bölgelerde yapılan arkeolojik çalışmalarda eski yıllara has birçok eser çıkarılmıştır. Bağcılık, ülkemiz konumu itibari ile dünyada en uygun iklim kuşağındadır. Ülkemizin bağcılıkta uygun konumda olması sebebiyle kaliteli ve verimli üzüm üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Üzümünden sofralık, kurutmalık, şıralık, şaraplık ve çeşitli şekillerde de değerlendirilebilen yüksek kaliteli ürünler üretilir. Ülkemizde bu ürünlerden ihracat ve ithalat yapılarak çok iyi bir kazanç sağlanmaktadır [3].

Sultaniye çekirdeksiz üzüm çeşidi, çekirdeksiz kuru üzümün verimli olarak üretilen özel bir türü olarak bilinmekte ve 18. yüzyıl bitiminden bu yana üretimi devam etmektedir. Sultaniye ismi lezzeti, tadı ve hoş bir aromasıyla sultan sofralarını süslemesinden, sultanlara layık olmasından dolayı verilmiştir [4]. Dünyada yetiştirilen Sultani çekirdeksiz üzüm özellikle ABD, Avustralya, Rusya ve Yunanistan olmak kaydıyla bütün ülkelere, Ege Bölgesi'nden ulaştırılmıştır. Kaynağını Ege Bölgesinden alan Sultani çekirdeksiz üzüm çeşidi, ilk olarak 1878 senesinde İzmir'den Girit'e götürülmüştür. Thompson adında bir Amerikalı, 1879 senesinde İzmir'den çekirdeksiz üzüme ait bir türü yanında götürerek Kaliforniya taraflarında yetiştirip yaygınlaştırmaya başlamıştır. Bu nedenle Sultani çekirdeksiz çeşidimiz ABD ülkesinde Thomson Seedless ismiyle bilinmektedir. Farklı ülkelerde aynı üzüm çeşitleri farklı isimlerde anılmaktadır. Sultani çekirdeksiz üzüm ismi, değişik adlarla Sultana, Sultanina, Sultanieh, Thompson Seedless, Oval Kışmış ve Ak Kışmış olarak da ifade edilmiştir. Çekirdeksiz üzümün Avustralya'ya götürülmesi ise İzmir'deki Rum bağcılarının bu bölgeye yerleşmesiyle gerçekleşmiştir. Bu nedenle göç edilen yerlere edinilen tarımsal bilgiler de beraberlerinde gitmiştir. Daha ileriki zamanlarda Sultani çekirdeksiz üzümün öncelikle kurutmalık ve çeşitli değerlendirme şekilleri olarak üretilmesi çok sayıda ülkede öğrenilerek kullanılmıştır. Böylece yaygınlaştırılması sağlanmıştır [5].

Türkiye'de Sultani çekirdeksiz üzüm üretimi en fazla Ege Bölgesinde yer alan İzmir, Denizli ve Manisa illerinde yapılır. Ülkemizde bu yerler dışında hemen hemen her

bölgede üzüm üretimi yapılmaktadır. Çekirdeksiz kuru üzümü yetiştiren en önemli ülkeler; A.B.D., Türkiye, İran, Çin, Yunanistan, Avustralya, Şili ve Güney Afrika şeklindedir.

Genellikle Türkiye’de üzüm hasat süresi Ağustos ayı ortalarından Eylül ayı ortalarına kadar sürer. Üzümlerdeki hasat zamanına olgunluk derecesi tespit edilerek karar verilir. Olgunluk derecesinin tespit edilmesinde ise şıradaki kuru madde miktarından yararlanılır. Kuru madde değeri 22-23°Bx olduğunda ya da bome derecesi 12-13°Bome elde edildiğinde üzüm hasat edilmesine karar verilebilir. Bome derecesinin 1,8 ile çarpımı şıradaki kuru madde miktarını verir. Hasat zamanında alınması gereken bu değerler, istenen renkte ve en kaliteli kuru üzüm elde etmek için en iyi kurutma randımanı alınan değerlerdir [4].

Üzüm başlıca olmak üzere üç farklı şekilde kurutmalık, sofralık ve şaraplık olarak değerlendirildiği bilinmektedir. Ancak, doğal ürünlere olan talebin son zamanlarda artmış olması bu ürünlerin tüketimini oldukça yaygın hale getirmiştir. Bu sayede üzümünden çok çeşitli pekmez, sirke, köfter, sucuk, pestil gibi ürünler elde edilmektedir. Bu çeşitli ürünler de genelde üzümün şırasından elde edilerek üretilmektedir.

Türkiye’de üretilen üzümün değerlendirme şekillerine bakıldığında, yaklaşık olarak %40’ının çekirdekli ve çekirdeksiz kurutmalık, %30’unun sofralık, %28’inin şıralık ve %2’sinin de şaraplık olarak kullanıldığı tespit edilmiştir. Şarap üretim oranının çok düşük olmasına rağmen, son zamanlarda ülkemizde şarap üretimine olan talep yükselmeye başlamıştır [6]. Tüm bu bilgiler doğrultusunda, üzümün yalnız taze halde tüketilen bir meyve olmadığı, çok alternatifli bir meyve olarak farklı değerlendirme şekilleri ile tüketildiği anlaşılmaktadır. Çeşitli üzüm ürünlerinin yanında üzüm yaprağı da önemli bir tüketim grubundadır. Ülkemizde belli zamanlarda toplanan asma yaprakları hem taze olarak hem de salamura yapılarak sarma yapılarak değerlendirilmektedir. Bu sebeple üzüm yaprakları üreticiler için gelir kaynağı olmuştur.

Üzüm değerlendirme şekillerinden biri olan sofralık üzüm tüketicisi yönünden değerlendirilirken tat, renk ve aromasına önemle bakıldığı kadar salkım şekli, tanelerin iriliği, sertliği, diriliğine de bakılmaktadır. Sofralık üzüm tüketiminde tüm bu özellikler büyük bir önem arz etmektedir. Tüketicisi yönünden bu özellikler tazelik faktörü olarak

belirlenmektedir. Bunun için üzümleri hasat etme süresi büyük önem taşımaktadır. Vaktinden önce olgunlaşma süresi sona ermeden hasat olan üzümlerde gerekli iriliğe, sertliğe ve diriliğe ulaşamamaktadır. Çünkü üzümlerde hasat sonrası olgunlaşma olmamaktadır. Üzümler hasat edildikten sonra tüketiciye erken bir şekilde ulaştırılmalıdır. Zira üzümlerde meydana gelen mumsu tabakalardaki bozulmalara ve tanelerdeki su kaybına yol açabilmektedir. Böylelikle arzu edilen diriliğin ve sertliğin kayıp olmasına sebep olmaktadır [3].

Tarım ürünleri besleyici değerleri kayıp olmayacak şekilde, hasat işleminden tüketiciye sunulana kadar olan süreçte saklanma koşullarına göre muhafaza edilmelidir. Hasat edilmiş meyve ve sebzeler uygun koşullarda depolara konulmadan önce farklı işlem ve aşamalardan geçmektedir. Bu nedenle çok çeşitli metotlardan yararlanılabilmektedir. Bu metotlar; soğutmak (solunum hızını azaltmak), pastörizasyon (zararlı mikroorganizmaların etkinliğinin durmasını sağlama), kimyasal yöntemlerden yararlanmak, tuzlama yapmak, şekerle korumak, koruyucu katkı maddesi kullanmak, atmosfer kontrolü içerisinde bulundurmamak, konserve yapmak ve kurutmaktır.

2.2 Üzümün Kurutulması

Üzümün kurutulması, üzüm saklama metotları içerisinde en yaygın kullanılanıdır. Kurutma, en eski ve en ekonomik muhafaza yöntemi olarak bilinen insanoğlunun doğadan öğrendiği ve zamanla geliştirdiği bir yöntemdir. İnsanların çok eski zamanlarda üzüm gibi meyveleri kurutarak muhafaza ettikleri bilinmektedir. Kurutma, yaş ürünlerdeki serbest suyun uzaklaştırılmasını sağlayarak ürünlerde oluşacak mikroorganizmaların gelişimini engellemek ve biyokimyasal reaksiyonları sonlandırmak için yapılmaktadır. Ürünlerin kurutulması ile kurutma sonrasında oluşan ağırlık ve hacim kaybından dolayı, hem nakliyede ve stoklamada hem de ambalajlamada oluşan maliyetler de düşmektedir. Kurutma ile besin değeri daha kaliteli ürünler elde edilmeye çalışılmaktadır. Ayrıca kurutma ile diğer yöntemlere göre daha ucuz, daha az işçilik ve daha az ekipmanla gıdaların korunması gerçekleştirilmektedir [8]. Son yıllarda özellikle kurutulmuş meyve üretimi ve buna bağlı olarak tüketimi gün geçtikçe daha da artmaktadır.

Gıda sanayisinde ürünlerin kurutulması ile ürün kalitesinde başta lezzet, yapı, renkte kaybolan değerleri araştırmak için farklı kurutma sistemleri denenerek çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Kurutma sonunda ürün özelliklerinde meydana gelen kalite kaybının en aza indirilmesi, daha hızlı kurutma sağlanması, daha homojen, hijyen ve maliyetin düşürülmesi için güneşte kurutma ve sıcak havada kurutma uygulamalarına alternatif olabilecek yeni uygulamalar için çok sayıda araştırmalar yapılmıştır. Kurutma uygulamalarında doğru ve uygun yöntemlerin seçilmesi için ürünün fiziksel ve kimyasal özelliklerinin, rehidrasyon kapasitesi ile nem değerlerinin tespit edilerek karar verilmesi gerekir [8].

Kurutma uygulamalarından olan güneşte kurutma, hijyenik koşullara uygun olmaması ve iklim olaylarından çok fazla etkilenmesine karşın halen önemli bir kurutma uygulamasıdır. Üzüm yüksek şeker içeriğine ve nem içeriğine sahip olmasından dolayı depolama esnasında mikrobiyal bozulmaya karşı çok hassastır. Bu nedenle, ekonomik kayıpları azaltmak için hasattan kısa süre sonra çeşitli ürünlere işlenmeli ya da tüketilmelidir. Kuru üzüm eldesi için üzümleri kurutma işlemi hemen hemen tüm üzüm yetiştiren ülkelerde önemli işleme yöntemidir. Geleneksel olarak kuru üzüm, su içeriğini önemli ölçüde düşüren 8-10 gün boyunca meyvenin güneşle kurutulmasıyla elde edilir. Bu kurutma yöntemi ucuzdur, ancak toz ve böcek enfeksiyonundan dolayı hasar riski vardır. Bunun bir alternatif kurutma şekli üzümün sıcak hava ile kurutulmasıdır. Genellikle gıdaların kurutulmasında, yüksek sıcaklık ve uzun kuruma süreleri gıdanın dokusunda, renginde, lezzetinde ve besin değerinde hasarlar yaratır [9]. Bu hasarları önlemek için uygun kurutma özellikleriyle gerekli çalışmalar yapılmaktadır.

Çekirdeksiz kuru üzüm olarak dünya pazarlarında iki çeşit bandırılmış kuru üzüm ve bandırılmamış (KONTROL) kuru üzüm bulunmaktadır. Kurutma yapılacak üzümler için genelde çekirdeksiz üzüm tercih edilmektedir. Başta Ege Bölgesi'nde yetiştirilen Sultani çekirdeksiz üzüm çeşidinin büyük bir kısmı Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında kurutulup ihracat ve ithalatı yapılarak satışa sunulmaktadır. Genelde kolay ve ekonomik olmasından dolayı güneşte kurutma yöntemi tercih edilmektedir [4].

Çekirdeksiz üzümler hasat edildikten sonra sergiler üzerine serilerek kurutma işlemi yapılmaktadır. Kurutma işlemi için geliştirilen yer tipi sergiler üzümlerin toprak sıvama,

kâğıt, propilen kaneviçe ve beton üzerine serilerek kurutulmasıyla gerçekleşir. Daha temiz ve kaliteli kurutma için beton sergiler tercih edilmektedir. Kurutma işlemi için yer tipi sergilerin yanında yüksek sistem tel sergiler de tek sıralı veya çift sıralı olarak vardır [5].

Üzümlerde serme durumu, sergi tipine göre değişmektedir. Yer tipi sergilerdeki üzüm kurutma işlemi hava sıcaklığına göre yaklaşık 5-12 günde, yüksek sistem tel sergilerdeki kurutma işleminde ise yaklaşık 14-15 günde gerçekleşmektedir. Üzümlerdeki nem oranı %12-18'e ulaştığında kurutma işlemi tamamlanmaktadır [4]. Yer sergilerinde kurutulan üzümler kurutma işleminin sonunda sergiden kaldırılmadan 1 gün evvel tahta tırmıklarla karıştırılıp kurutma ve renk homojenliğinin sağlanmasına çalışılmaktadır.

2.2.1 Üzümün kurutulmasında ön işlemlerin etkisi

Kurutma prosesinde üzümün kurutma hızını artırmak, tane üzerindeki pus tabakasını kaldırarak salkımların pırıl pırıl olmasını sağlamak için üzümlere çeşitli ön işlemler uygulanarak bandırma işlemi yapılmaktadır. Ege bölgesinde yaygın olarak kullanılan "Soğuk Bandırma" yöntemi kurutma işlemini hızlandıran yöntemlerden biridir. Üzümlerin bandırılması için potasyum karbonat (K_2CO_3) ile ucuz ve kolay avantajları olması sebebiyle zeytinyağı karışımı kullanılmaktadır. Başka ülkelerde bandırma işleminde zeytinyağına alternatif olarak bazı yağ asidi esterleri (etil oleat, amil oleat ve etil stearat vb.) de uygulanabilmektedir. Ülkemizde soğuk bandırma sırasında %5 oranında potasyum karbonat (K_2CO_3) ve %0,5-1 oranında zeytinyağı tercih edilmektedir. Bandırmada bu oranlardan daha fazla yağ kullanıldığında üzümlerde üzümün kalitesini düşüren arzu edilmeyen görüntüler meydana gelmektedir. Bu yöntem sayesinde tane yüzeyindeki mum (wax) tabakasının monomoleküler yapısı bozulmakta ve tane kabuğunun su geçirgenlik özelliği artmaktadır. K_2CO_3 maddesi higroskopik bir özelliğe sahiptir. Bu özelliği sayesinde üzümün yapısında yer alan su daha kolay dışarı çıkar. Ayrıca kabukta bulunan oleanolik asit gibi serbest asitleri nötralize edip kuruma olayını hızlandırmaya çalışmaktadır. Bunun yanında kuruma işlemi esnasında oluşan nem ve su kayıpları hızlanarak, polifenol oksidaz enziminin faaliyeti yavaşlatılarak renk esmerleşmeleri engellenmektedir [4], [10].



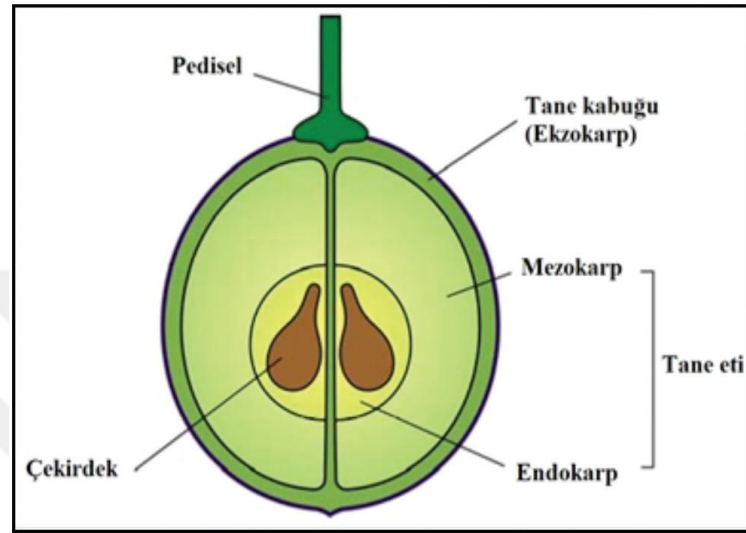
Şekil 2.2 Kuru üzüm genel görünümü

Bandırma çözeltisiyle işleme tabi tutulmayan üzümler, kabukları sert olup, koyu gri ve siyaha yakın renklere, yüzeyleri yağsız bir görüntüye sahip olup ve başka bir forma geçmeye daha mukavemetlilerdir. Bandırma çözeltisi kullanılarak kurutulmuş üzümler ince kabuklu, oldukça yağlı bir yapıya sahip ve çok tatlıdırlar (Şekil 2.2). Bu sebeple genelde kalite ve tat bakımından bandırılmış üzümler tercih edilmektedir [11]. Üretim sırasında yapılan ve bölgeden bölgeye değişen bazı uygulamalar doğrultusunda kuru üzümün kalitesi farklılık göstermektedir. Bu farklılıkların sebebi; uygun olmayan zamanda hasat edilen üzüm, bilinçsizce yararlanılan bitki gelişim düzenleyiciler, asmadaki salkım sayısının fazlalığı, yanlış bir şekilde yapılan yaz budamaları ve yanlış uygulanan bandırma çözeltisi, yanlış kurutma sistemi seçimi gibi hatalar olmaktadır. Bu hatalar kurutulmuş kuru üzümün kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Son üründe istenilen kuru üzümün kalite özellikleri için, üzümlerin belirli bir olgunluk zamanında hasat edilmesi, uygun bandırma çözeltisinin hazırlanması, üzüm yapısına ve ekonomiye uygun kurutma yönteminin tercih edilmesi gerekir.

Yapılan çalışmalarda üzümün kurutulmasında, askorbik asit, polifenollerin ve antioksidan özelliklerinin içeriği etkilenmektedir. Bu nedenle daha iyi kalitede ürünler elde etmek için sadece kuruma süresini azaltmak için değil, aynı zamanda kurutmada kullanılan sıcaklıkları azaltmak için çaba sarf edilmelidir. Üzümün kurutulması zordur, çünkü üzümler bir balmumu dış soyma tabakası içerir ve bu da zar boyunca nem hareketine karşı bir bariyer gibi davranır. Bu bariyeri aşmak için çeşitli kurutma yöntemleri ve ön işlemler araştırılmıştır [12].

2.3 Üzümün Yapısı

Üzüm meyvesi, ekzokarp diye adlandırılan tane kabuğu, mezokarp ve endokarpın oluşturduğu tane eti ve çekirdekten oluşarak toplamda üç kısımdan meydana gelmektedir. Şekil 2.3'de üzüm meyvesini oluşturan kısımlar gösterilmektedir.



Şekil 2.3 Üzüm meyvesinin yapısı [13]

Tane kabuğu, olgunlaşmış bir üzüm tanesinin toplam ağırlığının %5-12 sini oluşturmaktadır. Tane kabuğunun en dış tabakası hidroksillenmiş yağ asitlerinden oluşan hidrofobik bir mumsu tabakaya sahiptir. Kabukta yer alan mumsu tabaka, tane kabuğu ağırlığının %1-2'sini meydana getirmektedir. Tane kabuğu, üzüm meyvesini fiziksel ve dış etkenlerden olabilecek tüm zararları engelleyerek su geçirmeme özelliğini de kullanarak bir koruma sağlamaktadır. Tane kabuğu aroma, renk ve tat maddelerine sahip olup, bunun yanında %78,8 oranında oleanolik asite, %10,3 alkole, %4 estere, %2,7 yağ asitlerine, %2 oranında aldehite ve %0,7 oranında parafine sahip olduğu tespit edilmiştir. Pus tabakası aynı zamanda, üzüm meyvesini güneş yanığına, su kaybına ve fungal enfeksiyonlara karşı bir koruma da sağlamaktadır. Aynı zamanda sofralık üzümlere görsel çekicilik katarak tüketicilerin beğenisini sağlamaktadır.

Tane eti, üzüm tanesinin toplam ağırlığının yaklaşık %85'lik kısmını oluşturarak en büyük paya sahiptir. Üzümün olgunlaşma aşamasında üzüm tanesine suyun, şekerin ve geri kalan organik maddeleri transfer eden dokular mezokarpta bulunan ksilem ve

floemdir (Şekil 2.3). Üzüm meyvesindeki tane eti tane kabuğuna yapışmış bir şekilde bulunmaktadır.

Çekirdek, üzüm meyvesindeki toplam ağırlığın yaklaşık %10'unu oluşturmaktadır. Üzüm tanesinde ve büyümesinde etkili olan çekirdek kısmı, tanen bakımından %5-8, yağ bakımından da %10-20'den oluşmaktadır. Olgunlaşma süresince tohum kabuğu tabakalaşarak çekirdeklerin sert bir yapıya sahip olmasına yardımcı olmaktadır.

2.4 Üzümün Bileşimi

Üzüm, Vitis cinsinin devamlı ve yaprak döken ağaçsı üzümlerinden yetişen, klimakterik olmayan bir meyvedir. Üzümler fenolik, flavonoid, antosiyanin ve resveratrol gibi fitokimyasal maddeler, vitaminler, fenoller, karotenoidler gibi sağlığımıza faydalı olan bazı maddeler bulundurur. Üzüm bünyesinde yer alan bu maddeler önemli antioksidan aktivite göstererek yüksek miktarları sayesinde sağlık yönünden yararlı olduğu görülmüştür [12].

Üzüm meyvesinin bünyesinde yer alan maddelere aşağıda kısaca değinilmiştir:

- Şekerler, üzüm yapısında fazla miktarda olmasından dolayı üzümün kalorisi çok yüksektir. Üzüm tanesinde tane kabuğunun etrafında şeker oranı yüksek hücrelerin yer aldığı bilinmektedir. Asimilasyon yapan yapraklardan üretilen şekerler, floem dokuları vasıtasıyla üzüm tanesine taşınmaktadır. Böylece sukroz şekli üzüm tanesine yapraklar tarafından taşınan şekerler sayesinde olmaktadır. Sukroz şekli, enzimler sayesinde glukoz ve fruktoza metabolik yollarla parçalanmaktadır. Aynı zamanda üzüm tanesinde malik ve tartarik asitten sentezlenen çok az miktarda şeker de bulunmaktadır.
- Organik asitler, üzümlerin tadına ekşilik katmakla birlikte, yapraklarda ve tanelerde sentezlenen organik asitler floem dokuları yoluyla taşınmaktadır. Üzümlerin olgunlaşma indeksinin hesaplanmasında organik asitlerden faydalanılmaktadır. Üzüm tanesinde en fazla miktarlarda tartarik, malik ve sitrik asit bulunmaktadır [13].
- Fenolik maddeler; renk, tat ve aromadan sorumlu olup üzüm bileşiminde yer alan genellikle şaraplık ve sofralık üzüm için önemli kalite kriterleri olarak bilinmektedir. Üzümün bünyesinde yer alan fenolik maddeler, flavonoidler ve flavonoid olmayanlar olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Flavonoide sahip grup, antosiyaninlerden, flavanoller

diğer ismiyle tanenlerden ve flavonollerden oluşmaktadır. Flavonoide sahip olmayan grup, fenolik asitlerden ve stilbenlerden meydana gelmektedir. Fenolik maddeler, üzüm tanesinin kabuğunda %33 oranında, üzüm tanesinin etinde %4,1 ve üzüm çekirdeğinde %62,6 oranında yer almaktadır. Ayrıca suyu, şekerleri, organik asitleri, vitaminleri ve mineralleri üzüm tanesi kendi bünyesinde biriktirerek aroma maddeleri sentezini fenolik bileşik grubuyla yapmaktadır.

➤ Antosiyaninler, üzümlerdeki renkleri oluşturan grup olarak bilinmekte ve fenolik maddeler yönünden değerli bir grup olarak üzüm bileşiminde yer almaktadır. Antosiyaninler doğal renk pigmentlerine sahip olduğundan üzümlere farklı renklerde kırmızı ton, mavi ton ve mor tonları katan önemli beslenme kaynaklarıdır. Antosiyaninlerin, antioksidan aktiviteye, anti-inflamatuvar aktiviteye, antikanser aktivitesine, apoptotik indüksiyon etkisine, a-glukozidaz inhibisyon aktivitesine, görme faydaları ve kollajen üzerindeki etkisine, kan trombosit agregasyonu ve kılcal geçirgenliğine sahip oldukları kanıtlanmıştır. Antosiyanin pigmentleri, üzümlerin ben düşme zamanında meydana gelmesiyle ve zaman geçtikçe olgunlaşmayla yapıda birikmesiyle, belli bir zaman sonra çok etkili bir seviyeye ulaşmış olurlar [12], [14].

➤ Tanenler, fenolik bileşik grubunun en önemli ikinci grubu olarak üzüm bünyesinde yer almaktadır. Tanenler, fenolik bileşiklerle şekerlerin esterleşmesinden oluşan kompleks yapılardan meydana gelmektedir. Üzümlerde ve özellikle şarapların tadında etkili olan tanenler, meyveye buruk bir lezzet verirler. Üzümlerin kabuk, sap ve çekirdeklerinde tanenler bol miktarda bulunmaktadır.

➤ Flavonoller, beyaz ve siyah üzümlerde bulunan pigmentleri oluşturmaktadır. Ancak sarı renkten sorumlu olmaları sebebiyle beyaz üzümlerde daha çok önem taşırlar. Flavonoid olmayan gruptan biri olan, fenolik asitler az miktarda tane kabuğunda bulunmaktadır. Fenolik asitler renksiz olup, oksidasyon sonucu sarı renge dönüşebilmektedir. Stilbenler ise tane kabuğu ve yaprakta bulunmaktadır [13]. Mineral maddeler, topraktan kökler yoluyla bitki bünyesine alınır. Üzüm meyvesinin tane ağırlığının %0,2-0,6'sını mineral maddeler oluşturmaktadır.

➤ Demir, sodyum, kalsiyum, potasyum gibi bazı vitaminlerin üzüm içeriğinde olmasından dolayı üzüm meyvesi zengin bir besin kaynağıdır. Bu sebeple üzümün

bileşimini araştırmak ve sağlığa kattığı değerleri bilmek gerekir. Çizelge 2.1’de üzümün başlıca bileşim öğeleri ve 100 g için besin değerleri verilmiştir [15].

Çizelge 2.1 Üzümün bileşim öğeleri [15]

Bileşim Öğesi	Birim	Miktar (100 g için)
Su	g	80,54
Enerji	kCal	69
Protein	g	0,72
Toplam yağ	g	0,16
Karbonhidrat	g	18,10
Lif	g	0,9
Toplam Şeker	g	15,48
Mineraller		
Kalsiyum, Ca	mg	10
Demir, Fe	mg	0,36
Magnezyum, Mg	mg	7
Fosfor, P	mg	20
Potasyum, K	mg	191
Sodyum, Na	mg	2
Çinko, Zn	mg	0,07
Vitaminler		
C Vitamini (Askorbik asit)	mg	3,2
Thiamin	mg	0,069
Riboflavin	mg	0,070
Niasin	mg	0,188
Vitamin B-6	mg	0,086
Folat, DFE	µg	2
Vitamin B-12	µg	0,00
Vitamin A, RAE	µg	3
Vitamin A, IU	IU	66
Vitamin E(α-tokoferol)	mg	0,19
Vitamin D (D2 + D3)	µg	0,0
Vitamin D	IU	0
K Vitamini	µg	14,6
Yağ Asiti	g	0,054
Kolesterol	mg	0
Kafein	mg	0

- Aroma, tat ve koku bileşiminden meydana gelip yoğunluğu üzüm çeşidine göre değişmektedir. Genellikle aroma kabukta çok miktarda toplanmakta, tane etinde ise çok az yer almaktadır.
- Vitamin miktarları, üzüm bünyesinde olgunlaşma süresince artmaktadır. Üzüm meyvesi, B ve C vitaminleri yönünden de zengindir.

2.5 Üzümün İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Üzüm ve ürünleri, sağlıklı ve dengeli bir beslenme için insan sağlığı açısından son derece yararlı bir gıda maddesidir. Beslenmede önemli bir yere sahip olan üzüm ve ürünleri yalnızca besin içeriği yönünden değil, aynı zamanda sağlık yönünden de çok yönlü olumlu etkileri sebebiyle büyük önem taşımaktadır.

Üzümün insan sağlığı üzerine etkileri kısaca aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

- Üzüm, yapısında bulunan glikoz ve fruktozdan meydana gelen basit şekerlerden dolayı yüksek bir enerji kaynağıdır.
- Üzüm içerdiği yüksek kaloriye rağmen, az miktarda protein ve yağ içerdiği için diyet yapmak için ideal bir besin maddesidir. İdeal bir besin kaynağı olan üzüm ve üzüm ürünlerinin farklı lezzetleri ve besin değerleri olduğu için sağlık üzerine çok yönlü olumlu etkiler katmaktadır. Ancak üzümün sağlığa katmış olduğu etkileri, işleme özelliğine göre farklılık yaratmaktadır.
- Üzüm ve ürünleri; kalp sistemini düzenlemesi, bağışıklığı güçlendirmesi, eklem ağrılarına ve romatizmaya çok iyi gelmesi, felç riskini düşürmesi, meyve asitleri içermesi ve lifli bir yapıda olduğu için sindirim sistemini düzenli bir şekilde çalıştırması, vücuttaki kan dolaşımını düzenlemesi, böbrek taşlarının düşürülmesinde fayda sağlaması, kanı temizlemesi, vücuttaki yağların erimesi, karaciğer hastalarına karşı koruma sağlaması gibi özelliklere sahiptir.
- Aynı zamanda siyah üzüm, kabukları ve çekirdekleri ile birlikte beslenildiğinde hücreleri yenileme özelliği göstermektedir. Kırmızı üzümde yer alan polifenollerin ise kalp hastalıklarını önlediği bilinmektedir. Ayrıca kireçlenme ve alerji durumlarında iltihabı söktüğü, içeriğinde bulunan ellajik asit menopozun sebep olduğu kemik erimesine karşı korumaktadır.

- Üzümün, yüksek tansiyonu kontrol altına alarak düzenlediği bilinmektedir.
- Üzümün içerdiği resveratrol maddesi sayesinde kansere karşı koruma gösterdiği ileri sürülmektedir.
- Üzüm suyunda yer alan kuvvetli bir antioksidan özellik gösteren polifenollerin kalp damar hastalıklarını önlediği, kötü kolesterolü düşürmesi ve kan basıncını düşürmesi gibi faydaları bilinmektedir. Aynı zamanda üzüm suyunun fiziksel ve zihinsel yaşlanmayı önlediği tespit edilmiştir [16].

Beslenmede önemli bir yeri olan üzümün insan sağlığına olan faydaları saymakla bitmez. Son zamanlarda üzümün doğal bir besin maddesi olarak hastalıklara karşı koruyucu görev olarak tüketilmesi gerekliliği önerilmektedir. Üzümün antioksidan maddelerinden zengin olması sebebiyle üzümün tüketiminin çok fazla artırılması gerekmektedir.

Taze meyvelerin enzimler, hormonlar, vitaminler, mineral maddeler, organik asitler, aroma ve tat maddelerince zengin bir yapıya sahip olmasından dolayı sağlıklı ve düzenli beslenme için taze meyvelerin tüketilmesi gerekmektedir [16].

ÜZÜM ÜRETİMİ, TÜKETİMİ ve İHRACAT DURUMU

3.1 Dünya Üzüm Üretimi

Üzümün içeriğindeki gıda maddelerinin beslenmeye sağladığı yararlar sayesinde tüm Dünyada beğenilerek tüketilen bir meyve olduğu gibi gıda sanayi sektörüne hammadde sağlaması ve yüksek ihracat ürünü olması sebebiyle önemli bir konumdur.

Çizelge 3.1’de gösterildiği gibi Dünya çekirdeksiz kuru üzüm üretim miktarı yılda 1053-1208 bin ton arasında olmaktadır. Ayrıca üretim miktarlarında dönem dönem iklim koşullarına göre büyük azalmalar veya artışlar da olabilmektedir.

İklim koşullarına bağlı olarak kuzey yarım kürede yer alan Türkiye, Yunanistan, ABD, Afganistan, İran gibi üretici ülkelerinin hasat zamanı Ağustos ve Eylül aylarında başlamaktadır. Güney yarım kürede yer alan Güney Afrika ve Avustralya gibi üretici ülkelerin hasat zamanı ise Mart ayından sonra olmaktadır [17].

Çizelge 3.1 Dünyada çekirdeksiz kuru üzüm üretim miktarları (Bin Ton) [17]

Ülkeler	2010/ 2011	2011/ 2012	2012/ 2013	2013/ 2014	2014/ 2015	2015/ 2016	2016/ 2017	2017/ 2018
Türkiye	249	269	310	186	328	209	313	310
A.B.D	259	270	248,2	305	276	388	238	216
İran	135	135	135	125	145	145	155	80
Şili	60	62	83	65	55	61	70	50
Arjantin	30	40	26	29	27	40	30	25
G. Afrika	29	19	19.2	35	46	40	33	51
Avustralya	12	5	10.6	15	13	15	19	13
Yunanistan	5	5	5	5	5	5	0	2
Çin	130	120	150	150	180	120	130	190
Hindistan	120	135	125	145	105	140	140	140
Özbekistan	25	25	25	25	25	45	45	45
TOPLAM	1053	1085	1129	1142	1205	1208	1173	1122

Dünya genelinde çekirdeksiz kuru üzüm üretim miktarlarına bakıldığında ülkemizin ön sıralarda yer aldığı görülmektedir. Çizelgeden görüldüğü gibi en yüksek miktarda üzüm üreten ülkelerden Türkiye'den sonra A.B.D, Çin, İran ve Hindistan gelmektedir. Dünya çekirdeksiz kuru üzüm üretiminin 2017/2018 yıllarında alınan verilere göre, yaklaşık %27'sini Türkiye oluşturmaktadır. Ülkemizden sonra üretim miktarı bakımından sırasıyla ABD (%19), Çin (%17), Hindistan (%12) ve İran (%7) gibi ülkeler gelmektedir. Yunanistan ise üzüm yetiştiriciliğine uygun olmayan mevsimsel koşullar nedeniyle üretimi düşük kalmaktadır. Ülke ekonomisinin ve mevsimsel koşulların üretim üzerinde büyük bir etkisi vardır. Ülkemiz 2013/2014 ve 2015/2016 döneminde kuru üzüm üretiminde Çizelge 3.1'de gösterildiği gibi ciddi derecede düşüşler yaşamıştır. Ülkemiz çekirdeksiz kuru üzüm üretiminde bazı dönemlerde ilk başta olurken, bazı dönemlerde ikinci sırada yer almaktadır. Son yıllarda ise üzüm üretiminde ilk sırada olmak üzere yerini korumaktadır [17].

3.2 Türkiye Üzüm Üretimi

Üzüm, Türkiye'de üretimi yapılan önemli meyvelerden biridir. Dünya genelinde Türkiye'de üretilen çekirdeksiz kuru üzüm çeşidi çok popülerdir. Türkiye'de çekirdeksiz

kuru üzüm üretimi için Ege Bölgesi çok geniş bir alana sahiptir. Bu sebeple Ege Bölgesi'ndeki bağlarda, dış piyasalarda aranan ve kıymetli ihracat ürünü olan kurutulmuş üzüm üretimi yapılarak sürekliliği sağlanmaktadır. Bu sebeple üretilen kuru üzümün büyük bir çoğunluğu ihraç edilmektedir.

Ülkemiz bağ alanlarının yarısına yakını Ege Bölgesi'nde bulunmaktadır. Ege Bölgesi'nden sonra ikinci önemli bölge üzüm üretim miktarı ve bağ alanı olarak Akdeniz Bölgesi olmuştur. Sonrasında üretim miktarı ve bağ alanı olarak incelendiğinde, sırasıyla Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgelerini izleyerek azalmaktadır.

Çekirdeksiz kuru üzüm satışında yüksek fiyat politikasının uygulanması üretimde artışlara sebep olmaktadır. Böylece üzüm üretimindeki artış önemli miktarda bağ alanlarının genişlemesiyle, doğru üretim yapılarak sağlanmaktadır [17].

3.3 Dünya ve Türkiye Üzüm Tüketimi

Dünyada çekirdeksiz kuru üzümün büyük bir bölümü uluslararası ticarete yer almaktadır. Kuru üzümün geri kalan miktarı ise üretici ülkelerin kendi iç piyasalarında tüketime sunulmaktadır.

Çekirdeksiz kuru üzümün Dünya'da ve Türkiye'de tüketim miktarları sonuçlanıp 2008-2018 yılları olarak Çizelge 3.2'de yer almaktadır. Çizelge 3.2 incelendiğinde, Türkiye üzüm tüketim miktarı, Dünya üzüm tüketim miktarının %3-5 arasında olduğu görülmektedir. Ülkemiz tüketiminde çekirdeksiz kuru üzüm miktarı 40-52 bin ton civarında değişmektedir. 2017/2018 dönemi tüketim miktarının 40 bin ton seviyesinde olduğu görülmektedir.

Toplam dünya çekirdeksiz kuru üzüm tüketimi 2008-2018 yılları arasında 728–1201 bin ton seviyelerinde olmaktadır. Bazı ülkelerde üzüm tüketimi ile ilgili politikalar izlenmektedir. Örnek verecek olursak ABD'nin, üretimde olduğu kadar tüketimde de hem üreticisini hem de tüketicisini koruyan önemli politikaları bulunmaktadır. Gelişmiş ülkeler sağlıklı bir şekilde gıda tüketimi konusunda toplumu bilinçlendirmesiyle beslenmede üzümün daha fazla yer almasına katkı sağlamaktadır. Toplam çekirdeksiz kuru üzüm üretiminin %66 oranında iç piyasada tüketilirken, kalan %34 oranı ise ihracat yapılarak değerlendirilmektedir.

Çizelge 3.2 Dünya ve Türkiye tüketim miktarları [17]

Yıllar	Dünya Tüketimi (Bin Ton)	Türkiye Tüketimi (Bin Ton)
2008/2009	728	41
2009/2010	741	40
2010/2011	1053	35
2011/2012	1085	50
2012/2013	1223	45
2013/2014	1234	52
2014/2015	1293	50
2015/2016	1261	45
2016/2017	1202	40
2017/2018	1201	40

Dünyada tüketilen çekirdeksiz üzüm miktarları araştırılırken, üretici ülkelerin ihracat satış miktarlarına ek olarak bu ülkelerin iç piyasa tüketim miktarları da ilave edilmiştir [17].

3.4 Dünya’da Üzümün İhracat Durumu

Dünyada üretilen üzümün önemli bir kısmı kurutmalık olarak ayrılmaktadır. Türkiye, Dünya genelinde kurutulmuş üzüm ihracatında en başlarda olup ülkemizi arkasından sırasıyla azalarak ABD, İran ve Şili izlemektedir. Türkiye’nin üzüm ihracatı tüm Avrupa ülkelerine olurken ABD’nin ise ihracatı Almanya, Kuzey Avrupa, İngiltere ve Hollanda ülkelerine yapılmaktadır.

Dünya’da kurutulmuş üzüm ihracatının çoğunluğu Avrupa ülkeleri başta olmak üzere gerçekleşmektedir. Avrupa ülkelerine yaygın olarak yapılan ihracatın oranları Türkiye’de %84, ABD’de %50 ve İran’da %35 şeklindedir. Bu nedenle kurutulmuş üzüm ticaretinde Avrupa ülkeleri önemli bir yere ve öneme sahiptir.

Diğer önemli ihracat yapanlardan biri olan İran ise ihracatını yoğunlukla Doğu Avrupa ülkelerine yapmaktadır. Düşük kalitede ürün üretme ve tüketici durumları sebebiyle Avrupa ülke pazarına girememektedir. İran, yakın bölgelere özellikle Arap ülkelerine ve

düşük fiyatlı olması sebebiyle de Doğu Avrupa ülkelerine ihracat gerçekleştirilebilmektedir.

Ticarette ekonomik açıdan bakıldığında çekirdeksiz kuru üzüm tüketiminde Orta, Batı Avrupa ülkeleri ve Japonya'da kalite önemli bir unsur iken, Doğu Avrupa ülkelerinde fiyat önemli olmaktadır. Türkiye'nin toplam Dünya ihracatı içerisindeki durumu bulunduğu koşullara göre yaklaşık %30-50 dolaylarında olduğu bilinmektedir [17].

3.5 Türkiye'de Üzümün İhracat Durumu

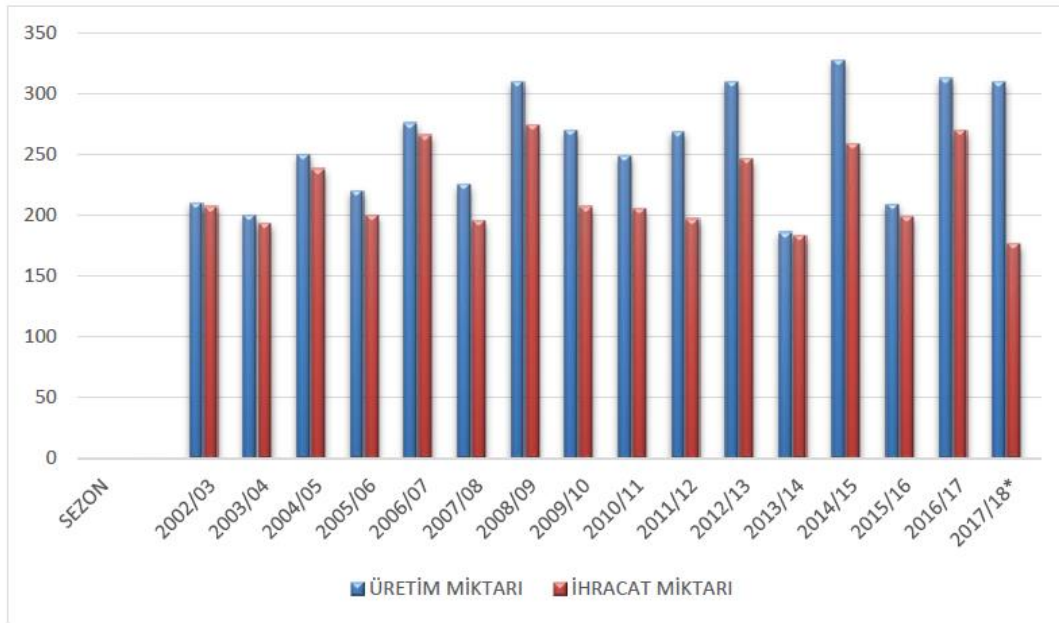
Türkiye üzüm üretiminde hem ülkemize yeten hem de kuru üzümde dış ülkelere ihracat eden ülke konumundadır. Türkiye'de üretilen kuru üzüm üretim miktarları, ihracat miktarları ve toplam ihracatın üretime oranı aşağıdaki Çizelge 3.3'de yer almıştır.

İhracatta çok iyi bir miktarda döviz kazancı sağladığımız ve ihracat piyasasının yaklaşık yarısına hakim olduğumuz çekirdeksiz kuru üzüm üretimimiz, ihracat ürünlerimizin başında gelmektedir. Ülkemizin ithalat satış miktarına bakılırsa ihracat miktarımıza göre çok düşük olduğu bilinmektedir [17].

Çizelge 3.3 Türkiye çekirdeksiz kuru üzüm üretim miktarları, ihracat miktarları ve toplam ihracatın üretime oranı [17]

Sezon	Üretim Miktarı (Bin Ton)	İhracat Miktarı (Bin Ton)	İhracatın Üretime Oranı (%)
2008/2009	310	274	88,4
2009/2010	270	207	76,7
2010/2011	249	205	82,3
2011/2012	269	197	73,2
2012/2013	310	246	79,4
2013/2014	186	182,6	98,1
2014/2015	328	258,7	78,8
2015/2016	209	199,1	95
2016/2017	313	124,9	39,9
2017/2018	310	176	56,7

Türkiye'nin 2008-2018 yıllarına bakılırsa yıllık toplamda elde edilen çekirdeksiz kuru üzüm üretim miktarının yaklaşık olarak %85'lik kısmı ihracat olmaktadır. Bu yıllarda ihracat miktarlarının ortalaması ise yaklaşık 200 bin ton olduğu görülmektedir. İhracat miktarlarına bakılacak olunursa 2008/2009 yıllarında 274 bin ton ile en yüksek ihracat miktarına sahip olunmuştur. Son yıllarda düşmesine rağmen gerekli politikalarla artarak devam etmesi hedeflenmektedir. Türkiye'nin ihracat durumuyla elde edilen veriler Şekil 3.1'de yer almaktadır [17].



Şekil 3.1 Türkiye'nin ihracat durumu [17]

Ülkemizde üretilen çekirdeksiz kuru üzümün yaklaşık %90'lık oranını ihracata ayırarak, dünya kuru üzüm piyasasının yaklaşık yarısından sorumlu olduğumuz ve döviz kazancı ile en önemli ihraç ürünlerimizden biri olması sebebiyle, tarım ve ticaretin geliştirilerek ülkemizdeki kuru üzüm piyasasının sorunlarının çözülmesi son derece kıymetlidir.

Türkiye'de uzun yıllardır çekirdeksiz kuru üzüm bağ alanlarında bir genişleme yapılmaktadır. Kuru üzüm üretim miktarı 1980'li yıllardan bu yana sürekli artış eğiliminde olmuş, 2016 yılında yaklaşık ikiye katlanmıştır. Zira Türkiye'deki kuru üzüm iç tüketim miktarları yıllık 30-50 bin ton seviyesinde kalarak fazla bir yükselme olmamıştır. Ayrıca, farklı sebeplerden sağlığa uygunsuz, kalıntı problemlerinden dolayı ihracatın gerilemesi ya da yeni ihracat piyasasının tespit edilememesi gibi sebeplerden dolayı başta üretimin fazla olduğu senelerde çekirdeksiz kuru üzüm sektöründe arz

fazlası gerçekleşmektedir. Bundan dolayı ürün ihracat fiyatlarının azaltılması üretici başta olmak üzere piyasanın kalanına kötü yönde tesir etmektedir. Bu nedenle kuru üzüm sektöründe zaman zaman yaşanan arz fazlası üzümlerin stoğunu eritmek için üreticiye ve sektöre karşı bazı uygulamaların yapılması gerekmektedir:

- Üzümün sağlığa olan yararları sebebiyle iç piyasa tüketimin artırılması teşvik edilmeli,
- İhracat pazarları genişletilmeli ve oranı artırılmalı,
- Çekirdeksiz kuru üzüm üretiminin yüksek olduğu dönemlerde düşük fiyattan satışını engellemek için uygun ortamlarda stokların oluşturulması sağlanmalı, üretimin düşük olduğu senelerde stoklar ihracatta veya iç tüketimde kullanılmalıdır [17].

Ayrıca çekirdeksiz kuru üzümde önemli üretici olmak, kaliteli üretim yapmak ve ülke ekonomisine değer katmak için üzerinde durulması gereken konular vardır:

- Üzümün uygun koşullarda kurutma sistemlerinin seçilerek kurutulmaları sağlanmalı,
- Kuru üzüm kalitesi için, zirai ilaç kullanımında daha bilinçli olunmalı, üründe kalıtım sorunu oluşturan kimyasalların kullanımı yasaklanmalı,
- Üzümlerin olumsuz durumlarda kurutulmaları sonucunda ürünlere taş, toprak, yabancı madde girmesi gibi kirlilik problemlerinin yaşanmaması için gerekli kurutma işlemleri yapılmalı,
- Bağ alanlarının genişlemesiyle şaraplık üzüm, sofralık üzüm gibi çeşitlerin artırılmasıyla organik üzüm üretimine geçilmeli,
- Özellikle ihraç edilen ürünlerin denetim sonucunda iade gelmemesi için kalitesine gereken önem verilmelidir [17].

BÖLÜM 4

KURUTMA

Kurutma, insanların doğadan öğrenerek çok eski zamanlardan bu zamana gerçekleştirilmekte olup en eski muhafaza ve koruma yöntemlerindedir. Bu kurutma yöntemi sayesinde ürünler doğada kendi halinde kuruyarak daha dayanıklı duruma gelebilmektedir. Tabiatla kuruma olayı, güneş etkisiyle meydana geldiğinden, kurumanın her zaman ve her yerde bu şekilde olmasını beklemek mümkün değildir. Güneşte kurutmanın her ürün için uygulanması uygun değildir. Bu sebeple her ürün için farklı farklı kurutma yöntemleri geliştirilerek uygulanması sağlanmıştır [18].

Kurutmanın tanımı, kuruyacak olan ürünlerdeki nemin olması gereken kuruluk değerine belli bir zamanda ulaşabilmesidir. Kurutma sistemi ise, belli bir zamanda ürünün olması gereken kuruluk değerlerine ulaşmasını sağlayan ve farklı ünitelerden meydana gelen (ısıtma, nem alma, nem verme vb.) birimlerin tamamına denilir [19].

Sanayiinin çeşitli yerlerinde kurutma işleminde kullanılan sistemler sıklıkla kullanılmaktadır. Bu ürünleri kurutmanın amacı ürünlerin raf ömrünün artırılması olarak bilinir. Aynı zamanda ürün bünyesindeki kalite değerlerini kaybetmeden ürünlerin korunması ve aynı kalitede sonraki zamanlarda tüketilebilirliğin sağlanmasıdır [20].

4.1 Kurutma Teorisi

Kurutma, madde içerisindeki su veya sıvının uzaklaştırılması olarak adlandırılmaktadır. Tarım ürünlerini kurutarak yaş maddelerdeki serbest su uzaklaştırılır, aynı zamanda oluşabilecek biyokimyasal reaksiyonlar engellenir ve mikroorganizmaların ürünü besin

kaynağı olarak kullanıp gelişmeleri engellenir. Kurutma, ürünlerin ağırlık ve hacimlerinde azalma meydana getirdiği için taşıma ve depolama maliyetlerinde azaltmalar sağlayarak büyük avantajlar kazandırmaktadır.

Kurutma olayında ısı ve kütle aktarımı eş zamanlı gerçekleşerek birbirlerini etkilemektedir. Kurutma olayı, üründeki suyun ve kurutulacak ürün arasındaki bağlantıların çözülmesiyle başlar. Bu çözümlerin gerçekleşmesi için belirli bir enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da kurutulacak ürüne ısı enerjisi sağlayarak devamlı bir şekilde ulaştırılmalıdır. Böylece havadan malzemeye ısı enerjisi geçişi olup diğer taraftan da malzemenin havaya karşı su buharı geçişi olmaktadır. Bu şekilde ısı ve kütle aktarımının birbiriyle bağlantılı olduğu ve her ikisinin de kurutma hızını etkilediği bilinmektedir [21].

Kurutma esnasında ürün neminde oluşan farklılıklar ve ürünü etkileyen unsurlar, statik ve kinetik durumdan araştırılabilmektedir.

4.1.1 Kurumanın statik

Kuruma statik açıdan incelenecek olunursa, çevre ortamında kullanılan hava ile kurutulan ürün arasında oluşan nem dengesi süre önemsenmeden incelenir.

Oluşan nem dengesi iki şekilde meydana gelir.

- Kurutulan ürünün çevre havasına nem vermesi (desorpsiyon),
- Kurutulan ürünün çevreden nem alması (sorpsiyon) şeklinde olmaktadır.

Nem alıp verme sırasında nem dengesi oluştuğunda, havada yer alan su buharının oluşturduğu kısmi basınç ile ürün üzerinde yer alan suyun oluşturduğu buhar basıncı birbirinin aynısı olmaktadır [22].

4.1.2 Kurumanın kinetik

Kuruma, kinetik açıdan incelenecek olursa ürün ile çevresindeki hava arasında oluşan nem alıp verme, kuruma esnasındaki geçen sürede incelenir.

Herhangi bir ürünün kuruması kinetik bakımdan incelenecek olunursa, ürün nemi ile kuruma süresi, kuruma hızı ile ürün nemi, kuruma hızı ile kuruma süresi ve ürün sıcaklığı ile nemi arasında oluşan bağıntılar önemsenir. Böylece kuruma kinetiği eğrileri

elde edilir. Gıda maddelerinin kuruma zamanında, üç önemli bölümle karşılaşmaktadır. Bu bölümler,

- Ürünün ısınma evresi (IE),
- Sabit hızla kuruma evresi (SHE) ve
- Azalan hızla kuruma evresi (AHE) olarak kurumanın kinetik açıdan davranışları incelenebilir [22].

4.2 Kurutma Periyotları

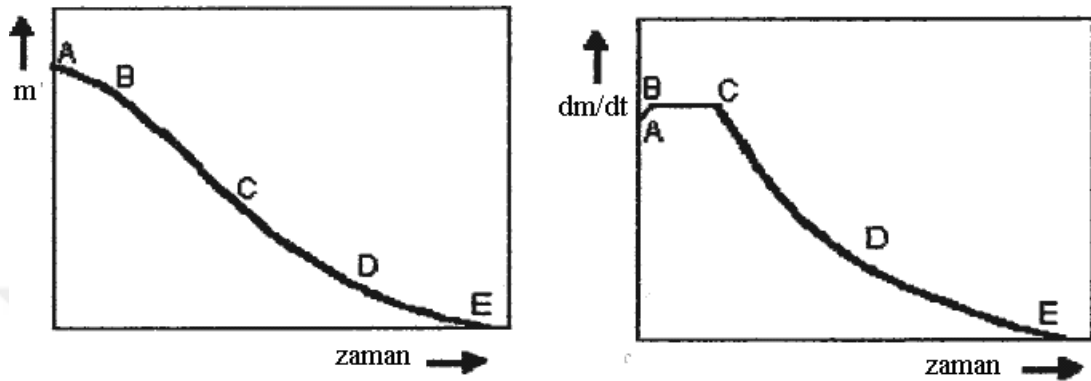
Kurutma için yeterince ısının olduğu bir çevreye konan nemli bir maddenin kuruma döneminde bilinen ısınma, sabit hızla kuruma ve azalan hızla kuruma dönemleri ve kurumakta olan bir maddenin nemlilik olarak geçirdiği değişimler Şekil 4.1'de verilmiştir.

Şekillerdeki AB ile gösterilen kuruma başlangıcında oluşan ısınma evresinde (IE), ürünün yüzey sıcaklığı artarak kurutma havasının sıcaklığı ile dengeye gelinceye kadar devam eder. Kuruma hızı da gittikçe artar ve ısınma evresinin sonunda en yüksek değerine gelir. Kurutulan ürünün bütün kuruma süresi ile karşılaştırıldığında, IE süresinin çok kısa olduğu görülür. Genellikle bu ısınma evresi kurutma işlemlerinde göz ardı edilir. Üründeki kalınlık azaldıkça, ısınma dönemi süresince meydana gelen nem kaybı önemsenmeyecek derecede azalmaktadır.

IE'nin sona erdiği zamandan sonra yeni bir kuruma evresi olan sabit hızla kuruma evresi (SHE), Şekil 4.1'de gösterildiği gibi BC çizgisiyle başlar. Bu evrede kuruma hızı, IE bitiminde geldiği en yüksek değerini, SHE sürecinde de muhafaza eder.

Bu kısımda ürünün üstü ince bir su katmanı ile kaplandığından, ilk olarak bu su katmanı buharlaşmaya başlar. Esasında bu durum, durgun bir su yüzeyinden olan serbest buharlaşmayla birebir aynıdır. Bu buharlaşma başlangıçta çok hızlıdır, sonraki süreçte ise yüzeyin üzerinde anında meydana gelen buhar katmanı sebebiyle yavaşlar. Kuruma olayının sürebilmesi amacıyla, oluşan buhar katmanı, bir hava akımı ile beraber dağıtılıp taşınmasına ihtiyaç vardır. SHE sırasında kurutma hızı sabit olup kurutulacak ürünü etkileyen değişkenlerden hava hızı, akış şekli, sıcaklık ve nem gibi uygulanan yöntemlerle değerlendirilir [23].

Şekil 4.1’de gösterilen C noktası, ürünün yüzeyinde oluşan serbestçe buharlaşabilen nem sonlandığında, sabit hızda oluşan kuruma evresi biter ve bu noktada oluşan nem “kritik nem” olarak adlandırılır. C noktasının oluşabilmesinde, kurutulmuş ürünün başlangıç nemi, kritik nem değerinden daha fazla bir değerde tespit edilmelidir. Sabit kuruma hızı evresi gıda ürünlerinde genelde çok az sürmektedir.



Şekil 4.1 Karakteristik kuruma eğrileri [23]

Şekil 4.1’deki CDE eğrisinde görüldüğü gibi, sabit kuruma evresinin bitimiyle başlayan azalan hızda oluşan kuruma evresi belirtilmektedir. Azalan hızda kuruma evresi, CD ve DE evreleri olarak sırasıyla birinci azalan hız evresi ve ikinci azalan hız evresi olarak iki bölümde incelenmektedir. Azalan hızla kuruma evresi (AHE) kuruma hızının zaman içinde giderek azalması olarak bilinir. Azalan hızda kuruma evresinde buharlaşma kurutulmuş ürünün içerisinde başlayıp su ürün yüzeyine difüzyon olayı ile ulaşmaya çalışır. Ürün yüzeyinin etrafındaki bölümler, doğrudan yüzeye ve kapilerlere nem transferi sağladıklarından iç tabakalara nazaran daha fazla su kaybederler. Bu azalan hızla kuruma evresinde sıcaklık artışı hızla artarken kuruma hızı ve nem azalması ise yavaşlar [23].

Bu olayların sonucunda ürünün dış yüzeyinde kabuk bağlamalar, çatlamar, buruşmalar ve yarılmalar oluşur. Azalan hızda kuruma evresinde ürünün kuruma zamanı azaldıkça birim zamanda buharlaşan nem miktarı düşmektedir. Bu sebeple bu evre de kuruma hızı azalarak nem uzaklaşması bitene kadar (E) devam eder. CD eğrisiyle gösterilen birinci azalan hız evresini, hem yüzeyde oluşan serbest buharlaşma ve hem de iç kısımlardaki buharlaşan suyun hareketi etkilemektedir. Havanın hızı, havanın sıcaklığı ve havanın nemi CD eğrisiyle belirtilen bu geçiş aşamasında etkili

olmaktadır. İkinci azalan hız evresinde kuruma hızı, tamamen içsel yönden nem hareketini etkileyerek meydana gelir. DE ile gösterilen bu bölüm denge nemine gelinceye kadar sürer. Bu evrenin ilk safhalarında SHE’de meydana geldiği gibi çevre koşulları daha önemlidir. Kurumanın ilerleyen zamanlarında ise iç etkenler daha etkili olmaktadır. Örneğin, bu evrenin başlangıcında hava hızı, kuruma hızında daha fazla etki gösterirken sonraları ise bu etkisini kaybeder [23].

Azalan hızda kuruma evresinde kuruma olayını araştırmak amacıyla deneysel, teorik ve yarı teorik metotlarla sonuçlanan çeşitli matematiksel modellerden yararlanılabilir [22].

4.3 Kurutma Yöntemleri

Kurutma yöntemleri “güneşte kurutma (tabii kurutma)” ve “yapay kurutma” olarak iki bölümde incelenebilir.

Güneş enerjisinin kullanıldığı kurutma yönteminin ise sınıflandırılması pasif ve aktif olarak iki sistemde yapılabilir:

- Pasif sistemlerde kurutulan sistemde ek enerji olmadan güneşli havalarda doğrudan güneş enerjisinden yararlanılarak kurutma sağlanır.
- Aktif sistemlerde ise kurulan sisteme ek enerji verilerek kurutma sağlanır. Aktif güneş enerjili sistemlerde kısmi güneş enerjisi kullanılmaktadır. Bu tür ısıtma sistemlerinde güneş enerjisi, elektrik enerjisi veya fosil yakıtlar kullanırken, hava sirkülasyonu için fanlardan yararlanılmaktadır.

Yapay kurutma yönteminin temelini, kurutulacak ürünlerdeki nemin kaldırılması amacı ile sağlanması gereken ısının taşınım şekli meydana getirmektedir. Kurutma olayında ısı geçişi üç farklı şekilde taşınım, iletim ve ışınım olmakta ve bu ısı geçişlerinin gıda maddesiyle temasıyla birçok kurutma işlemi gerçekleştirilmektedir [24].

4.4 Kurutma Sistemleri

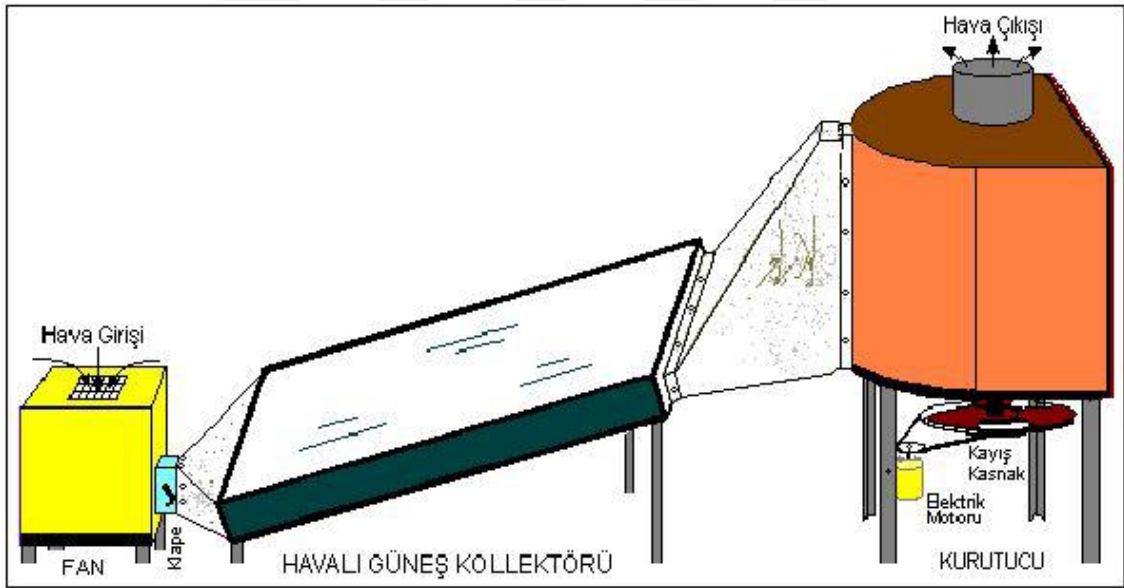
Gıda maddelerinin kurutulmasında birbirinden önemli ayrıcalıklar gösteren çok farklı tiplerde ürünün özelliklerine göre kurutuculardan yararlanılmaktadır. Bazı çok uygulanan temel kurutma sistemleri kısaca aşağıda belirtildiği gibi açıklanabilir.

4.4.1 Güneşte kurutma

Güneşte kurutma, güneş enerjisinden faydalanılarak yapılan kurutma işlemi olarak tanımlanır. Tabii kurutma olarak da adlandırılmaktadır. Güneşte kurutma işlemi, çok eski bir yöntem olmasına karşın, üzümler salkımlar halinde güneşte kurutulmaktadır.

Meyvelerin güneş enerjisinden doğrudan açıkta kurutulması esnasında toz, toprak, yağmur gibi olumsuz durumlardan ve sergi yerlerinde olan çeşitli böcek ve hayvanların zararlarıyla karşı karşıya gelmesinden, mikrobik bulaşmalardan dolayı ürün kalitesi zarar görmektedir. Güneşte kurutma işlemi, açık havada yaklaşık 8–10 günde tamamlanabilmektedir.

Bu sebeple güneşte kurutma sisteminde uygun olmayan ortam şartları ile kalite kayıplarına yol açmakta ve uzun kuruma süresi gibi dezavantajlara yol açmaktadır. Tek avantajı sürekli ve çok ekonomik bir enerji kaynağı olmasıdır. Güneş kolektörlü kurutucu Şekil 4.2’de gösterilmektedir [25].



Şekil 4.2 Güneş kolektörlü kurutucu [25]

4.4.2 Morötesi radyasyon kurutma

Morötesi radyasyon kurutma sistemi, elektromagnetik radyasyon kullanılarak gerçekleştirilir. Monomer yapılı boyar maddeler ve kaplamalar ultraviyole (UV) radyasyon altında kurularak işleme tabii tutulurlar. Morötesi ya da ultraviyole ışınım görebildiğimiz en küçük dalga boylu ışık olup dalga boyu 100 ile 400 nm arasındaki

ışınıma denir. Morötesi radyasyon kurutma sisteminin en büyük problemi yüksek yatırım maliyeti olarak görülür [26].

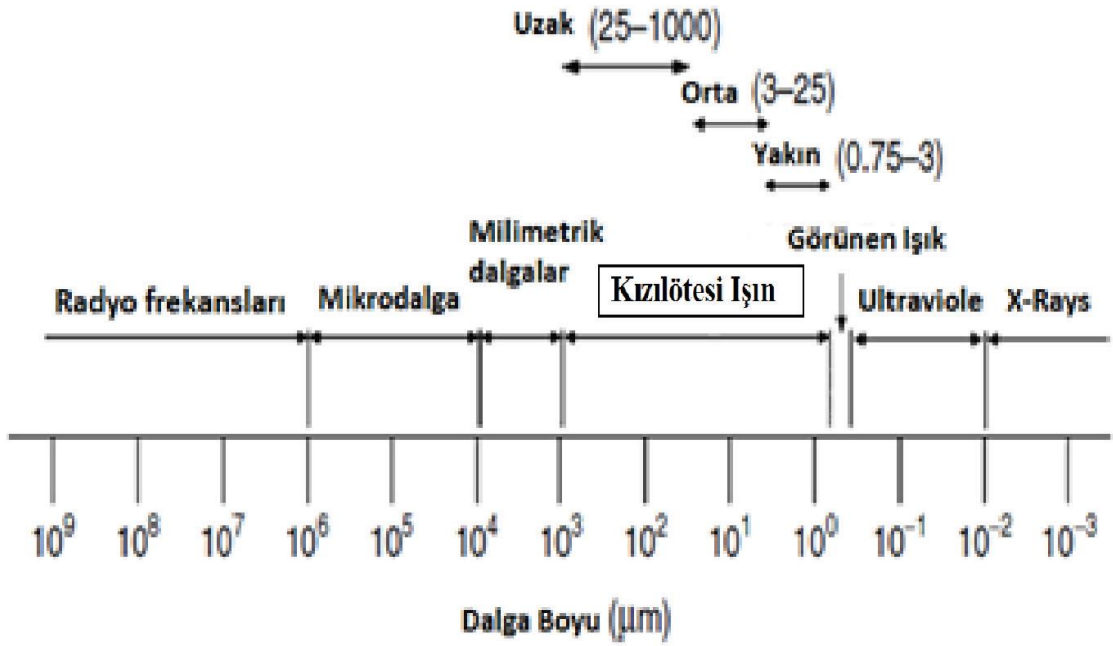
4.4.3 İletimle kurutma

İletimle kurutma sisteminde, ısıtılan yüzey ile ürün temas halindedir ve ürünün fazla ısınmasını engellemek, ısıtmanın homojenliğini gerçekleştirmek için gerekli önlemlerin alınmış olması gereklidir. İletimle kurutma sistemi, genellikle yaygın olarak kâğıt ürünlerin kurutulmasında ve üretilmesinde kullanılır. Fakat iletimle kurutma sisteminde, yüksek kuruma hızlarına yaklaşamama, tekdüze olmayan ısı ve kütle aktarım durumları, kontrol sorunları, yüksek yatırım ve işletme maliyetleri gibi problemleriyle karşılaşılabilir. Bütün bu olumsuz durumlara rağmen iletimle kurutma sisteminin diğer kurutma sistemlerine dönüştürülmesi ilk yatırım, işletme ve bakım maliyetleri sebebiyle kabul görmemektedir [26].

4.4.4 İnfrared (Kızılötesi) kurutma

İnfrared radyasyon sistemi, kızılötesi lambalar, buhar ısıtmalı kaynaklar, elektrikle ısıtılmış yüzeyler vasıtasıyla gerçekleştirilir. Bu sistem ile ürün yüzeyine yakın kısımlar ısındığından, ince levha yapısında olan ürünlerin kurutulması için tercih edilir. Isı transferi, termal radyasyon yayan malzemenin yapısı ve özelliği ile kurutulan ürünün özelliklerine bağlıdır ve ısı verim az olabilir [27].

İnfrared ısıtma çoğu ürünün ısıtılması, kurutulması ve yüzey pastörizasyonu amacıyla 0,5-100 μm dalga boyu arasında gerçekleştirilen bir yöntemdir. Kızılötesi radyasyon, gıda maddelerinin işlenmesinde faydalanılan 0,5-100 μm dalga boyu arasındaki elektromanyetik spektrumun ayrılmaz bir parçası özelliğindedir. Kızılötesi ışınım tıp, plastik ve kâğıt endüstrisi gibi çeşitli sektörlerde uygulama alanına sahiptir. Kızılötesi radyasyon dalga boyuna göre farklılık göstererek kısa, orta ve uzak olarak üç kısma ayrılmıştır. Kızılötesi ışınımın sahip olduğu elektromanyetik özellikler Şekil 4.3'de gösterilmektedir.



Şekil 4.3 Kızılötesi ışının elektromanyetik özellikleri [28]

İnfrared kurutma diğer kurutuculardan ayrı olarak, ısı transfer özelliği, ürüne doğrudan girme ve proses kontrolünün hızlı olması gibi özelliklere sahip olmaları nedeniyle ideal bir enerji kaynağı olarak görülmektedir. Ön kurulum ve işletmedeki maliyetlerinin düşük olması, çevreye olumsuzluk vermemesi ve mevsimsel farklılıklardan etkilenmeyen kurulum özellikleri yönünden kurutma sistemleri arasında tercih edilmektedir.

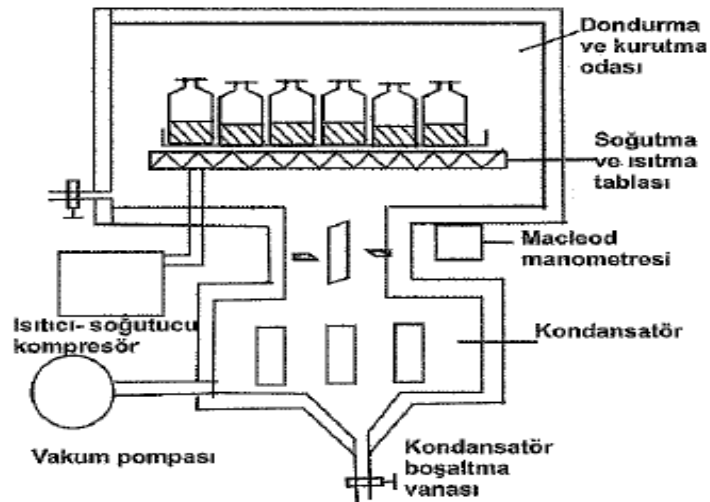
Katı cisimler üzerlerine gelen ışınların önemli bir kısmını yüzeylerinde bulunan ince bir tabaka üstünde toplarlar. Bu toplanan fotonların taşıdığı enerji ince tabaka yüzeyinde ısı enerjisine çevrilerek yüzey sıcaklığını artırmış olur. Maddenin yüzeyi ile iç tabakası arasında meydana gelen sıcaklık farkı, yüzeyden daha soğuk kısımlara doğru ısı transfer olayının başlamasına sebep olur. Bu sayede ürün içerisindeki su buharlaşarak kuruma sağlanmış olur. İnfrared ısıtmada ısı transferi dirençle karşı karşıya gelmez ve ısıtma sisteminin ataleti çok düşük olur. Bu sebepten, enerji maliyeti azalır, ısıtma süresi azaltılabilir ve hatta ürün sıcaklığının basitçe kontrolü sağlanabilir. İnfrared enerjisi uygulamasında, çevre havası ısıtılmadan enerji ürüne aktarılmış olur, ürün daha hızlı ve daha tekdüze bir şekilde ısınmış olur [28].

4.4.5 Dondurarak kurutma

Dondurarak kurutma, sulu haldeki çözeltilerin veya nadiren sulu süspansiyon durumundaki katıların kurutulmaları için tercih edilen sistemlerden biridir. Dondurarak kurutma sistemi serumlarda, ilaçlarda, farmakolojik ürünlerde, bakteri kültürlerinde, meyve sularında, sebze, çay ve kahve özlerinin kazanılmasında, et ve süt üretimi uygulama alanlarında yer almaktadır. Dondurarak kurutma sisteminde ürün en başta dondurulur. Sonrasında kimyasal nem alıcı veya düşük sıcaklık yoğuşturucusu ile ilişkili yüksek vakum gerçekleştirilen hacim içerisine alınır (Şekil 4.4). Dondurulan ürüne iletim veya infrared ışımaya ile ısı transferi sağlanır. Bu sırada genelde su süblimleşmeye başlar ve yoğuşur ya da nem alıcı madde tarafından absorplanır.

Dondurarak kurutma, genellikle -10°C ile -40°C arasında uygulanan sıcaklık değerlerine sahiptir. Dondurarak kurutma sistemi, pahalı ve yavaş gerçekleşen bir sistem olmasına rağmen, ısıya duyarlı ürünler için uygun olarak görülür.

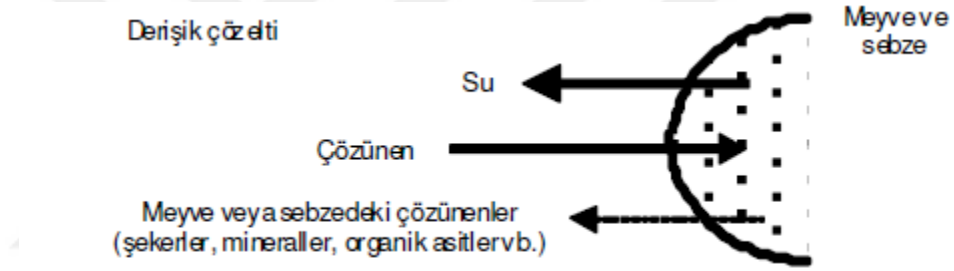
Dondurarak kurutma işlemi, dondurarak kurutma cihazı diye de isimlendirilen liyofilizatörlerle gerçekleştirilir. Liyofilizatörler temel olarak üç parçadan meydana gelir. Bu parçalar başlıca, dondurma ve kurutma odası, kondansatör (yoğunlaştırıcı) ve vakum pompasıdır. Aynı zamanda cihazda soğutma ve ısıtma veren kompresörler ve ısıtıcılar da bulunmaktadır [29].



Şekil 4.4 Dondurarak kurutma sistemi [29]

4.4.6 Ozmotik kurutma

Ozmotik kurutma, meyve ve sebze dilimleri gibi ürünlerin konsantre bir çözelti içerisinde kalmasıyla su miktarının azaltılması olarak tanımlanır (Şekil 4.5). Ozmotik kurutmada suyun uzaklaştırılmasında buharlaşma değil ozmoz olayının büyük bir katkısı vardır. Ozmotik kurutmada aynı zamanda üç ayrı kütle aktarımı meydana gelir. Birinci kütle aktarımında üründen çözeltiliye doğru olan su akısıdır. İkinci kütle aktarımında çözeltiliden ürüne çözünen aktarımı mevcuttur. Bu şekilde koruyucu ajanın, istenilen miktarlarda besin öğesinin veya duyuşal kalite geliştiricinin ürüne katılımı sağlanmaktadır. Üçüncü kütle aktarımında ise ürüne has çözünenler (şekerler, organik asitler, mineraller, vitaminler, vb.) çözelti içerisinde geçerek aktarım tamamlanmış olur. Ayrıca bu metodun en önemli sınırlaması ürün içerisindeki nem miktarının belirli bir değere kadar düşürülebilir olmasıdır [30].



Şekil 4.5 Ozmotik kurutma aşamasında oluşun kütle aktarımı [30]

4.4.7 Vakumda kurutma

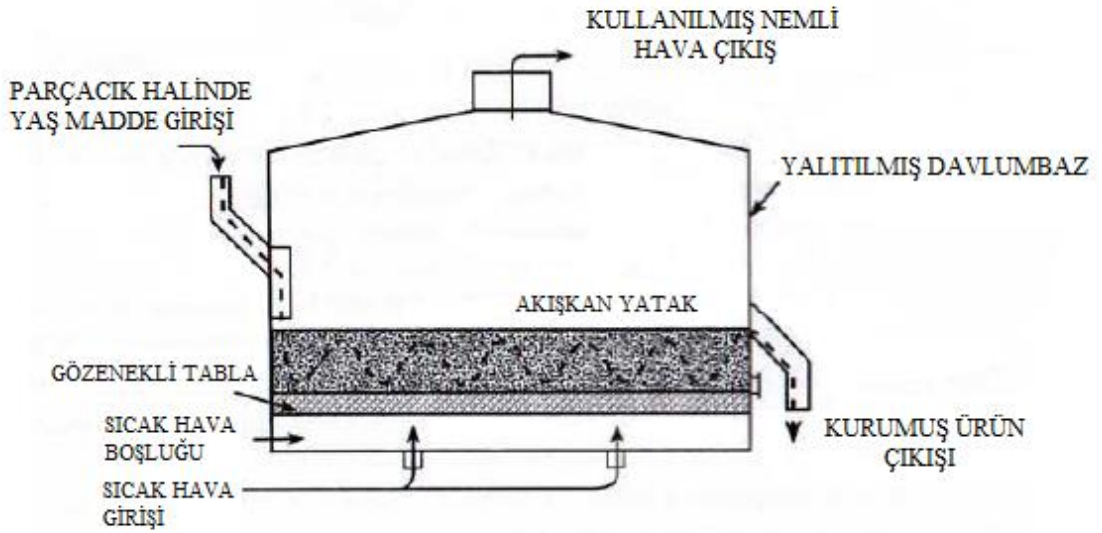
Vakumda kurutma sisteminin, düşük basınç seviyesinde ve suyun düşük sıcaklıklarda kaynaması gibi büyük bir avantajı vardır. Öncelikle kurutulacak ürünler kapalı bir kaba konulur. Ardından, içinde ürün olan kap havası vakum ile alınarak işlem gerçekleştirilir. Vakumda kurutma sistemi, basınç düştüğü için ürünlerdeki suyun daha düşük sıcaklıklarda buharlaştırılarak kurutulması temeline dayanır. Bu yöntemin avantajı, suyun uzaklaştırılması sırasında ortamda hava bulunmadığından oksidasyon reaksiyonları engellenmektedir. Ayrıca bu yöntemle kurutulmuş ürünlerde renk, tekstür ve aroma kayıplarının önüne geçilmektedir. Böylece bu yöntem sayesinde istenen kalitede ürünlerin eldesi gerçekleştirilmektedir [8].

4.4.8 Karıştırmalı yatakta kurutma

Karıştırmalı yatakta kurutma sisteminde, titreşimli raf sistemi ya da konveyör sistemi kullanılarak ürünün devamlı ve belli zaman aralıklarında titreştirilmesiyle homojen bir kuruma gerçekleştirilmektedir. Aynı zamanda, delikli raf veya konveyör sistemi üzerindeki yatağın kısmi akışkanlaştırılması yoluyla da gerçekleştirilmektedir. Bu kurutma sistemi genellikle tahıl kurutma için uygun olmaktadır [31].

4.4.9 Akışkan yatakta kurutma

Akışkan yatakta kurutma sisteminde, Şekil 4.6'da gösterildiği gibi akışkanlaştırılmış yatakta tanecik yapısındaki ürünler içerisinde kurutma ortamında yer alan gaz akımı verilir. Temel olarak gaz hızının çok dikkatli bir şekilde ayarlanması yapılmalıdır. Toz veya taneli yapıda olan kurutucular ürün ile akışkanlaştırma gazı arasında olan temas çok iyi gerçekleştiğinden, kurutma havası ve tanecikler arasında ısı transferi de etkin bir şekilde olmaktadır. Bu akışkan yatakta kurutma sistemi ile yüksek sıcaklıklarda problem olmadan ürünlerin kurutulması gerçekleşmektedir. Bu sistemin en önemli avantajı, otomatik bir şekilde yükleme ve boşaltma imkanı olması ve kurutma işleminin çok kısa sürede tamamlanarak gerçekleştirilmesidir [31].



Şekil 4.6 Akışkan yatakta kurutma sistemi [31]

4.4.10 Kızgın buhar atmosferinde kurutma

Kızgın buhar atmosferinde kurutma işleminde, ürünün hava veya bir başka gaz ile kurutulması işlemi esnasında buharlaştırılan çözücü (su veya organik sıvı) yağın gaz akımına gelmek için durgun bir gaz filmine yayılmalıdır. Gaz filmi, kütle transferine karşı bir direnç göstermektedir. Ayrıca kurutma miktarı, çözücü buharı yayınma oranına bağlı olarak değişmektedir. Eğer çözücü buharı ile gaz yer değiştirme sağlarsa, buhar fazındaki kütle transferine olan dayanma yok sayılır ve kurutulacak ürün oranı sadece ısı transfer miktarına göre değerlendirilir.

Çözücü buharındaki kurutma oranı (kızgın buhar gibi), kurutucu akışkanının sıcaklık ve kütle akısı oranından daha büyük olmaktadır. Bu kızgın buhar ortamında kurutmanın ısı verimi çok yüksektir, çözücünün sisteme geri kazanılması imkanı vermektedir. Ayrıca aşırı kurutma durumu ve havanın meydana getirdiği oksitlenme ve başka kimyasal reaksiyonlar gerçekleşmez. Tekstil sektöründe kızgın buhar kullanıldığında, reçine ve boya maddelerinin bir yerde toplanması önlenmiş olur. Kızgın buhar atmosferinde kurutma sisteminin, sıcaklıkların yüksek olması sebebiyle ısıya dayanmayan maddelere uygulanması doğru değildir [27].

4.4.11 Flaş kurutma

Flaş kurutma sisteminde, düzgün olarak ayrılmış katı parçacıklar, sıcak gaz akımı içine girerek hızlı ve düzenli olarak kurutulabilmektedir. Genellikle kurutma uygulamaları arasında pigment (boya maddesi), sentetik reçine, sulu bileşikler, yiyecek maddeleri, kağıt ve tahtaların kurutulması gerçekleştirilmektedir [31]. Flaş kurutma sistemi Şekil 4.7'de gösterilmiştir [32].



Şekil 4.7 Flaş kurutma sistemi [32]

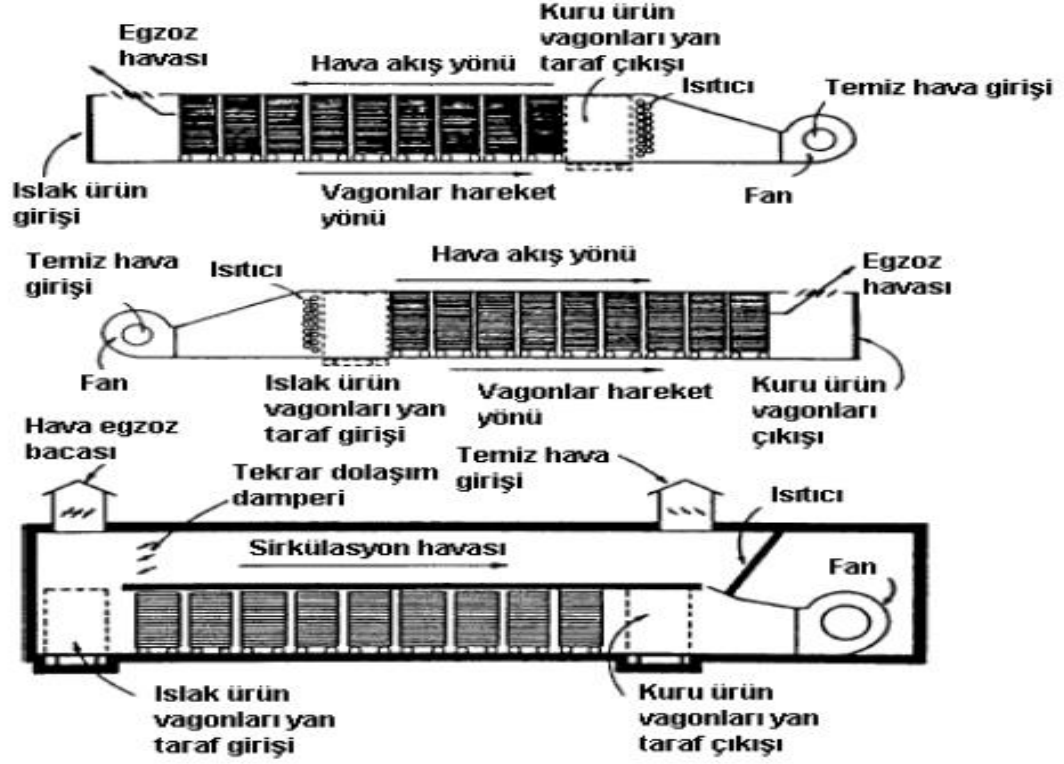
4.4.12 Tünel kurutma sistemi

Tünel kurutucu sistemi, sürekli ya da yarı sürekli bir şekilde kurutma gerçekleştirilen tünel kurutucu yerleştirilmiş kurutucudan oluşur. Tünel kurutmada kurutma ortamında sıcak hava fan kullanılarak kurutucuda dolaştırılması sağlanır. Ürünler, rafların ya da bantların üzerinde yer alarak kurutulmaları gerçekleştirilir. Oluşan hava akımı, ürün ile paralel, zıt akışlı ya da birlikte uygulaması ile tünelden geçirilir. Tünel kurutucuda havanın tekrar ısıtılması veya tekrar kullanılması yardımı ile sistemi terk etmeden önce daha fazla nem alması gerçekleşebilir.

Tünel kurutucularda çeşitli hava hızları, sıcaklıklar ve akış yönleri ile kurutma yapma imkanı vardır. Sıcak hava kayıplarını engellemek için girişte ve çıkışta gerekli önlemler alınarak işlemlere devam edilmelidir [31].

Bu tip kurutucular tava tipi kurutucuların gelişmiş hali olarak düşünülebilir. Genellikle meyve ve sebzelerin kurutulmasında kullanılır. Tünelin içerisine tepsilerin yer aldığı arabalı raflar sırasıyla yerleştirilir. Bu arabalı raf düzeninde, zaman zaman ileriye doğru hareket gerçekleştirilir. Tünelin uç tarafından kurumuş ürünleri içeren raf arabası çıktığında, diğer uç taraftan yaş ürünle yüklenmiş yeni bir araba tünele yerleştirilmiş olur. Isıtma aracı olarak çoğunlukla hava kullanılır. Sıralı raflarla tünelin iç yüzeyleri

arasındaki mesafenin fazla olmamasına önem verilmelidir. Aksi bir durumda, kurutma havası rafların arasından geçemeyip bu boşluklardan akmış olur [33]. Şekil 4.8’de tünel tipi kurutucu gösterilmiştir.



Şekil 4.8 Tünel tipi kurutucu [34]

Hava ve ürünün birbirlerine göre hareket yönleri çeşitli tipteki tünel kurutucularda farklı gerçekleşir. Eğer, arabalarla beraber sıcak hava aynı yönde ileri giderse bu tipteki tüneller “paralel akış tüneli” olarak adlandırılır. Başka bir deyişle, paralel akış tüneline sıcak hava ile kurutulacak ürün aynı yönden girerek kurutma sağlanır.

Zıt akış tüneli de, sıcak hava ile arabaların hareketinin birbirine zıt yönde olmasıyla tanımlanır. Bu tip zıt akış tünellerde yer alan sıcak ve kuru hava, en başta en çok kurumuş olan ürünle karşılaşmış olur. Sonrasında, devam ettikçe soğuyarak nemi yükselirken, en son en ıslak ürünle temas etmiş olur. Böylece zıt akış tüneline kurutma sağlanmış olur.

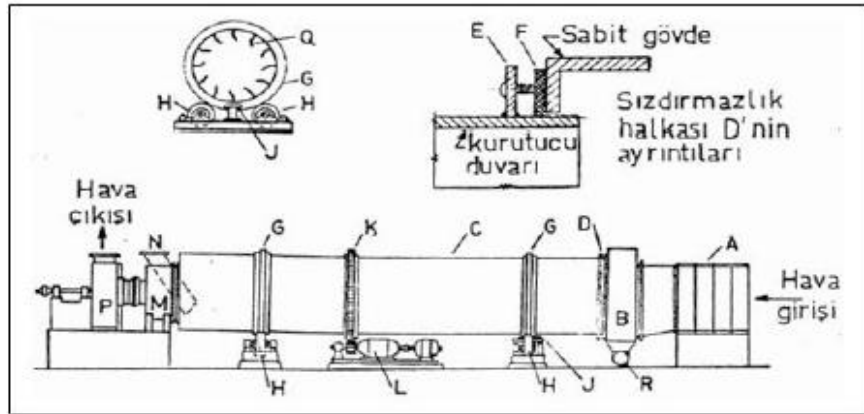
Aynı zamanda bir kısmı paralel akış, diğer kısmı ise zıt akışlı olan iki kademeli ve ya çok kademeli tünellerde vardır. Genellikle, iki kademeli tünellerin birinci kademesi paralel akış tüneli, ikinci kademesi ise ters akış tüneli şeklinde olmaktadır [22].

4.4.13 Taşınım (Direkt) kurutma sistemi

Taşınım yoluyla kurutma, direkt kurutma diye de adlandırılan kurutma sistemi genelde bütün kurutucularda görülmektedir. Taşınım kurutucularda, sıcak hava ya da diğer gazlar kullanılarak kurutma gerçekleştirilir. Kurutucu sistemlerinin tamamında az miktarda taşınım yoluyla kurutma işlemi yapılmaktadır [34].

4.4.14 Döner kurutma sistemi

Kurutucu ısıtılması direkt ya da indirekt olarak yapılacağı gibi verilen hava akımı paralel ya da zıt akış yönde olabilir. Silindir şeklinde olan kısımlar, kurutma yapılacak ürünü hava akımı içerisine göndererek kurutma olayını gerçekleştirirler. Hava, döner raf olan kurutucularda rafların altına verilir (Şekil 4.9). Örneğin, sıcak gazlar önce gövdenin iç kısmına verilir, sonra gövdelerin arasından geçmiş olur. Daha sonra ıslak katı madde ile karşılaşarak kurutmayı sağlamış olur [34].



Şekil 4.9 Döner kurutucu [34]

4.4.15 Kabin kurutma sistemi

Kabin tipi kurutucularda kurutulacak ürün temas yüzeyini arttıracak şekilde raflara yerleştirilerek serme işlemi gerçekleştirilir. Kurutulacak ürünlerdeki nem oranı patlayıcı ve yanıcı bir özelliğe sahipse kurutma işleminin başlangıcında ya da buharlaşma hızının yüksek gerçekleştiği zamanlarda çıkış havasının tümü sisteme geri verilmeden dışarı gönderilmelidir. Eğer normal çalışma şartlarında çalışılıyorsa, çıkış havasının bir kısmını sisteme geri vermek ekonomik yönden kazanç sağlar.

Vagon halindeki tepsiler üst üste olacak şekilde kabine verilir. Hava tepsiler üzerindeki ürüne doğru üflenir. Tüm kurutma boyunca Şekil 4.10'da görüldüğü gibi kabin tipi kurutucularda yer alan tavalar hareketsiz olur. Kabin kurutucuların en önemli özelliği, küçük boyutlu ve çok yönlü olmasıdır [31].



Şekil 4.10 Kabin kurutucu [32]

Özellikle meyveler, sebzeler başta olmak üzere çoğu gıda ürünleri kabin kurutucu yardımıyla kurutulmaktadır [32].

4.4.16 Mikrodalga kurutma

Mikrodalga kurutma çok yüksek frekansa sahip olan 900-5000 Mhz arasında bir güç kaynağı kullanılarak sağlanır. İletken olmayan maddelerin ısıtılması için kullanıldığından dielektrik ısıtma olarak gösterilebilir. Mikrodalga ile kurutma uygulaması şerit halindeki ince malzemeler üzerinde gerçekleştirilir. Kurutma sisteminin girişlerinde ve çıkışlarında alınması gereken koruyucu tedbirler devamlı çalışma sistemini güç hale getirir. Kurutma sistemini çalıştırmak için gerekli güvenlik tedbirleri almak mikrodalga kurutmaya, dielektrik kurutmaya karşı ekonomik yönden daha da pahalılaştırmış olur [31]. Mikrodalga kurutmanın pahalı olması kurutma sistemleri arasında bir dezavantaj olarak görülmektedir.

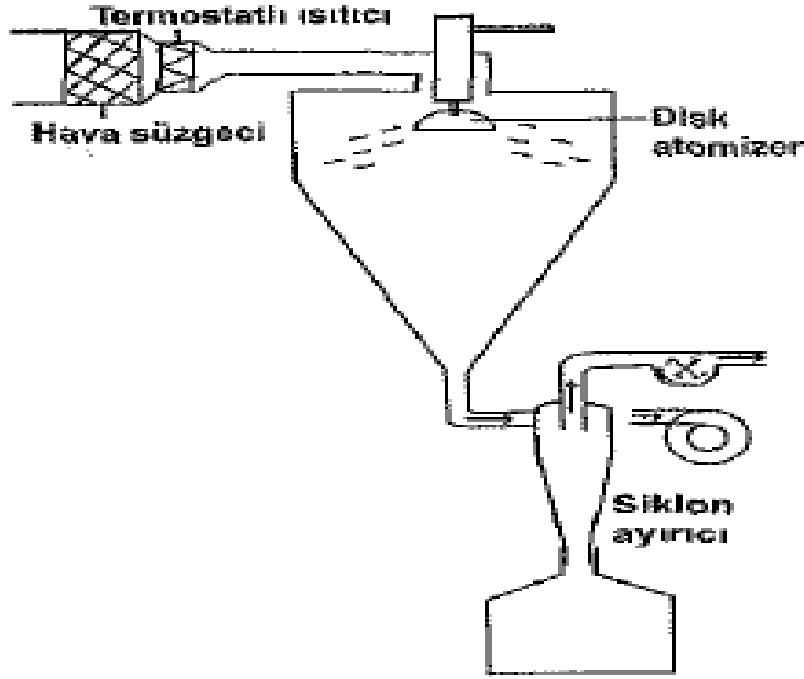
Mikrodalga enerjisi gıdanın nemli kısımlarını kolay bir şekilde ısıtmasına karşın, bazı durumlarda mikrodalga fırın içerisindeki enerjinin tekdüze olmamasından dolayı homojen olmayan ısınma meydana gelmektedir.

4.4.17 Dielektrik kurutma

Mikrodalgalar ya da yüksek frekansa sahip radyo dalgalarıyla yapılan kurutma işlemine dielektrik kurutma denir. Dielektrik kurutma, elektromanyetik alan oluşturarak gıdalarda yer alan dipoller ve iyonik yükler arasında interaksyon oluşturarak ürün içerisinde volumetrik ısı meydana getirmektedir. Yüksek frekanslı elektrostatik alana yerleştirilen nemli bir ürün bulunmaktadır. Bu malzeme içerisinde nemli olan kısımlarda kuru olan kısımlara nazaran daha çok ısı üretilmektedir. Bu sayede malzeme içerisinde nem profili otomatik bir şekilde düzenlenmektedir. Malzeme içerisinde bulunan su, yüksek oranda ısıtılmadan buharlaşmaktadır [31].

4.4.18 Sprey (Püskürterek) kurutma

Sprey kurutucular, atomize edilebilir ürünlere, yani sıvı veya viskozitesi düşük olan ezme ve püre formdaki ürünler üzerinde gerçekleştirilmektedir. Sprey kurutucular püskürtmeli kurutucu olarak da adlandırılır. Sprey kurutucular ilk kez sütü kurutmak için uygulanmış bir yöntemdir. Sprey kurutucularda (Şekil 4.11) sıvı haldeki veya çok ince katı parçacıklar halinde olan ürünler, parçacık olarak ısıtılmış hava içine püskürtülerek yapılır. Püskürtme ile çok küçük damlacıklar haline gelen kurutulacak maddenin yüzey alanı arttığından kuruma çok hızlı olur. Bu sebeple sprej kurutucu ile kurutma, ısı ile uzun süre etkileşerek zarar görebilecek ürünler için çok yararlı bir yöntemdir. Bu kurutucular, kuruma süresinin çok kısa olması nedeniyle ısıya duyarlı maddelerin kurutulması için de uygun olmaktadır.



Şekil 4.11 Sprey kurutucu [33]

Sprey kurutma cihazında yer alan kurutulan madde, kurutucu hava ve çözücü ya da hava ile uçtaki maddeden püskürtülmeye çalışılır. Sprey kurutma cihazında kurutulan madde, kurutucu hava ve çözücü buharı ile birlikte içteki boruya siklon ayırıcıya hızlı bir şekilde girer. Merkezkaç kuvveti ile tozlar hızlı bir şekilde toplanma kabında birikir. Sprey kurutma yöntemi kesintisiz devam ettiği için üretimin sürekliliği sağlanmış olur. Sprey kurutma hızlı bir kurutma sağladığından ısıya dayanıklı maddelerin kurutulmasında tercih edilir [29].

Sprey kurutucu ile kurutma, süt tozu, peynir altı suyu tozu, süt ve tereyağı ve peynirle hazırlanan çoğu kuru çocuk mamaları üretiminde, öz çay, öz kahve, meyve ve sebze suları tozları, et özü ve maya özü üretiminde kullanılan bir yöntemdir [33].

4.5 Kurutma Sistemlerinde Matematiksel Modellemenin Yeri

Kurutma sistemlerindeki enerji maliyetlerindeki artışlar, tüketicilerin son ürünlerdeki kalite kriterlerini arttırması, dünya üzerindeki iklim değişikliklerine sebep olan sera gazı üretimindeki artışlar, kurutma teknolojilerindeki araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) uygulamaları ilerleyen zamanlarda artarak devam edecektir. Kurutma işlemlerinde

enerji oldukça yoğun olarak kullanıldığı için, daha iyi tasarlanmış ve boyutları küçültülmüş kurutucular ile gerçekleştirilerek işlem maliyetinde tasarruf sağlanabilmektedir.

Kurutma işleminde yapılacak yenilikler ısı, kütle ve momentum transferinin temel ilkelerinin yanı sıra biyolojik malzeme bilgisinin uygulanmasıyla gerçekleşmesi uygun olmaktadır. Mikroskobik boyutlarda kurutma işlemini modellemek, biyolojik malzemenin iç yapısı ile ilgili olup ekipmanın özelliklerinden genellikle bağımsız değerlendirilmektedir. Örneğin; homojen yapıya sahip biyolojik bir maddenin kuruması sırasında fiziksel ve kimyasal reaksiyonlar meydana gelmekte ve bunlar da ürün içerisindeki nem transferi sistemine etki etmektedir. Gıda maddelerinin yapısının homojen olmadığı göz önüne alınırsa, kurutma işlemi modellemeleri esnasında karşılaşılabilecek problemler daha da iyi görülmektedir. Isı ve kütle transferi birbiri üzerinde ve biyolojik maddenin fiziksel değişim ve kimyasal özellikleri üzerinde etkili olabilmekte ve bu tekrar eden bir döngü olarak birbirleriyle etki göstermektedir. Bundan dolayı yalnızca temel özelliklerden yararlanılan ve malzeme veya ortam şartlarına bağlı yaygın bir kurutma teorisinin geliştirilmesini ummak gerçekçi olmamaktadır. Isı, kütle ve momentum transferi ve malzeme bilgisi kullanılarak oluşturulan farklı modeller, farklı ürün ve sistemler kullanılarak araştırılmalıdır [35].

LİTERATÜR ÇALIŞMALAR

Üzüm kurutma alanında daha önceden yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Çoğu araştırmacı çeşitli ürünlerin kurutulmasında farklı uygulamalar denemişler ve birçok kurutucu tasarlamışlardır. Ayrıca araştırmacılar, bu araştırmalar ışığında ortaya çıkan kurutma verileri ile grafikler oluşturmuş ve matematiksel modeller geliştirmişlerdir. Daha önceden yapılan bu çalışmaların bir kısmını aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür.

Adiletta vd. [12] yaptıkları bir çalışmada, kuru üzüm kalitesi ve kuruma üzerinde aşındırıcı ön işlemin etkisini araştırmışlar ve kimyasal ön işlemlerle alkali etil oleatlı çözeltilerin kuruma üzerine etkisini incelemişlerdir. Etil oleat çözeltili aşındırma metodu ile ön işlem gören üzümlerin, ön işlemsiz üzümlerden daha kısa kuruma süresine sahip olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca, optimal kuruma sıcaklığıyla 50°C'de aşındırılan kabuğun, sadece kuruma zamanını azaltmada etkili değil, aynı zamanda rehidrasyon kapasitesini geliştirmede, antioksidan aktiviteyi önlemede ve üzümlerin büzülmesini azaltmada da etkili olduğunu göstermişlerdir. Etil oleatlı ön işlemler ile elde edilen kuru üzümlerdeki kalite özelliklerindeki farklılıkları, üzüm kabuğunun kuruması sırasındaki yarıkların oluşumu göstermiştir. Yaygın kullanılan ampirik modeller için, en yüksek regresyon katsayısı veren Page modelinin 70°C haricinde uygulanan tüm sıcaklıklarda, üzümün kurutma kinetiğini tanımlamak için en iyi olan modelin Logaritmik model olduğunu göstermişlerdir. Büzülme olduğu sürece, ikinci dereceden modelin, araştırılan sıcaklıklarda ve tüm örneklerde deneysel dataya uyduğunu göstermişlerdir.

Toğrul [21] çalışmasında, bir laboratuvar kurutucusunda siyah üzümün kurutulması sırasında meydana gelen ısı ve nem taşınımını araştırmıştır. Deneysel hava çeşitli akış hızlarından (0,5, 0,75, 1,0 ve 1,25 m/s) ve sıcaklıklardan (40, 50, 60 ve 70°C) geçirilmiştir. Termal ve nem dağılımları belirlenmiştir. Üzümün nem çekilmesini ifade etme durumu, literatürden seçilen on dört tek katmanlı kurutma modelleri ile araştırılmıştır. Tüm modellerin arasında Page modeli deney sonuçlarını açıklamak için en iyisi olarak bulunmuştur. Kuruma sıcaklığının ve hava hızının sabiti ve Page modeli katsayıları ve difüzyon hızlarının etkileri, çoklu farklı denklemler ile doğrusal olmayan regresyon analizleri ile araştırılmıştır. Elde edilen modeller kullanılarak istatistiksel olarak birincil istatistiksel parametre (t-testi), kök ortalama kare hata (RMSE), ortalama tahmini hata (MBE) ve khi-kare (χ^2) analiz edilmiştir.

Marquez vd. [36] yaptıkları çalışmada, Tempranillo kırmızı üzümün kontrollü dehidrasyonu sırasında sıcaklığın etkisini araştırmışlardır. 30 ve 40°C sabit sıcaklıklarda iki deney ve 40 ve 15°C alternatif sıcaklıklarda üçüncü bir deney her 12 saatte bir gerçekleştirilmiştir. Bu sonuçlara göre 40°C'de kurutulan üzümün en kırmızı rengi sunarak en yüksek antosiyanin miktarına ve antioksidan aktivitesine sahip olduğunu görmüşlerdir. Olası bir hipotez, yüksek sıcaklıkların üzümün sürekli olarak suyu buharlaştırıp ve oksijen girişini önlediğini ortaya çıkarmıştır. Aynı zamanda, kurutmanın çatlak yüzeylere neden olduğunu; bunun da renkli bileşiklerin kabuğa aktarılmasını kolaylaştırdığını, üzümün kırmızı rengini arttırdığını göstermiştir. Bununla birlikte, sıcaklık düştüğü zaman, oksijenin yüzeye nüfuz ettiğini ve kahverengileşme reaksiyonlarının başladığını ortaya çıkarmışlardır. Sonuç olarak, düşük ve yüksek sıcaklık değişimleri ile elde edilen kurutulmuş üzümün en az antosiyanin ve en az kırmızı rengin oluştuğunu göstermişlerdir.

Bahaabad vd. [37], çalışmalarında kuru üzümün dokusal ve renk özellikleri üzerinde ön kurutma işlemi ve depolama koşullarının üç değişkenli bir metodoloji olan tepki yüzey merkezli kompozit dönebilir tasarım yöntemiyle optimizasyonunu sunmuşlardır. Deney sırasında potasyum karbonat konsantrasyonu (%5,98–11,02), depolama sıcaklığı (3,18–36,82°C) ve bağıl nem (%6,96–91,04) etkileri değerlendirilmiştir. Bu çalışmada değişkenlerin yanıtı, kuru üzümün a ve b değerleri ve Hunter L, deformasyon, kopma kuvveti olarak açıklanmıştır. Yanıtlar ve bağımsız değişkenler arasındaki yüksek $R^2 > 0,96$

değerleri ile ikinci dereceden ampirik ilişkiler araştırılmıştır. Sonuçlar, K_2CO_3 konsantrasyonu ve sıcaklığın araştırılan dokusal ve renk karakteristiklerini etkileyen en önemli faktör olduğunu göstermiştir. Deney koşullarında, kuru üzümün a ve b değerleri ve Hunter L, deformasyon, kopma kuvveti için bulunan değerler, önceden tahmin edilen değerlerin yerini bulmuştur. Böylece önceden tahmin edilen değerlerle gerçek değerlere yakınlık ortaya çıkarılmıştır.

Chayjan vd. [38], Sultana çekirdeksiz üzümü zeytinyağı ve potasyum karbonat çözeltisiyle ön işleme tabi tuttuktan sonra kurutmuşlardır. Kuru üzüm üretim süreci, deneysel veriler ve matematiksel modeller kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kurutma deneyleri için bir laboratuvar ölçeğinde konvektif kurutucu kullanılmıştır. Bu çalışmada 50, 60 ve 70°C sıcaklıklar ve 0,25, 0,5, 0,75 ve 1,0 m/s hızlar ile kurutma koşulları uygulanmıştır. Nem difüzyon değerleri, minimum $7,77 \times 10^{-11}$ maksimum $2,62 \times 10^{-10}$ m²/s olarak tespit edilmiştir. Hava sıcaklığı arttıkça nem difüzyon değerleri de artmıştır. Aktivasyon enerjisi değerleri, minimum 44,806 kJ/mol ile maksimum 46,302 kJ/mol arasında değişmiştir. Kurutulmuş üzümler için açık renk değeri, yüksek hava hızı 1 m/s ve 70°C'de elde edilmiştir. Kuru üzümün renk analizinde, en iyi koşulun hava sıcaklığı 60-70°C arasında ve hava hızı 1 m/s'de olduğunu kanıtlamışlardır. Enerji tüketim değerleri 547 ve 1904 MJ/kg aralığında belirlenmiştir.

Çağlar vd. [39], farklı kurutma sıcaklıklarında çekirdeksiz üzümün kızılotesi kurutucuda kurutulmasıyla elde edilen verileri kullanarak nem şartları altında termal difüzyon, nem difüzyonu ve kuruma hızı değerlerini belirlemişlerdir. Termal difüzyon, nem difüzyonu ve kuruma hızının hesaplanmasında kullanılacak denklemlerin elde edilmesi için ilk nem içeriğinin ve sıcaklığın etkisini içeren dokuz lineer olmayan denklem türetilmiştir.

Bu denklemler, kurutulmuş üzümlerin nem içerik oranının geniş aralığında ve hava sıcaklığının 50 ve 80°C aralıklarında termal difüzyonun, nem difüzyonun, hem ön işlemler hem de ön işlemsiz tahmininde kullanılmıştır. Bu denklemlerden biri de, çekirdeksiz üzümün ön işlemsiz durumları için kuruma hızının tahmini için kullanılmıştır. Bununla birlikte, ön işleme tabi tutulan çekirdeksiz üzümlerde, denklemlerden biri kurutma hızı tahmininde daha uygun bulunmuştur.

Çakmak ve Yıldız [40], güneş enerjisi ile desteklenen bu çalışmalarında, dönen akışlı kurutma sistemi tasarlamış ve Elazığ/Türkiye civarında yetiştirilen üzümlerin suni

kurutulmasını araştırmışlardır. Havadar güneş toplayıcısı ile dönen akışlı kurutucuyla geliştirilmiş, kurutmanın homojen bir şekilde gerçekleştiği ve daha düşük nem değerlerinde klasik kurutma sistemi ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca, kurutma havası hızındaki bir artış ile kuruma süresinin kısaltıldığı bulunmuştur. Havalandırma elemanları kurutma odası ve döner elemanın içine yerleştirildiğinde girişe kadar, doğal kurutmaya göre kurutma süresinin kısaltıldığı incelenmiştir. Böylece doğal koşullarda 200 saat olan kuruma zamanı, dönen akışlı kurutucuyla desteklenen güneş enerjisi ile 1,5 m/s hava hızı ile 80 saate düşmüştür.

Da Silva vd. [41] yaptıkları bir araştırmada, düşük sıcaklıkta ekirdeksiz üzüm kurutma işlemini tanımlamak için bir veya iki parametre kullanarak bazı ampirik modelleri karşılaştırmışlardır. Seçilen modeller, zamana göre boyutsuz nem içeriğinin türevi için ortak bir özellik olan analitik bir ifadeye sahiptirler. Kurutma kinetiğinin simülasyonları için sonuçların karşılaştırılmasında, Page, Silva ve benzeri modellerin süreci iyi temsil etmesine rağmen en iyi modelin Peleg olduğu görülmüştür. Bu model için, simülasyon istatistiksel göstergeleri mükemmel olarak düşünülebilir ($R^2=0,9994$ ve $\chi^2=1,233\times 10^{-3}$).

Doymaz [42], bir laboratuvar kurutucusunda siyah üzümlerin ince tabaka kurutma davranışını incelemiştir. Siyah üzümlere çeşitli ön işlemler, hava hızı 1,1 m/s olan 60°C sıcaklıkta kurutma işlemi uygulanmıştır. Etil oleat ve potasyum karbonat solüsyonuna daldırılan siyah üzümlerin en kısa kurutma süresine sahip olduğu bulunmuştur. Lewis, Page, Henderson ve Pabis ve Two-term kurutma modelleri kullanılarak çeşitli zeltilemlerle ön işleme tabi tutulmuş ve ön işlem görmemiş siyah üzümlerin nem değerini analiz etmiştir. Tüm modeller iki istatistiksel parametreye regresyon katsayısı (R^2) ve khi-kare (χ^2) değerine göre karşılaştırılmıştır. Page modelinin, siyah üzümlerin kuruma eğrilerinin tanımlaması için en uygun model olduğu bulunmuştur. Efektif nem difüzyon değerini, $3,82\times 10^{-10}$ ile $1,28\times 10^{-9}$ m²/s arasında olduğu tespit edilmiştir.

Doymaz ve Pala [43], farklı daldırma zeltilemleri ile muamele edilen zmleri değerli sıcaklıklarda kurutmuşlardır. Alkali etil oleat zeltisi (AEEO) ile ön işleme tabi tutulmuş olan ekirdeksiz üzümler, ön işlem yapılmayan üzümler ile karşılaştırılarak sonuçlandırılmıştır. Alkali etil oleat çözeltisine daldırılan üzümlerin, ön işlem yapılmayan veya potasyum karbonat çözeltisi ile ön işleme tabi tutulanlara göre

kuruma süresinin daha kısa olduğunu göstermiştir. Üzümlerin renk analizinde de en iyi sonuçların, AEEO ile ön işleme tabi tutulan ve 60°C'de havayla kurutulan üzümlerde olduğu görülmüştür. Üzümlerin kurutulmaları sonucunda elde edilen nem oranları Page ve Exponential denklemleri ile modellenmiştir.

Gamea ve Taha [44], kütle ve enerji dengesine dayanan ince tabaka kurutma prensiplerine sahip güneş düz plaka hava kolektörü geometrisini düzenleyen bir kurutma bilgisayar matematiksel modeli geliştirmişlerdir. Bu model, birçok tasarım parametresini etkileyen kurutma sürecinin aşırı karmaşıklığını anlamak için yararlı olmuştur. İnce tabaka kurutma deneyleri üzümler için indirekt güneş kurutucu ile sağlanmıştır. Güneş toplayıcıyla ısıtılan hava, bir elektrikli fanla ürünü kurutmuştur. Üzümlerin ince tabaka güneş kurutucuda en iyi uyduğu Henderson ve Pabis modeli tarafından çok iyi uyumlu olduğu deneysel veriler ile elde edilmiştir. Gerekli kuruma süresi yaklaşık 18 saattir. Model, güneş kurutucusunun performansını ölçmesinin yanında ürünün güneş radyasyon yoğunluğunu, sıcaklığını, bağıl nemi ve nem oranını tahmin edebilmiştir.

İşçi ve Altındişli [45], "Sultanina" diye adlandırılan *V. vinifera L.* üzüm çeşidini, tünel tipi raf sistemli güneş kurutucusunda ve doğrudan güneş ışığında geleneksel kurutma yöntemine göre kurutmuşlardır. Tünelin iç sıcaklığı kurutma tüneline güneş paneli eklenerek arttırılmıştır. Üzümler dört farklı alkali çözeltisine (daldırma çözeltisi), %1, %2, %3 ve %5 oranlarında sodyum hidroksit ve %1 zeytinyağına ayrı ayrı batırılmıştır. Her uygulama iki tekrar ve her tekrarda 2 kg/m² üzüm üzerinde yapılmıştır. Kuruma süreci %14 neme kadar devam etmiştir. Bu araştırmada üzümlerin kurutma süresi, kuruma oranı, %nem, toplam çözünebilir katı içeriği, 100 tane ağırlığı, tane yüzey rengi, alkol çözümlü renk değerleri ölçülmüştür. Güneş enerjili kurutma tüneline üzümlerin kuruma süresi doğrudan güneş ışığından daha hızlı gerçekleşmiştir. Güneş kurutuculu tünelden kurutulan üzümlerin rengi negatif bir değişim görmemiştir. Tünel tipi güneş kurutucularda kurutulan ürünün en önemli avantajı, dış çevreden kuru üzümlerin korunmasıdır.

Khazaei vd. [46] çalışmalarında, makine görme sistemine dayanan bir yöntem ile dehidrasyon süresince meyvelerin büzülme ve kalitesinin değerlendirilmesi sebebiyle üzümün kurumasını incelemişlerdir. Deneysel veriler, 1,4 m/s hava hızında ve farklı

kurutma sıcaklıklarında (50, 60, 70°C) elde edilmiştir. Sonuçlar, nem içeriği, büzülme ve renk değişiklikleri üzerindeki sıcaklığın etkisini göstermiştir. Nem içeriği renk değişiklikleri boyunca ilişkilendirilip modellenmiş ve meyvelerin büzülmesiyle ilişkilendirilen doğrusal regresyonların olduğu gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar, rengin olduğu kadar büzülmenin ve meyve nem içeriği arasındaki doğrusal ilişkilerin iyi olduğunu göstermiştir. Ayrıca, nem içeriği ve üzüm kalitesini kuruma işlemi sırasında makine görme sistemi vasıtasıyla değerlendirmişlerdir.

Li vd. [47], Sultana üzümlerinin iki farklı hava kurutucusunda kuruma etkilerini test ve analiz etmişlerdir. On farklı ince tabaka kurutma matematiksel modeller, regresyon katsayıları ve χ^2 testine göre karşılaştırılmıştır. Wang ve Singh modeli Sultana üzümlerinin hava kuruma eğrilerini açıklamak için en uygun model olarak bulunmuştur. Yerel geleneksel hava kurutucu ile karşılaştırıldığında, yenilenmiş hava kurutucu ile kuruma zamanını yaklaşık %12-18 oranında azaltabileceklerini, yeşil dereceli kuru üzüm oranını yaklaşık %23 oranında artıracabileceklerini ve Sultana üzümlerinin etkili nem difüzyonunu %33 artıracabileceklerini göstermişlerdir.

Marquez vd. [48], İspanya'da yetişen Tempranillo ve Merlot kırmızı üzüm çeşitlerinin kontrollü sıcaklık ve nem koşulları altında oda kurutması yapmış ve bu bölgedeki tatlı kırmızı şaraplar eldesi için her iki üzüm çeşidinde de kabuk varlığını araştırmışlardır. Renk değişikliği ve vinifikasyon işlemi sırasında monomerik ve polimerik fenollerde incelenmiştir. Oda kurutma ile Merlot üzümlerinde 48 saat içinde ve Tempranillo'da 72 saat içinde yaklaşık şeker içeriği 31,4°Bx'e yükselmiştir. Bu kurutma işlemi aynı zamanda kabuğun kopmasına ve küspeye fenolik bileşiklerin hızlandırılmasını sağlar. Antosiyaninin yüksek konsantrasyonu nedeniyle hafif esmerleşmesi ve artan kırmızı tonları kusur olarak görülmüştür. Antosiyaninler; üzüm kabuğu varlığında, 24 saat boyunca en iyi sonuç vermiştir. Son ürün diğer ticari tatlı kırmızı şaraplar ile karşılaştırıldığında kaliteli tatlı kırmızı şarap için pazarlamaya uygun yüksek kabul edilebilir tanen, renk ve fenolik bileşikler içermiştir.

Marquez vd. [49], kontrollü sıcaklık ve nem altında oda kurutma yönteminin etkilerini Güney İspanya'da ılık olarak yetiştirilen üç çeşit kırmızı üzüm (Merlot, Tempranillo ve Syrah) üzerinde incelemişlerdir. Bu kurutma işleminin, tatlı kırmızı şarap üretiminde de kullanılabileceğini göstermişlerdir. Analizler renk parametrelerini, kahverengileştirme

indeksini ve antosiyanin konsantrasyonlarını içererek HPLC-DAD / MS ile ölçülmüştür. Sonuçlara göre, kurutma yüzeyden renkli bileşiklerin difüzyonu ve çekirdeklerin dehidrasyon etkisi ile bu fenolik bileşiklerin konsantrasyonunu ve rengini artırmıştır. Buna ek olarak, kuruma, kahverengileştirme indeksini (OD 420) artırmıştır, buna rağmen (OD 420 / OD 520) oranını azalttığı gibi OD 520 den az oranla artmıştır.

Kırmızı şarabın tipik rengi, düşük aydınlıklarının etkisi ile ($L^* < 20$ CIELAB birimleri) belirgin bir karanlık oluşturmuştur. 24 saatlik kurutma işleminde elde edilen mumların şeker içeriği daha az olmasına rağmen daha yüksek antosiyanin içeriği, daha az esmerleşme ve koyu renk bir sonuçla macera basamağı olmadan bile, bir vinifikasyon işlemi yapmak daha iyidir. Yüksek moleküler ağırlıklı bileşiklerin içeriğini artırmak ve antosiyanin türevleri için daha fazla kuruma süresi gerekebilir.

Thakur vd. [50], farklı fiziksel ön işlemlerle hazırlanan kuru üzümün 'Perlette' (*Vitis vinifera L*) uygunluğunu değerlendirmişlerdir. Araştırmalar bütün meyve, yarım meyve ve kabuklu/mumlu yüzeysel aşınması olan meyveler üzerinde yapılmıştır. Bu araştırmalar kuru üzümün kurutma karakteristikleri üzerindeki etkinliği ve kalitesi üzerinde olmuştur. Yarım kesim meyvelerin bütün meyveye ve çatlamış yüzeyle meyveye kıyasla kuruması daha az zaman almıştır. Meyvelerin kurutulması $6,0 \text{ kg/m}^2$ yükleme kapasiteli bir hava dolaşımı tepsili kurutucuda 60°C 'de yapılmıştır. %15 (yaş bazda) nem içeriği ile kurutulan, toplam çözünme katısı %15-18 aralığında değişen meyve içeriğinin iç nemi %67 olarak belirlenmiştir. Ampirik / yarı teorik / matematiksel denklemlerle meyvelerin kurutma karakteristiklerini göstermek için ince tabaka kurutma modeli uygulanmıştır. Uygun kuruma davranışını tanımlamak için sabit matematiksel model değerlendirilerek standart bir istatistiksel program kullanılarak doğrusal olmayan regresyon analizi yapılmıştır. Analizler Midilli-Küçük denkleminin en iyi kuruma davranışı gösterdiğini ortaya çıkarmıştır. Ayrıca fiziksel aşınma yönteminin kimyasal yönetime karşı daha hızlı kurutma için etkili olduğunu ispatlanmıştır.

Wang vd. [51], Karbonik maserasyon (CM) etkilerini, etil oleatın alkalın emülsiyonuna batırılma etkisini (AEEO) ve AEEO'dan sonra 18°C 'de 12 saat boyunca donma etkisini (AEEO+Dondurma), kırmızı üzümlerin infrared kuruma kinetiğini ve kuru üzümlerin özelliklerini araştırmışlardır. Sonuçlar, CM ile muamele edilmiş üzümlerin daha kısa üretim süresine, en yüksek toplam fenol içeriğine, en iyi oksidasyon direnci yeteneğine

ve en iyi rehidrasyon oranına taze numunelerdeki kuru üzümlere kıyasla sırayla %-31, %28,43, %73,9 ve %32,24 oranında artırmıştır. CM ile muamele edilmiş numuneler en büyük lentik boyutuna sahiptir, ardından AEEO+Dondurma ve AEEO örnekleri izlemiştir. Lentiklerin boyutu büyüdükçe kuruma oranının da o kadar yüksek olacağı görülmüştür.

Xiao vd. [52] yaptıkları çalışmada, Monukka çekirdeksiz kuru üzümlerin kuruma kinetiği ve kalitesini, farklı kurutma sıcaklıklarında (50, 55, 60 ve 65°C) ve hava hızlarında (3, 5, 7 ve 9 m/s) araştırmışlardır. Sonuçlar, kuruma süresi üzerinde kurutma sıcaklığının hava hızından daha belirgin olduğunu göstermiştir. Fick'in ikinci difüzyon kanunu kullanılarak hesaplanan nem difüzyon değerleri $1,82 \times 10^{-10}$ ile $5,84 \times 10^{-10}$ m/s² aralığında tespit edilmiştir. Arrhenius denklemi ile belirlenen aktivasyon enerjisi 67,29 kJ/mol olarak hesaplanmıştır. Kurutulmuş Monukka çekirdeksiz üzümün sertlik derecesi 9,53'den 17,16 N'ye değişerek, kurutma sıcaklığı arttıkça artan eğilim göstermiştir. Örneklerin C vitamini tutulma oranı, taze olana kıyasla %10,26'dan %39,73'e değişmiştir. Sonuçlar, hava hızı ile C vitamini tutulumu arasında direkt korelasyon yok iken kurutma sıcaklığının C vitamininin tutulmasını kontrol eden ana faktör olduğunu göstermiştir.

Vazquez vd. [53], üzüm çekirdeğini potasyum karbonat çözeltisi ile ön muameleye tabi tutarak, üzüm kabuğunda mikro-çatlaklar bulunduğunu görmüşlerdir. Bununla birlikte, kuru üzümdeki kimyasal katkı kalıntısı gıda güvenliği sorunlarını oluşturabileceği ve daha çok miktarda aşındırıcı kimyasallarla nasıl üstesinden gelineceği çok büyük bir problem oluşturmaktadır.

Di Matteo vd. [54], üzüm kabuğunun aşınmasını konu alan alternatif bir fiziksel ön işlem tavsiye etmişlerdir. Üzüm kurutmak için kimyasal ön işlemlerin yanı sıra, bazı fiziksel ön işlemler de gerçekleştirilmektedir. Kurutma eğrileri sonuçlarının hem kimyasal (alkali etil oleat çözeltisi) hem de fiziksel olarak işlenmiş örnekler için oldukça yakın olduğunu elde etmişlerdir. Bu sebeple fiziksel aşınma geleneksel kimyasal yöntem kadar etkili bulunmuştur. Kütle transfer katsayısı, fiziksel olarak ön işlem uygulanmış olanların işlem görmemiş numuneler için belirlenen değerden yaklaşık 4 kat daha büyük olduğu bulunmuştur. Aynı ön işlem, eriyiklerin nitel özelliklerini önemli miktarda değiştirmeden, kurutma süresini düşürerek ve şekerlerin daha az kaybına sebep olan, 60°C'de kurutmadan önce uygulanmıştır.

Shi vd. [55] yaptıkları çalışmada, meyve ve sebze kurutmak için kullanılan kızılötesi radyasyonu (IR), sıcak hava kurutucu yerine kullanmışlardır. Sıcak hava kurutucuya kıyasla kızılötesi ısıtmanın, daha yüksek enerji verimliliği, ısı aktarım hızı ve ısı akışına sahip olduğunu, bu nedenle daha yüksek kuruma hızı ve daha düşük kuruma süresi gibi birçok avantaj sunduğunu kanıtlamışlardır. Yüksek kurutma sıcaklıklarında, Sıcak NaOH çözeltisi ile ön işlem, kızılötesi kurutucu altında kuruma hızını ve nem difüzyonunu arttırmıştır. Kızılötesi kuruma sırasında, çatlamış yaban mersini sayısı azalmış ve kuruma hızı artmıştır. NaOH ön işleminden sonra, muamele edilmemiş numuneye kıyasla meyvelerin balmumu tabakası kısmen uzaklaştırılmıştır.

Telis vd. [56], çalışmalarında kurutma eğrilerini elde ederek ve potasyum karbonat / zeytinyağı emülsiyonunda ve soya lesitin / su süspansiyonunda ön işlemden geçirilmiş Rubi üzümünün kuruma hızlarını ve kuruma zamanlarını karşılaştırmışlardır. Sonuçlar, zeytinyağının, saf potasyum karbonat ile ön işleme tabi tutulmuş üzümlere kıyasla, kurutma işleminin hızlandırılmasında önemli bir etkiye sahip olduğunu ve aynı kurutma sürelerinde en yüksek nem içeriğini sağladığını göstermiştir. Ayrıca, üzümün ön işlem görmesi sırasında alkali çözeltilere daldırma süresinin arttırılması, kuruma süresinin azaltılmasında zeytinyağı konsantrasyonunun arttırılmasından daha etkili olmuştur. Üzüm derisinin yanmasını ve çatlak oluşumunu önlemek için, alkali çözeltilerle ön muamele sırasında üzüm derisindeki suyun difüzyonu için gereken daldırma süresine ve maksimum daldırma süresine dikkat edilmesi gerektiği ortaya konulmuştur. Üzümlere uygulanan ön muamele, %2,5 zeytinyağı ve %6 K₂CO₃ emülsiyonunda 2 dakika boyunca gerçekleştirildiğinde, kurutma hızı işlem sırasında düşmüştür. Bu çalışmada, kurutma işlemini hızlandıran en etkili işlemin, potasyum karbonat / zeytinyağı emülsiyonu olduğunu kanıtlamışlardır.

Pawar vd. [57], çeşitli ön işlemlerin kurutma özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Kurutma işlemi sırasında üzümdeki nemin giderilmesi, üzümün kurutulmasındaki ana sorundur. Bu nedenle, kimyasal daldırma işlemi (hem sıcak hem de soğuk) yalnızca kuruma süresini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda kuruma oranını artırmak için kuru üzümün kalitesini artırır. Çalışmada ticari daldırma yağı ve sitrik asit içeren üzümlere uygulanan çeşitli ön işlemlerde lye(sodyum hidroksit) muamelesi ve potasyum metabisülfid kullanılmıştır. Sitrik asit ile ön işlemin difüzyonu azaltarak etkili olduğu

bulunmuştur. Sitrik asit ön işleminin, şekerin kristalleşmesini önlediği için yağ ön işleminden daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Senadeera vd. [58], çalışmalarında iki çeşit üzüm kullanarak kurutma işleminden önce işlenmiş üzümlerin işlenmemiş üzümlerden daha hızlı kuruduğunu tespit etmişlerdir. Üzüm kabuğunu aşındırıcı ön işlemler, üzümlerin kurumasını hızlandırmıştır. Sonuçlara göre, önceden ön işlem görmüş üzümlerin kuruma süresi, ön işlem görmemiş üzümlerin kuruma süresinden 4 kat daha kısadır. Ön işlem çözeltilerinin kurutmada kuruma süresini etkileyen çok önemli bir parametre olduğu görülmüştür.



MATERYAL ve YÖNTEM

6.1. Materyal

Bu çalışmada, kurutma denemelerinde çekirdeksiz üzüm kullanılmıştır. Taze çekirdeksiz üzümler Türkiye’de İstanbul ilinde tüketime sunulan marketlerden alınmıştır. Deney örneklerinin fiziksel özelliklerinde tekdüzeliği sağlamak için üzüm numuneleri yaklaşık aynı çap, uzunluk ve ağırlıkları olacak şekilde özenle seçilmiştir. Kullanılan üzümlerin ortalama çapı 15,1 mm, ortalama uzunluğu 23,2 mm, ortalama ağırlığı 3,0 gr şeklindedir. Deneyler için düzgün boyut ve renkte yüzey hasarı veya hastalık olmayan üzüm taneleri hazırlanmıştır. Üzümler laboratuvar ölçekli kurutma işlemlerini gerçekleştirmek üzere Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği bölümündeki Gıda ve Polimer Laboratuvarına getirilmiş, +4°C’deki buzdolabında bir gece bekletilmiş ve ertesi günde ön işlemler ve ön işlemsiz olarak kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Buzdolabında saklanan ürünler, denemeden önce buzdolabından çıkarılarak ortam sıcaklığına ulaşması beklenmiştir (Şekil 6.1).



Şekil 6.1 Çekirdeksiz üzüm örnekleri

Deneyler için potasyum karbonat (K_2CO_3), sodyum metabisülfid (Na_2S_2O), sitrik asit ($C_6H_8O_7$) ve askorbik asit ($C_6H_8O_6$) maddeleri Merck firmasından satın alınmıştır. Sızma zeytinyağı ise Hatay'dan bir üreticiden temin edilmiştir.

6.2 Yöntemler

6.2.1 Kabin kurutucu

Kabin kurutma tekniği için, (APV & PASILAC Limited Carlisle, Cumbria, İngiltere) firması yapımı kurutucu kullanılmıştır (Şekil 6.2). Kabin kurutucu 1,2 m yüksekliğe, 1,4 m genişliğe ve 0,54 m kalınlığa sahiptir. Kurutucu çelikten imal edilmiş olup 50 mm kalınlığında yarı rijit yassı izolasyon malzemesi ile kaplanmıştır.

Bu kabin kurutucu temelde hava akışını sağlamak için bir santrifüj fanından, bir elektrikli ısıtıcıdan, bir hava filtresi ve bir elektronik oransal kontrolörden oluşmuştur. Ürünün üstündeki hava hızı santrifüjlü fan ve fan hızı kontrol ünitesi tarafından düzenlenmiştir. Hava akış hızı bir anemometre yardımıyla ölçülmektedir. Isıtma ünitesinde sıcaklık yönlendiricisi ile hava sıcaklığı ayarlanmıştır. Numuneler kurutucu içindeki istenen hava sıcaklığı kullanılarak delikli bir tepside kurutulmuştur. Örneklerin ağırlık kaybı $\pm 0,1$ g hassasiyetli dijital bir terazi ile ölçülüp yazılmıştır.



Şekil 6.2 Kabin kurutucu

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 İnfrared kurutucu

Kurutma denemeleri sırasında infrared kurutucudan da (Şekil 6.3) yararlanılmıştır. Kurutma denemeleri bir infrared kurutucuda 250 W bir halojenle lambalı bir nem analiz cihazında (Snijders Moisture Balance, Snijders b.v., Tilburg, Hollanda) gerçekleştirilmiştir. İnfrared kurutmada süreç, kurutulacak örneklere eşit olarak ve tüm tava üzerinde homojen bir şekilde dağılmaktadır. Kurutma deneyleri 62 W, 75 W, 88 W, 104 W ve 125 W infrared güç seviyelerinde yapılmıştır. Örneklerdeki güç seviyesi ekipmandaki kontrol ünitesi yardımıyla ayarlanmıştır. Üzüm örnekleri, ince tabaka halinde düzgün bir şekilde üst yayıcıdan 40 mm uzaklıkta bulunan 11 cm çapında metal bir ekrana dizilmiştir. Kurutucudan 30 dakika aralıklarla alınan numune ağırlıkları $\pm 0,1$ g hassasiyetli bir dijital terazi ile ölçülüp kaydedilmiştir.



Şekil 6.3 İnfrared kurutucu

6.2.3 Teraziler

Kuruma süresince örneklerin ağırlık ölçümleri $\pm 0,1$ g hassasiyete sahip (model BB3000, Mettler-Toledo AG, Grefensee, Switzerland) terazi (Şekil 6.4) ile ölçülmüştür.



Şekil 6.4 Mettler marka terazi

Taze üzümün nem analizi, $\pm 0,0001$ hassasiyete sahip Precisa marka (model XB220A, Precisa Instruments AG, Dietikon, İsviçre) hassas terazi (Şekil 6.5) yardımıyla yapılmıştır.



Şekil 6.5 Hassas terazi

6.2.4 Kuru madde tayini

Ürünlerin nem içerikleri laboratuvar koşullarında bulunan etüv kullanılarak bulunmuştur. Darası önceden belirlenmiş örnek kabında tartılan örnekler 105°C'ye ayarlanmış ve (Selecta, Barcelona, Spain) marka etüvde (Şekil 6.6) sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Daha sonra etüvden çıkarılıp soğuması için desikatöre konulup, kısa bir süre beklendikten sonra tartılmıştır. Örneklerin kurutma işleminden önce ve kurutulan ürünlerin nem içeriklerinin belirlenmesinde AOAC, 920,151 yöntemi uygulanmıştır [59]. Kurutmadan önce deneylerde kullanılan örneklerin nem içeriği yaş bazda %80,5 (kuru bazda 4,12 kg su/kg kuru madde) olarak hesaplanmıştır.



Şekil 6.6 Kuru madde tayininde kullanılan etüv

6.2.5 Hava akış hızı

Kabin kurutucuda sıcak hava ile kurutma denemelerinde hava akış hızı TESTO 440 Vane Anemometre (AM-4201, Lutron, Taipei, Tayvan) ile $2\pm 0,1$ m/s olarak ölçülmüştür. Şekil 6.7'de hava akış hızı ölçümlerinde kullanılan anemometre görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 6.7 Anemometre

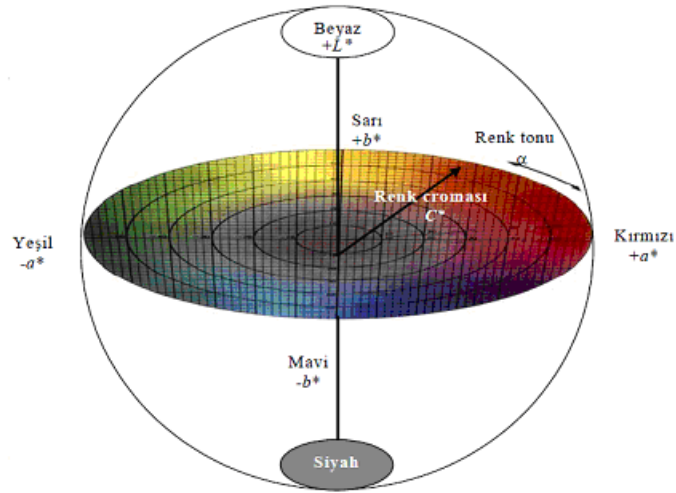
6.2.6 Renk ölçümleri

Kurutma işleminde uygulanan kurutma şartlarının kurutulmuş biyolojik maddelerin rengi üzerindeki etkilerini tespit etmek için renk analizi yapılır. Kurutulmuş ürünlerde renk ölçer olarak (Minolta, Chroma - Meter - CR-400, Japan) cihazı kullanılmıştır (Şekil 6.8). Taze ve kabin kurutucuda kurutulmuş üzüm örneklerinde renk ölçümleri 5 farklı noktada tekrarlanmış ve kaydedilmiştir.



Şekil 6.8 Renk ölçer

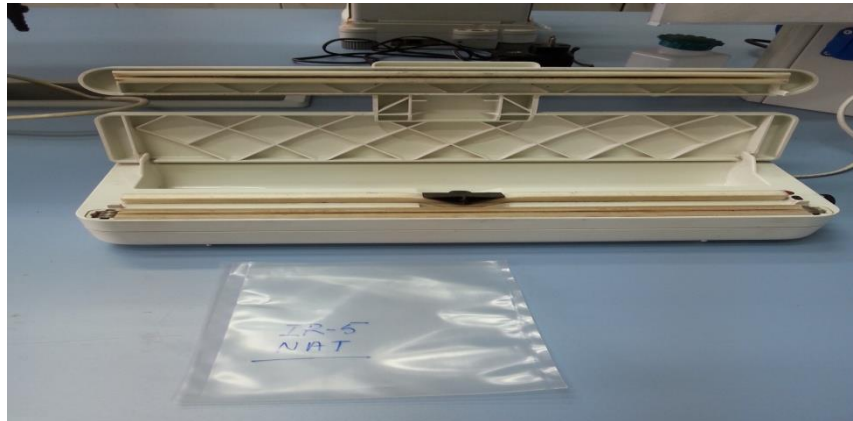
Çıkan sonuçların (L^* , a^* ve b^*) ortalamaları alınarak Hunter Lab skalasına göre kuru üzümün renkleri değerlendirilmiştir. Burada L değeri parlaklıktan koyuluğa, $-a$ değeri yeşillığe ve $+b$ değeri de sarılığa gidişi tanımlamaktadır. L^* değeri parlaklığı temsil etmekte olup 0 ile 100 arasında değişmektedir. 0 siyahlığı, 100 beyazlığı ifade etmektedir. a^* değeri yeşillığı ve kırmızılığı ifade etmekte olup, -90 ile $+90$ arasında değişmektedir. b^* değeri mavilik ve sarılığı ifade etmekte olup -90 ile $+90$ arasında değişmektedir (Şekil 6.9).



Şekil 6.9 $L^*a^*b^*$ renk uzayının şematik görünümü [60]

6.2.7 Vakumlu paketlenme cihazı

Kurutma işleminden sonra örnekler Şekil 6.10'da verilen vakumlu paketlenme cihazı ile ambalaj içerisindeki hava vakumlandıktan sonra paketlenmesi yapılmıştır.



Şekil 6.10 Vakumlu paketlenme cihazı

6.3 Kurutma Denemeleri

Üzümler, kurutma hızını artırmak ve wax tabakasını kaldırmak için farklı çözeltilere daldırılmıştır. Bu sebeple çekirdeksiz üzümler kurutmadan önce 2 dakika süre ile hazırlanan çözeltilere bandırılıp çıkarılmıştır. Üzümlere uygulanan ön işlem detayları aşağıdaki gibidir:

POTAS: Üzümler %3 K_2CO_3 (potasyum karbonat) + %0,5 Zeytinyağı çözeltisine 2 dakika süre ile bandırılıp çıkarılmıştır. Bu çözelti POTAS olarak adlandırılmıştır.

SMBS: Üzümler %2 $Na_2S_2O_5$ (sodyum metabisülfid) çözeltisine 2 dakika süre ile muamele edilmiştir. Bu çözelti SMBS olarak adlandırılmıştır.

POTAS+SMBS: Üzümler %2 K_2CO_3 + %2 $Na_2S_2O_5$ çözeltisine 2 dakika süre ile bandırılıp çıkarılmıştır. Bu çözelti POTAS + SMBS olarak adlandırılmıştır.

KONTROL: Üzümler hiçbir çözeltiliye bandırılmadan devam edilmiştir. KONTROL olarak adlandırılmıştır.

Kurutma işleminden önce yapılan denemelerde için iki farklı kurutma yöntemi kullanılmıştır. Bunlar; sıcak hava ile kurutma ve infrared kurutma olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca kombine kurutma denemeleri de yapılmıştır.

6.3.1 Kabin kurutucu ile kurutma denemeleri

Kabin kurutucuda sıcak hava ile kurutma denemeleri üç sıcaklıkta 55, 60 ve 70°C'lerde gerçekleştirilmiştir. Her sıcaklıkta POTAS kodlu, SMBS kodlu, POTAS+SMBS kodlu ve KONTROL kodlu olarak üzümler üzerinde denemeler yapılmıştır. Üzümler her denemede yaklaşık 130 gr olarak alınmış, her yarım saatte bir ağırlık düşüşü kaydedilmiştir. Kurutma işlemlerine örneklerdeki nem içeriği yaklaşık %20 (yaş bazda) düşünceye kadar devam edilmiştir. Kurutulan ürünler soğutularak renk ölçümleri yapıldıktan sonra düşük yoğunluktaki polietilen (LDPE) torbalarda sıcak kaynakla paketlenmiştir. Paketler üzerine uygun etiketleme yapılarak saklanmıştır. Bu değerler yardımıyla kuruma eğrileri çizilmiş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

6.3.2 İnfared kurutucu ile kurutma denemeleri

İnfared kurutucuda POTAS ve KONTROL kodlu üzümler kullanılarak 62 W, 75 W, 88 W, 104 W ve 125 W IR güçlerde deneyler gerçekleştirilmiştir. Üzümler her denemede yaklaşık 60 gr olarak alınmış, her yarım saatte bir ağırlık düşüşü kaydedilmiştir. Ağırlıklar kaydedilip, tekrar kurutmaya tabi tutulmuştur. Kurutma işlemlerine örneklerdeki nem içeriği yaklaşık %20 (yaş bazda) düşünceye kadar devam edilmiştir. Kurutulan ürünler soğutulularak renk ölçümleri yapılmış ve düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) torbalarda sıcak kaynakla paketlenmiştir. Paketler üzerine uygun etiketleme yapılarak saklanmıştır. Her IR güç seviyesinde kuruma süreleri ve nem içeriği ölçülmüştür. Bu değerler yardımıyla kuruma eğrileri çizilmiştir.

6.3.3 Kombine kurutma (İnfared+Kabin) denemeleri

Kombine kurutmada ise ilk olarak KONTROL kodlu üzümlerin 75 W güçte infared kurutma ile 2 saat kuruması izlenip sonrasında 60°C'ye ayarlanan kabin kurutucuya alınarak kuruma karakteristiği araştırılmıştır.

İkincisinde POTAS kodlu üzümlerin 75 W güçte infared kurutma ile 2 saat kuruması izlenerek ardından 60°C sıcaklıkta kabin kurutucuda kuruması izlenmiştir.

Üçüncü olarak KONTROL kodlu üzümlerin 75 W güçte infared kurutma ile 4 saat kuruması izlenip sonrasında 60°C sıcaklıkta kabin kurutucuya alınarak kuruması gözlenmiştir.

Üç aşamada da her yarım saatte bir ağırlık düşüşü kaydedilmiştir. Ağırlıklar kaydedilip, tekrar kurutmaya tabi tutulmuştur. Kurutma işlemlerine örneklerdeki nem içeriği yaklaşık %20 (yaş bazda) düşünceye kadar devam edilmiştir. Çıkan sonuçlara göre kuruma süreleri birbirleriyle kıyaslanmış ve bu değerler yardımıyla kuruma eğrileri çizilmiştir.

6.4 Matematiksel Modelleme

Kurutma deneylerinde kullanılan üzüm örneklerinin nem içeriği, yaş baza göre (6.1) denkleminde yararlanılarak hesaplanmıştır.

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

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

Kurutma deneyleri sırasında üzüm örneklerinin kurutma hızı ise (6.2) denklemi kullanılarak hesaplanmıştır.

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

Denklemdede;

$\frac{\Delta M}{\Delta t}$: Kurutma hızı (kg su/(kg kuru madde × dakika),

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) ve t, Δt: süre (dakika) olarak gösterilmektedir.

Kurutma deneyleri bitiminde kuruma eğrilerinin çizilmesi ve kurutma işleminin modellenmesi için denemelerde elde edilen ağırlık azalmaları verilerinin nem içeriği ve boyutsuz nem içeriği değerlerine çevrilmesi gerekir.

Kurutma deneyleri sırasında üzüm örneklerinin boyutsuz nem içeriği olan nem oranı (MR) ise aşağıdaki (6.3) denklemi yardımıyla hesaplanmıştır [59].

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

Denklemdede; M: Herhangi bir zamandaki su miktarını (kg su/kg kuru madde), M_0 : Kurutmaya başlamadan önceki üründeki su miktarını (kg su/kg kuru madde), M_e : Kurutma koşullarındaki havanın içerdiği su miktarını (kg su/kg kuru madde) belirtmektedir. M_e değeri M ve M_0 değerleri ile karşılaştırıldığında çok küçük bir değer olduğu için ihmal edilir. (6.4) denklemi daha kolay bir formda aşağıdaki gibi yazılabilir [52].

$$MR = \frac{M}{M_0} \quad (6.4)$$

Kuruma eğrilerini açıklamak için bazı araştırmacılar tarafından yarı teorik ve ampirik modeller geliştirilmiştir. Geliştirilen bu modellerden bazıları, deneysel verilerden elde edilen nem içeriği ve kuruma süresi kullanılarak Çizelge 6.1'de gösterilen Lewis,

Henderson ve Pabis, Logaritmik, Page, Midilli vd., Wang ve Singh ve Parabolik olmak üzere toplam yedi adet matematiksel model üzerinde incelenmiş ve istatistiksel olarak birbiri ile karşılaştırılmıştır.

Çizelge 6.1 Matematiksel modeller

Model Adı	Model	Kaynak
Lewis	$MR = \exp(-kt)$	[41]
Henderson ve Pabis	$MR = a \exp(-kt)$	[44]
Logaritmik	$MR = a \exp(-kt) + c$	[12]
Page	$MR = \exp(-kt^n)$	[61]
Midilli vd.	$MR = a \exp(-kt^n) + bt$	[50]
Wang ve Singh	$MR = 1 + at + bt^2$	[47]
Parabolik	$MR = a + bt + ct^2$	[64]

6.5 Regresyon Analizi

Regresyon analizlerinde Statistica programı (Statsoft, Inc., Tulsa, OK) kullanılmıştır. Matematiksel modellemede kullanılan yedi modelin tümü için modellerin uygunluğunu belirlemek için regresyon katsayısı (R^2) temel kriter sayılmıştır. Regresyon katsayısı, (6.5) denkleminde gösterildiği gibi hesaplanmıştır. En uygun model için R^2 değerinin bire yakın olması gerekmektedir. R^2 değeri, deneysel veriler ile matematiksel modeller kullanılarak elde edilen verilerin uyumluluğunun bir ölçüsü olarak gösterilmiştir. R^2 değeri sayesinde ürünlerin kuruma eğrilerini tanımlayan denklem birincil olarak belirlenmiştir.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2}{\sum_{i=1}^{\infty} (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2} \quad (6.5)$$

Bunun yanında khi-kare (χ^2) ve tahminin standart hatası (RMSE) değerleriyle de kullanılan her bir modelin uygun olup olmadığı tespit edilmiştir.

Khi-kare değeri deneyde elde edilen veriler ile matematiksel modellerle elde edilen tahmini verilerin ortalama karesini göstermektedir. Khi-kare değeri, (6.6) denkleminde gösterildiği gibi hesaplanmıştır. Modelin etkinliği için bu khi-kare değerinin mümkün olduğunca sifira yakın olması gerekmektedir. Ayrıca uyumun iyilik derecesini gösteren khi-kare (χ^2) değerinin azalması ile benzerliğin arttığı belirtilmektedir.

$$\chi^2 = \frac{\sum (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2}{N-n} \quad (6.6)$$

Tahminin standart hatası (RMSE), kurutma işlemi sırasında elde edilen veriler ile matematiksel modellerle elde edilen değerlerin ortalamalarının arasındaki farkın karekökünü göstermektedir. RMSE değeri, (6.7) denkleminde gösterildiği gibi hesaplanmıştır. En uygun model için bu değer sifira yakın küçük olması istenmektedir.

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6.7)$$

Yukarıdaki denklemden, MR_{exp} ve MR_{pre} deneysel ve tahmin edilen nem oranlarını, N deneysel veri sayısını ve n kullanılan denklemden katsayı sayısını gösterilmiştir [39], [65].

6.6 Difüzyon Katsayısının Hesaplanması

Efektif nem difüzyonu, kurutma sırasındaki nem hareketinin mekanizmasını ve moleküler difüzyon, kılcal akış, knudsen akış, hidrodinamik akış, yüzey difüzyonu ve diğer tüm faktörleri içerebilen işlemin karmaşıklığı hakkında sınırlı bilgi nedeniyle kurutma karakteristiklerini tanımlamak için kullanılmıştır. Kurutma işleminin azalan hız periyodunda gerçekleştiği ve nem difüzyonunun prosesi kontrol ettiği varsayılmaktadır. Gıda maddelerinde kurutma karakteristiklerini tanımlamak için kullanılan efektif nem difüzyon katsayısının belirlenmesinde yaygın olarak (6.8) denkleminde gösterildiği gibi Fick'in ikinci yasası kullanılmaktadır.

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \nabla \cdot [D_{eff}(\nabla M)] \quad (6.8)$$

Denklemdede; M: Nem içeriği (k.b.), t: Süre (s) ve D_{eff} : Efektif difüzyon katsayısı (m^2/s) olarak ifade edilmektedir.

Gıda ürünlerinin tek boyutlu oldukları ve ilk nem içeriklerinin ürün içinde tekdüze bir şekilde etrafa dağıldığı varsayılmaktadır. Aynı zamanda, içsel su hareketinin meydana geldiği ve kurutma süresi boyunca büzülmenin oluşmadığı ve iç ve dış ısı transferi etkisinin ihmal edildiği varsayılmıştır [52], [66].

(6.9) denklemi küresel koordinatlarda difüzyon katsayısı sabit alınarak çözümlenip uygun olan sınır şartları ile basitleştirilirse,

$$MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp\left(-\frac{\pi^2 n^2 D_{eff} t}{r^2}\right) \quad (6.9)$$

Burada; D_{eff} : Efektif difüzyon katsayısı (m^2/s), r: Yarıçap (m) ve t: Süre (s) olarak ifade edilmektedir. Uzun kurutma süreleri için (6.9) denklemlerinin ilk terimleri çözüm için (6.10) denklemi uygulanır.

$$MR = \frac{6}{\pi^2} \exp\left(-\frac{\pi^2 D_{eff} t}{r^2}\right) \quad (6.10)$$

Kurutma süresine karşı $\ln(MR)$ grafiğinden elde edilen doğrunun eğimi (K):

$$K = \frac{\pi^2 D_{eff}}{r^2} \quad (6.11)$$

Elde edilen doğrunun eğiminden D_{eff} değerleri her sıcaklık için (6.11) denklemi ile hesaplanır [65].

6.7 Aktivasyon Enerjisinin Hesaplanması

Termodinamik yönden aktivasyon enerjisi, ürün içinde nem transferi gerçekleştiğinde, enerji bariyerini geçen su molekülleri ile anlatılır. Aktivasyon enerjisinin düşük değerleri kuruma işleminde daha yüksek nem difüzyon değerleri gösterir. Bir prosesin aktivasyon enerjisindeki düşme, su moleküllerinin ortalama enerjilerindeki artıştan oluşur. Böylece gıda maddelerinin kurutulması daha hızlı gerçekleşir.

Kabin kurutucuda kurutulan üzümlerin efektif difüzyon katsayısının sıcaklık ile değişimi (6.12) denkleminde görüldüğü gibi Arrhenius tipi üstel bir fonksiyonla ifade edilmektedir:

$$D_{\text{eff}}=D_0\exp\left[-\frac{E_a}{R(T+273,15)}\right] \quad (6.12)$$

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 ($8,314 \text{ kJ}/(\text{mol}\times\text{K})$) ve T : Kurutma sıcaklığıdır ($^{\circ}\text{C}$).

(6.12) denkleminin her iki tarafının doğal logaritması alınırsa (6.13) denkleminde görüldüğü gibi doğrusal logaritmik bir form elde edilir.

$$\ln(D_{\text{eff}})=\ln(D_0)-\frac{E_a}{R}\frac{1}{T+273,15} \quad (6.13)$$

Sıcaklığın efektif difüzyon katsayısına etkisi araştırıldığında, efektif difüzyon katsayılarının doğal logaritması ($\ln(D_{\text{eff}})$), sıcaklığın tersine ($1/(T+273,15)$) karşı grafiğe geçirildiğinde bir doğru elde edilir ve bu doğrunun eğimi (E_a/R) olur, buradan da aktivasyon enerji değerleri hesaplanmıştır [52], [65].

İnfrared kurutucuda farklı infrared güçlerde kurutulan üzümlerin aktivasyon enerjileri ise (6.14) denklemini kullanılarak hesaplanmıştır. İnfrared kurutucuda sıcaklık direkt olarak ölçülmediği için Arrhenius eşitliği, infrared güç ve numune kütlelerine bağlı olarak ifade edilmiştir.

$$D_{\text{eff}}=D_0\exp\left[-\frac{E_a m}{P}\right] \quad (6.14)$$

Bu denklemde; m : Yaş ürün ağırlığı (g) ve P : İnfrared güç (W) olarak ifade edilmiştir. Bu denklemden aktivasyon enerjisinin (E_a) birimi, W/kg olarak hesaplanmıştır.

(6.14) denkleminin her iki tarafının doğal logaritması alınırsa (6.15) denkleminde görüldüğü gibi doğrusal logaritmik bir denklem elde edilmiş olur.

$$\ln(D_{\text{eff}})=\ln(D_0)-E_a\frac{m}{P} \quad (6.15)$$

Efektif difuzyon katsayılarının doğal logaritması ($\ln(D_{\text{eff}})$), üzüm ağırlığının infrared güç oranına (m/P) karşı grafiğe geçirildiğinde elde edilen doğrunun eğiminden aktivasyon enerjisinin değerleri hesaplanmış olur [65].



DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

Üzüm kurutulmasında uygulanan kurutma yöntemlerinin kurumaya etkileri incelenmiştir. İki farklı yöntemle üzüm kurutma gerçekleşmiş ve bu yöntemler birbiri ile karşılaştırılmıştır. Bu yöntemler; kabin kurutucu ile kurutma ve infrared kurutucu ile kurutma şeklindedir. Ayrıca bu kurutucuların kombinasyonu da kurutma gerçekleştirilmiştir.

7.1 Kabin Kurutucuda Kurutma

7.1.1 Kabin kurutucuda sıcaklık ve ön işlem etkisi

Kabin kurutucuda üzüm kurutulmasında sabit hava akış hızında ($2\pm 0,1$ m/s) farklı sıcaklıkların (55, 60 ve 70°C) kurutmaya etkisi incelenmiştir. Aynı zamanda üzümlerin kurutulması sırasında farklı ön işlem çözeltileri uygulanarak ve ön işlemsiz şekilde kurutma sağlanarak üzümlerdeki nem içerikleri ve kurutma süreleri ile ilgili değişimler araştırılmıştır.

Farklı sıcaklıklarda farklı ön işlemlerli çözeltilerin kuruma süresine etkisi Çizelge 7.1’de verilmiştir. Çizelge 7.1’den de görüldüğü gibi, kurutma sıcaklığındaki artışın kuruma süresinde bir azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Benzer sonuçlar üzüm literatürlerinde de görülmüştür [12], [43]. Çizelge 7.1’e göre, kurutulan örneklerin en küçükten en büyüğe göre kuruma süreleri bakımından sırasıyla POTAS<POTAS+SMBS<SMBS<KONTROL kodlu üzümler olduğu görülmüştür. POTAS kodlu çözelti ile muamele edilen örneklerin kuruma süresi diğer örneklerin kuruma

sürelerinden daha kısadır ve en etkili çözeltinin POTAS kodlu çözelti olduğu belirlenmiştir.

Kabin kurutucuda kurutulan üzümler farklı ön işlem uygulamalarıyla birbiri ile kıyaslanmıştır. SMBS kodlu üzümlerin kuruma süresi POTAS+SMBS kodlu üzümlere göre daha uzun olduğu görülmektedir. POTAS ile ön işlemin etkisi daha kısa süreli kuruma gösterdiği bununla da ispatlanmıştır. Ayrıca ön işlem gören üzümlerin, hiç ön işlem görmemiş üzümlere göre kuruma süresi daha kısadır. Örneğin, 55°C’de POTAS, SMBS ve POTAS+SMBS ile ön işleme tutulan üzümlerin kuruma süreleri sırasıyla 1560, 1800 ve 1770 dakikadır. Buna karşılık, KONTROL kodlu üzümlerin 1950 dakikada kurudukları saptanmıştır. Bu sonuçlardan, POTAS, SMBS ve POTAS+SMBS ile ön işleme tutulan üzümlerin, aynı sıcaklıkta KONTROL kodlu üzümlere göre %7–20 oranında kuruma süresinden tasarruf sağladığı görülmektedir.

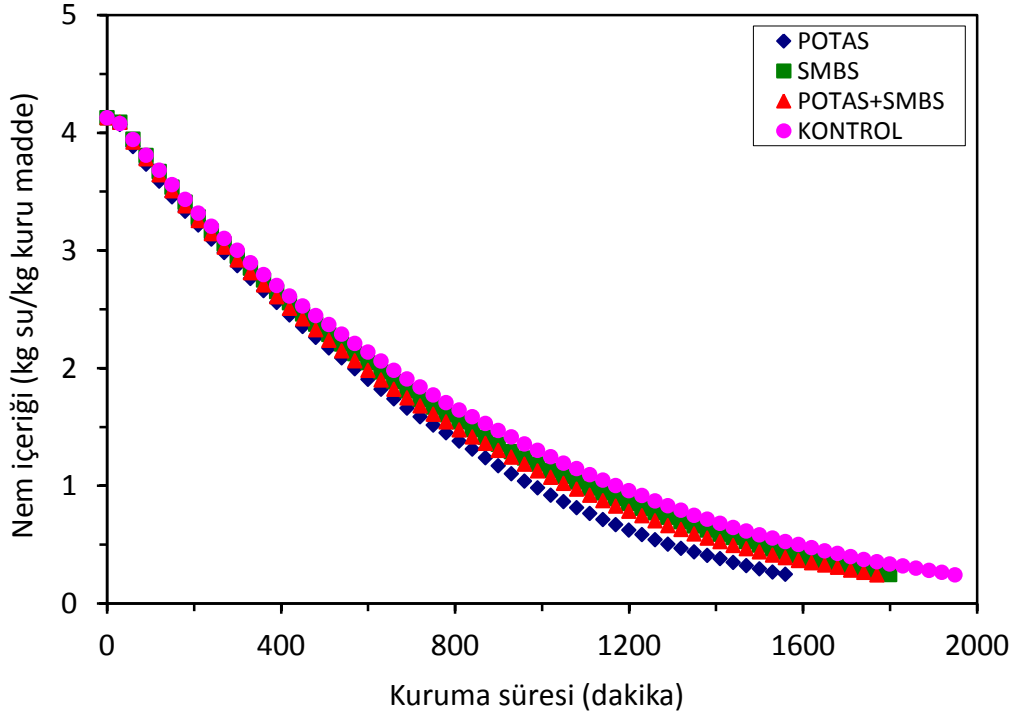
Çizelge 7.1 Farklı sıcaklıklarda farklı ön işlemlili ve ön işlemsiz üzümlerin kuruma süresi incelemesi

Sıcaklık (°C)	Kuruma süresi (dakika)			
	POTAS	SMBS	POTAS+SMBS	KONTROL
55	1560	1800	1770	1950
60	1350	1560	1440	1710
70	900	1050	960	1110

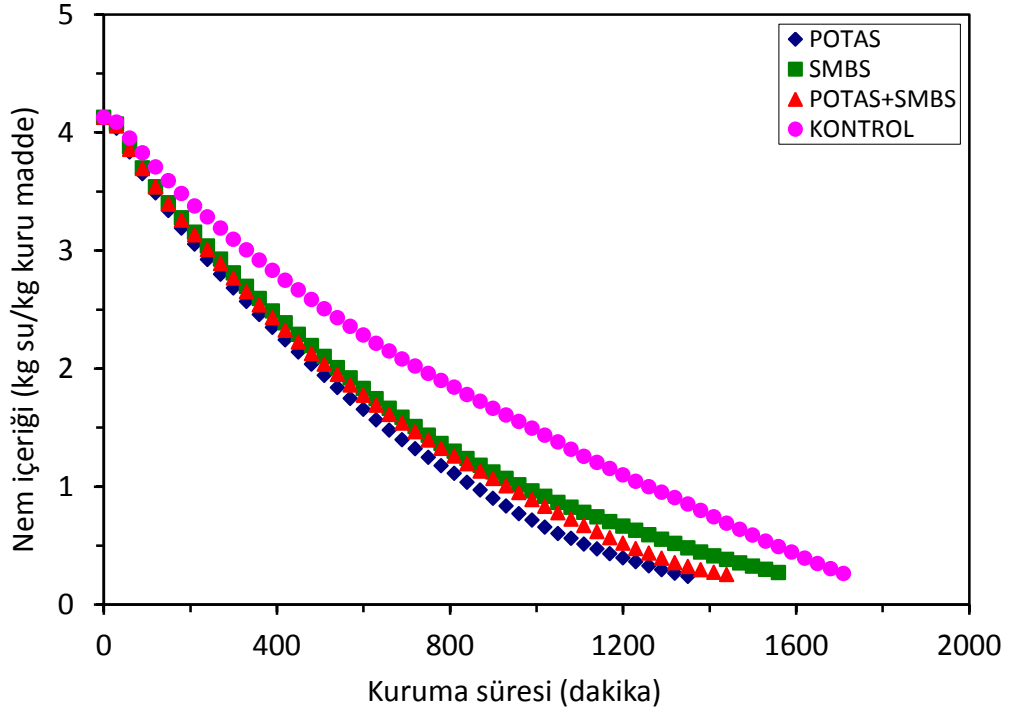
Hazırlanan farklı ön işlemlili ve ön işlemsiz üzümlerin kuruma süresi boyunca üzümlerin nem içeriği üzerindeki etkileri 55, 60 ve 70°C sıcaklıklarda sırasıyla Şekil 7.1, 7.2 ve 7.3’de gösterilmiştir. Bu şekillerden ön işlem çözeltisi üzümlerin kuruma süresini etkilediği için önemli bir faktör olarak tespit edilmiştir. Bu sonuç, ön işlem çözeltilerinin üzümün hücre zarı geçirgenliğini artırmaya katkıda bulunduğunu ve suyun yayınma kabiliyetinde bir artışa yol açtığını göstermektedir. Benzer gözlemler, bazı araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir [12], [56], [57], [65], [68], [69].

Kabin kurutucuda üzüm kurutulmasında Şekil 7.1, 7.2 ve 7.3’de görüldüğü gibi sıcaklığın 55°C’den 60°C ve 70°C’ye artırılmasıyla kuruma sürelerinin azaldığı

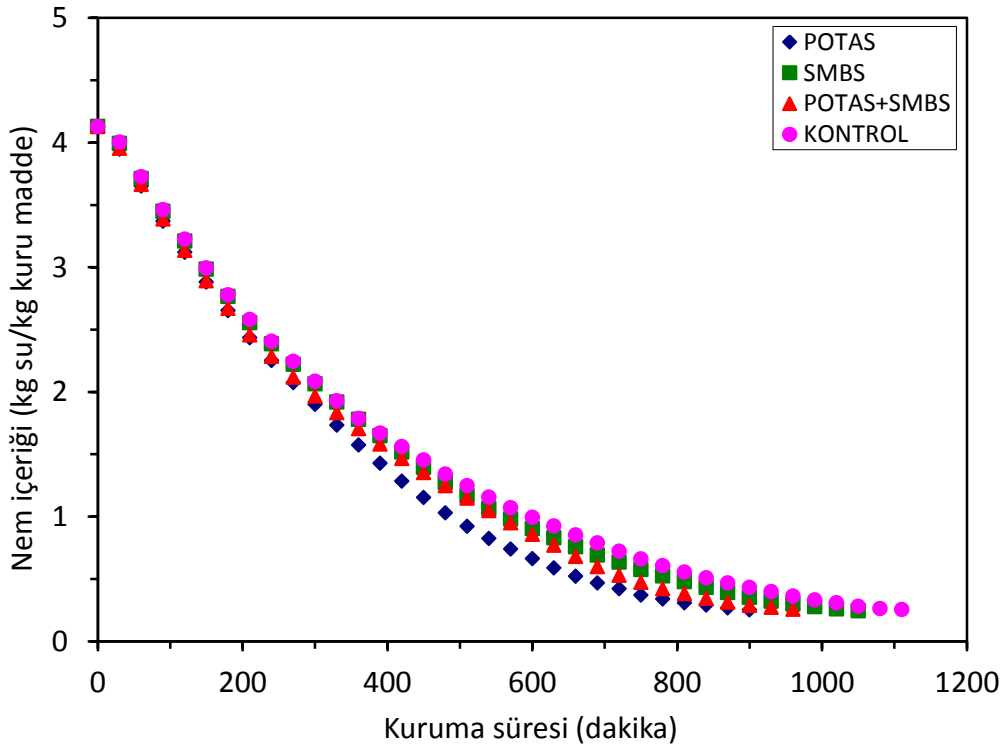
görülmüştür. Böylece kuruma süresi kurutma sıcaklığından etkilenmekte ve sıcaklığın artmasına bağlı olarak nem kaybı hızlanarak kuruma süresini düşürmektedir. Bu eğrilerde gösterildiği gibi sıcaklığın artırılması hem ürünün buharlaşma hızından ve hem de ürün içindeki termal gradyandan dolayı kuruma süresinin düşmesine sebep olmuştur. Bu bulgu, daha önce yapılan bazı araştırmalarla benzerlik göstermiştir [20], [21].



Şekil 7.1 55°C sıcaklıkta kurutulan üzümün nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi



Şekil 7.2 60°C sıcaklıkta kurutulan üzümün nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi

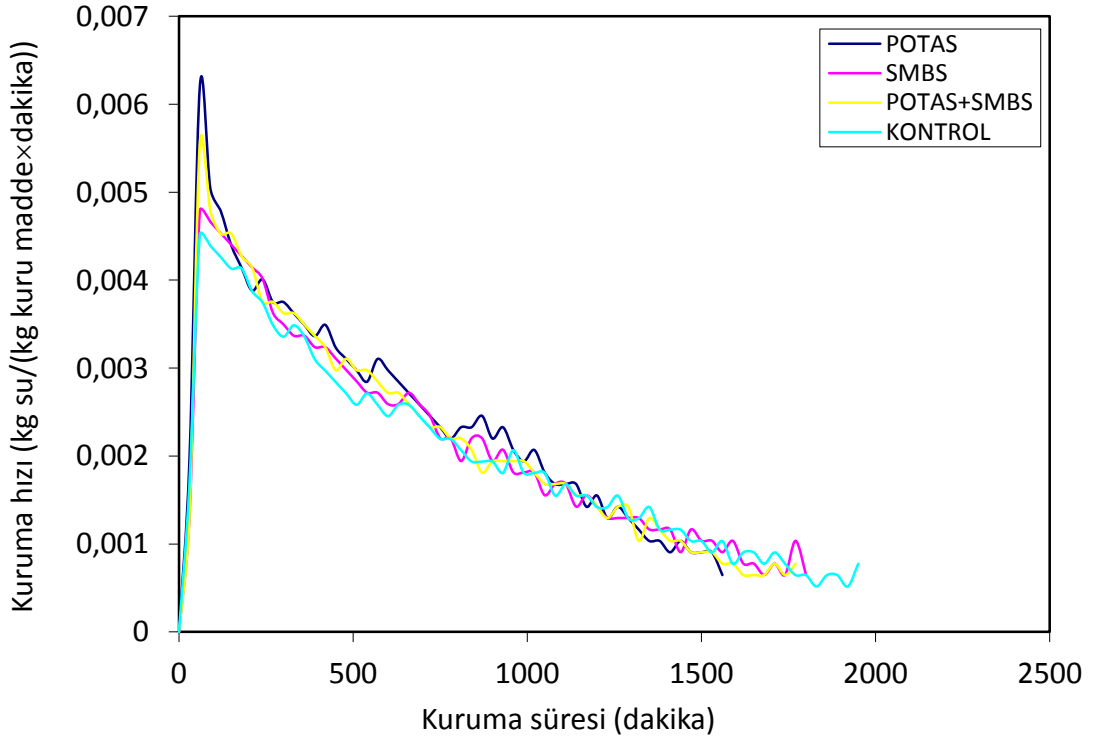


Şekil 7.3 70°C sıcaklıkta kurutulan üzümün nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi

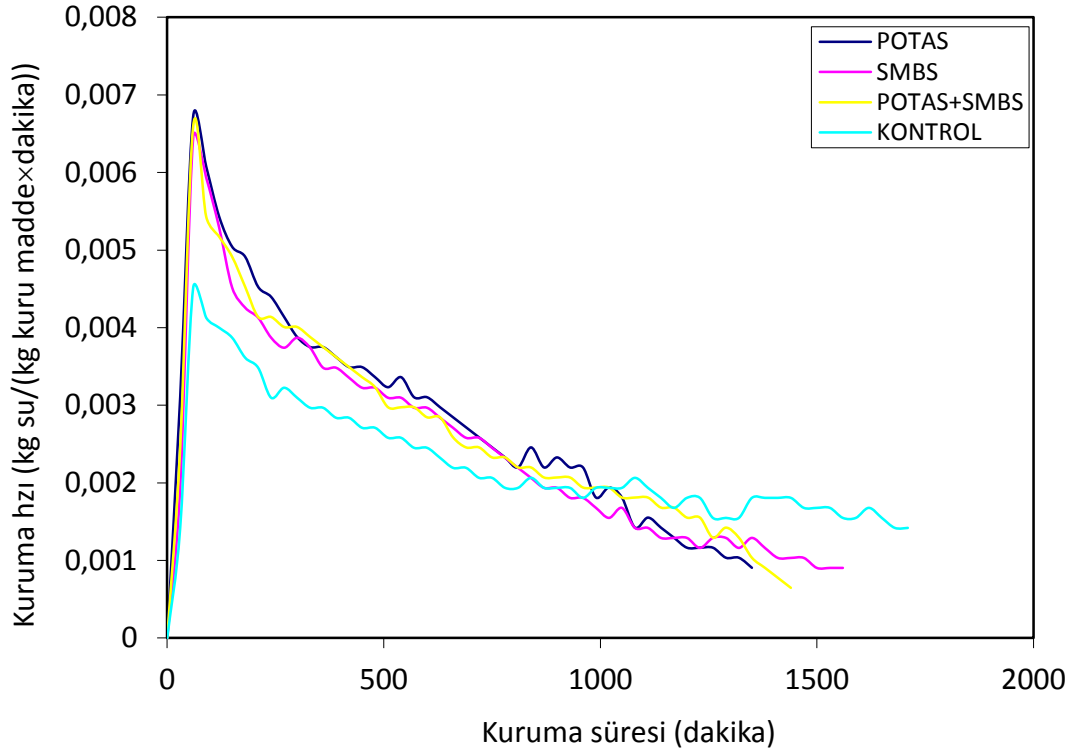
7.1.2 Kabin kurutucuda kuruma hızı ile kuruma süresi değişimi

Kabin kurutucuda farklı sıcaklıklarda farklı ön işlemler etkisiyle kurutulan üzümün kuruma hızı ile kuruma süresi ile değişimi Şekil 7.4-7.6'da görülmektedir. Kuruma hızının başlangıçtaki değeri sıfır kabul edilip hesaplamalar yapılmış ve bu hesaplamalara göre grafikler çizilmiştir. Şekiller incelendiğinde, başlangıçtan hemen sonra kuruma hızında ani bir artış olduğu görülmektedir. Sıcaklığın artması ile kuruma hızında da bir artış oluşmaktadır. Bütün sıcaklıklarda yapılan kurutma çalışmalarında örneklerin kuruma hızındaki azalış kurutma süresini artırmıştır. Bu durum literatürde yer alan bazı kurutma çalışmaları ile benzerlik göstermiştir [43], [70].

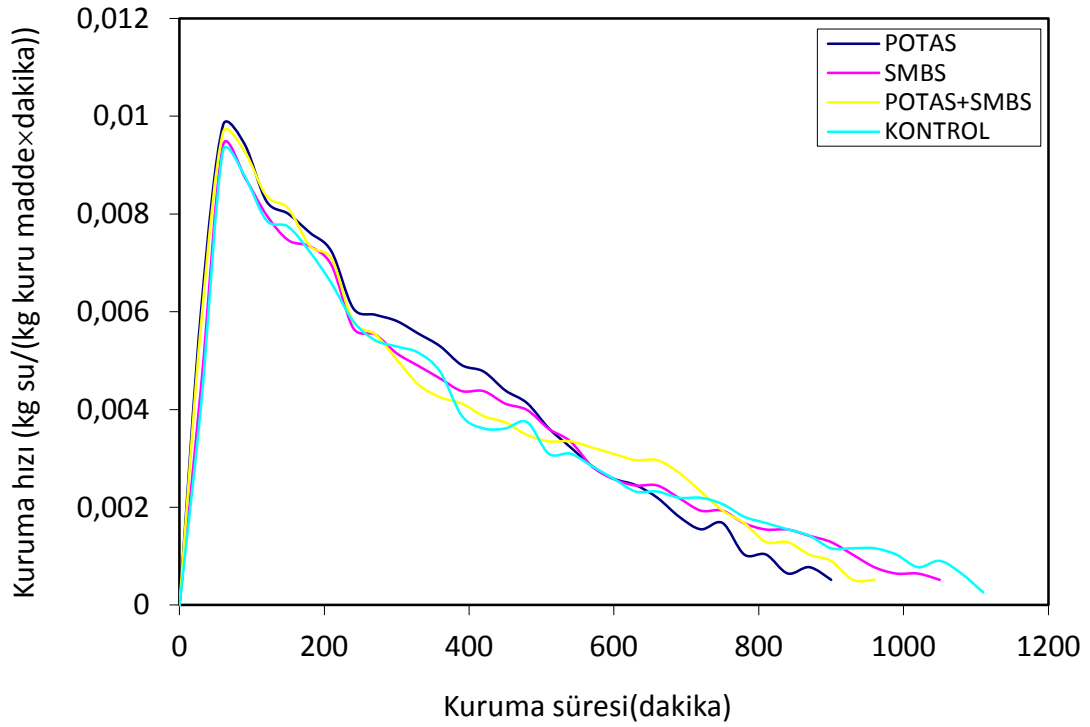
Şekil 7.4-7.6'da görüldüğü gibi POTAS kullanılarak yapılan ön işlemin kuruma hızını artırmak için diğer ön işlem görmüş ve ön işlem görmemiş üzümlerden daha etkili olduğu görülmüştür. Literatürde de kurutmadan önce uygulanan ön işlemlerin ön işlem uygulanmayan örneklerle göre önemli derecede kuruma hızını artırdığı görülmektedir [71].



Şekil 7.4 55°C sıcaklıkta kurutulan üzümün farklı ön işlemler etkisiyle kuruma süresiyle kuruma hızı değişimi



Şekil 7.5 60°C sıcaklıkta kurutulan üzümün farklı ön işlemler etkisiyle kuruma süresiyle kuruma hızı değişimi



Şekil 7.6 70°C sıcaklıkta kurutulan üzümün farklı ön işlemler etkisiyle kuruma süresiyle kuruma hızı değişimi

7.1.3 Kabin kurutucuda kuruma eğrilerinin matematiksel modellenmesi

Kabin kurutucuda 55°C, 60°C ve 70°C'de ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutulan üzümün deney sonuçlarından yararlanarak lineer olmayan regresyon analiz metoduyla nem içeriği ve kuruma süresinin değişimi eğrilerinin matematiksel modellenmesi yapılmıştır. Çizelge 6.1'de gösterildiği gibi Lewis, Henderson ve Pabis, Logaritmik, Page, Midilli vd., Wang ve Singh ve Parabolik matematiksel modeller deneysel verilere uygulanmış olup regresyon katsayıları (R^2), khi-kare (χ^2) ve tahminin standart hatası (RMSE) değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 7.2–7.4'de verilmiştir. Bir modelin uygunluğunu belirlemek için yüksek R^2 , düşük χ^2 ve düşük RMSE değerlerine bakılarak karar verilir. Yüksek regresyon katsayısı (R^2) ürünlerin kurutma eğrilerini tanımlayan en iyi modeli seçmek için temel kriter olarak bilinir. Düşük χ^2 , modeller için deneysel ve hesaplanmış değerler arasındaki ortalama sapma karesidir. χ^2 değerleri ne kadar düşük olursa, uyumun iyiliği o kadar iyidir. RMSE, kök ortalama kare hatası ise öngörülen ve deneysel değerler arasındaki sapmayı verir ve sifıra ulaşmak gerekir [12], [21].

Çizelge 7.2–7.4'de görüldüğü gibi bütün modellerin sonuçları irdelenirse R^2 , χ^2 ve RMSE değerleri sırasıyla 0,9412-0,9999, 0,000004-0,004752 ve 0,000627-0,460854 arasında değişmektedir. Bu matematiksel modeller arasında Midilli vd. modelinin üzüm örnekleri için R^2 değerleri diğer modellere göre daha yüksek ve χ^2 ve RMSE değerleri daha düşük çıkmıştır. Midilli vd. modelinin R^2 , χ^2 ve RMSE değerleri sırasıyla 0,9993-0,9999, 0,000004-0,000080 ve 0,000627-0,037290 arasında değişmektedir Elde edilen tüm veriler ışığında, tüm sıcaklıklarda R^2 , χ^2 ve RMSE değerleri incelendiğinde, Midilli vd. modelinin üzümün kuruma karakteristiğini diğerlerinden daha iyi açıkladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Kabin kurutucuda elde edilen deneysel ve Midilli vd. modeli ile hesaplanan tahmini nem oranı değerlerinin düz çizgi etrafında dağılımları grafiksel olarak Şekil 7.7-7.9'de gösterilmiştir. Şekillerden bu değerlerin birbirlerine ne kadar yakın oldukları görülmektedir. Bu da modelin bir uyum içinde deneysel verileri açıklayabildiğini göstermektedir.

Çizelge 7.2 Kabin kurutucuda 55°C'de farklı ön işlemlerle kurutulan üzüm için matematiksel modeller kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları, khi-kare ve RMSE değerleri

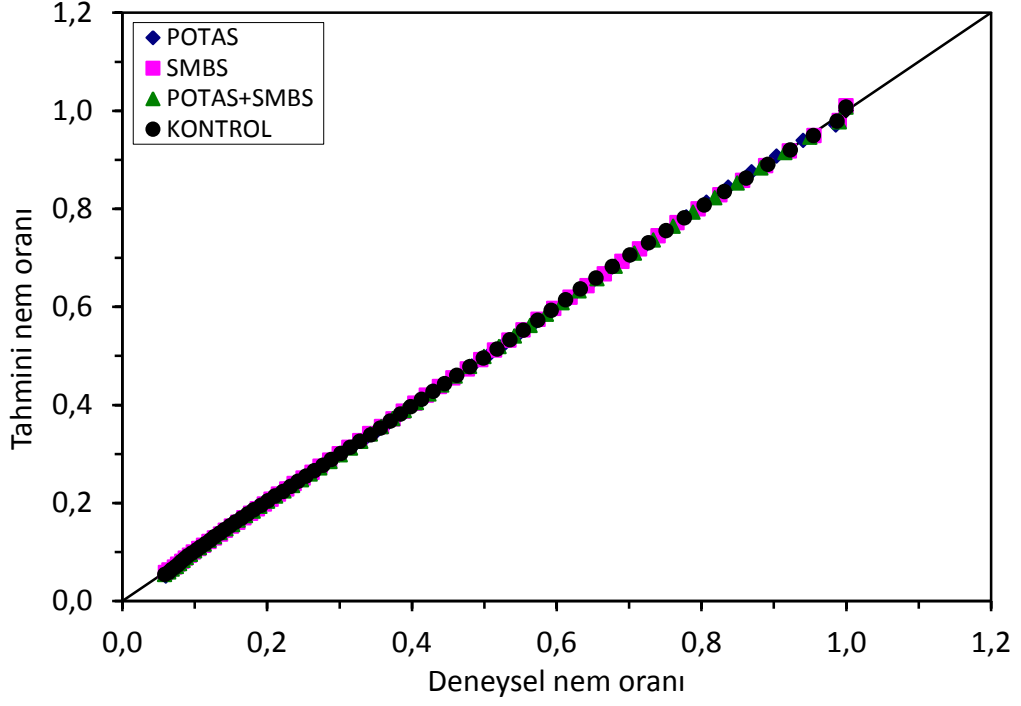
Ön işlem	Model	R ²	χ ²	RMSE
POTAS	Lewis	0,9862	0,001092	0,216424
	Henderson ve Pabis	0,9909	0,000730	0,171267
	Logaritmik	0,9996	0,000025	0,029446
	Page	0,9978	0,000170	0,081846
	Midilli vd.	0,9997	0,000022	0,027981
	Wang ve Singh	0,9996	0,000029	0,030492
	Parabolik	0,9996	0,000026	0,026319
SMBS	Lewis	0,9913	0,000669	0,180295
	Henderson ve Pabis	0,9952	0,000373	0,124880
	Logaritmik	0,9440	0,004484	0,435819
	Page	0,9979	0,000163	0,082232
	Midilli vd.	0,9999	0,000080	0,014843
	Wang ve Singh	0,9988	0,000086	0,061807
	Parabolik	0,9989	0,000082	0,057764
POTAS+SMBS	Lewis	0,9912	0,000681	0,182028
	Henderson ve Pabis	0,9951	0,000388	0,130739
	Logaritmik	0,9412	0,004752	0,444950
	Page	0,9979	0,000164	0,070970
	Midilli vd.	0,9998	0,000011	0,020034
	Wang ve Singh	0,9990	0,000078	0,058809
	Parabolik	0,9991	0,000072	0,054089
KONTROL	Lewis	0,9921	0,000602	0,179939
	Henderson ve Pabis	0,9953	0,000362	0,131592
	Logaritmik	0,9416	0,004622	0,460854
	Page	0,9967	0,000256	0,101594
	Midilli vd.	0,9998	0,000004	0,000627
	Wang ve Singh	0,9987	0,000101	0,070059
	Parabolik	0,9989	0,000082	0,060737

Çizelge 7.3 Kabin kurutucuda 60°C'de farklı ön işlemlerle kurutulan üzüm için matematiksel modeller kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları, khi-kare ve RMSE değerleri

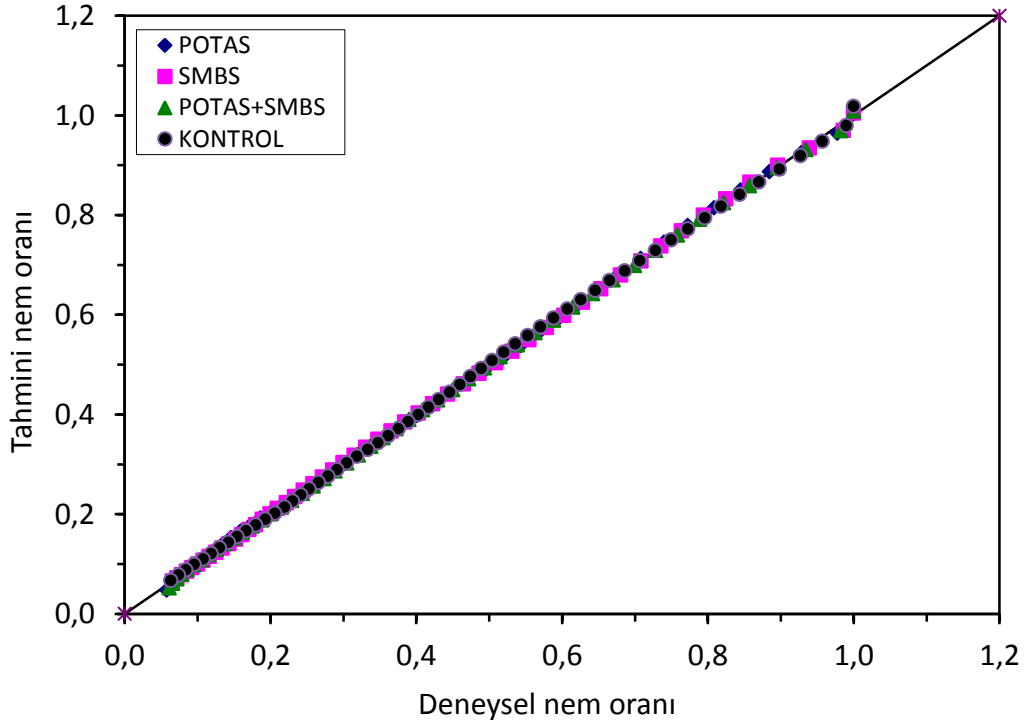
Ön İşlem	Model	R ²	χ ²	RMSE
POTAS	Lewis	0,9870	0,001026	0,190841
	Henderson ve Pabis	0,9908	0,000737	0,156267
	Logaritmik	0,9584	0,003444	0,326524
	Page	0,9970	0,000239	0,088944
	Midilli vd.	0,9997	0,000024	0,026445
	Wang ve Singh	0,9992	0,000062	0,041231
	Parabolik	0,9994	0,000046	0,031979
SMBS	Lewis	0,9929	0,000535	0,147017
	Henderson ve Pabis	0,9956	0,000332	0,109451
	Logaritmik	0,9454	0,004304	0,395135
	Page	0,9986	0,000103	0,053509
	Midilli vd.	0,9998	0,000015	0,019753
	Wang ve Singh	0,9986	0,000103	0,062083
	Parabolik	0,9989	0,000085	0,053604
POTAS+SMBS	Lewis	0,9882	0,000911	0,181954
	Henderson ve Pabis	0,9919	0,000641	0,147213
	Logaritmik	0,9592	0,003300	0,328897
	Page	0,9956	0,000348	0,087130
	Midilli vd.	0,9998	0,000011	0,014851
	Wang ve Singh	0,9987	0,000099	0,060887
	Parabolik	0,9990	0,000080	0,051777
KONTROL	Lewis	0,9809	0,001386	0,233743
	Henderson ve Pabis	0,9854	0,001078	0,197587
	Logaritmik	0,9814	0,001399	0,232462
	Page	0,9887	0,000833	0,157249
	Midilli vd.	0,9997	0,000021	0,026355
	Wang ve Singh	0,9979	0,000151	0,082728
	Parabolik	0,9984	0,000118	0,070615

Çizelge 7.4 Kabin kurutucuda 70°C'de farklı ön işlemlerle kurutulan üzüm için matematiksel modeller kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları, khi-kare ve RMSE değerleri

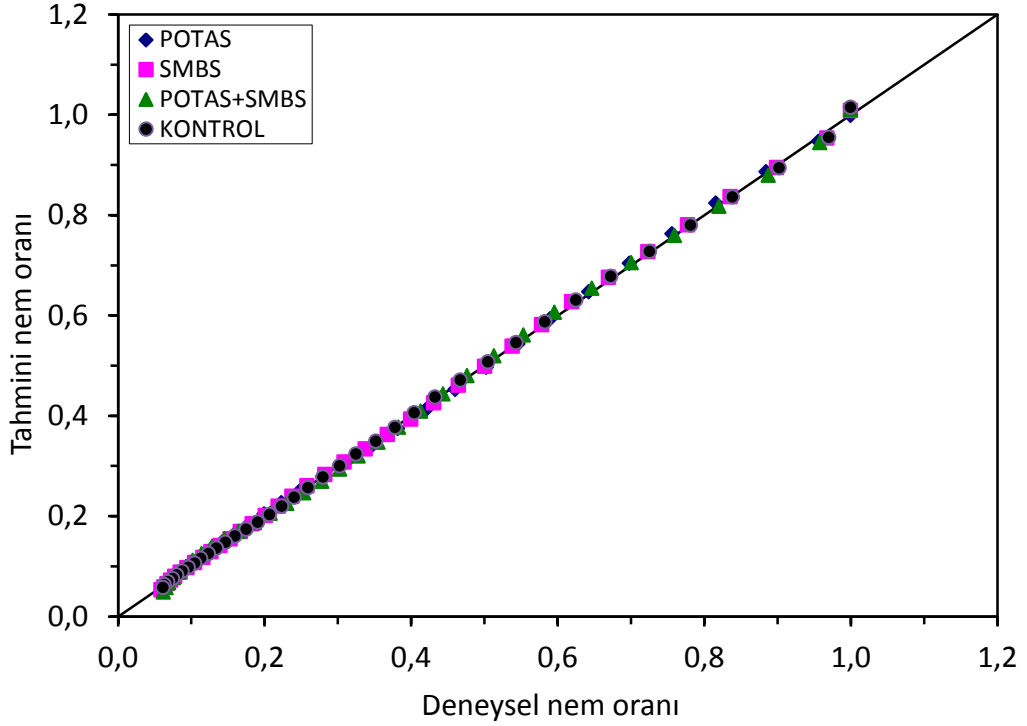
Ön İşlem	Model	R ²	χ ²	RMSE
POTAS	Lewis	0,9904	0,000823	0,144760
	Henderson ve Pabis	0,9947	0,000466	0,101457
	Logaritmik	0,9985	0,000137	0,051816
	Page	0,9996	0,000033	0,027963
	Midilli vd.	0,9996	0,000033	0,027135
	Wang ve Singh	0,9995	0,000043	0,026346
	Parabolik	0,9995	0,000044	0,026675
SMBS	Lewis	0,9944	0,000457	0,114347
	Henderson ve Pabis	0,9974	0,000213	0,070404
	Logaritmik	0,9993	0,000056	0,032240
	Page	0,9997	0,000023	0,019814
	Midilli vd.	0,9997	0,000019	0,019253
	Wang ve Singh	0,9979	0,000176	0,064947
	Parabolik	0,9980	0,000167	0,062401
POTAS+SMBS	Lewis	0,9941	0,000473	0,110529
	Henderson ve Pabis	0,9963	0,000304	0,081352
	Logaritmik	0,9992	0,000061	0,036860
	Page	0,9986	0,000115	0,053838
	Midilli vd.	0,9993	0,000062	0,037290
	Wang ve Singh	0,9969	0,000251	0,073726
	Parabolik	0,9975	0,000214	0,065908
KONTROL	Lewis	0,9968	0,000246	0,077733
	Henderson ve Pabis	0,9988	0,000090	0,043117
	Logaritmik	0,9995	0,000035	0,018855
	Page	0,9996	0,000031	0,022963
	Midilli vd.	0,9997	0,000022	0,019800
	Wang ve Singh	0,9956	0,000354	0,098573
	Parabolik	0,9962	0,000315	0,090968



Şekil 7.7 55°C’de farklı ön işlemlerle kurutulmuş üzüm için deneysel ve Midilli vd. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerleri



Şekil 7.8 60°C’de farklı ön işlemlerle kurutulmuş üzüm için deneysel ve Midilli vd. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerleri



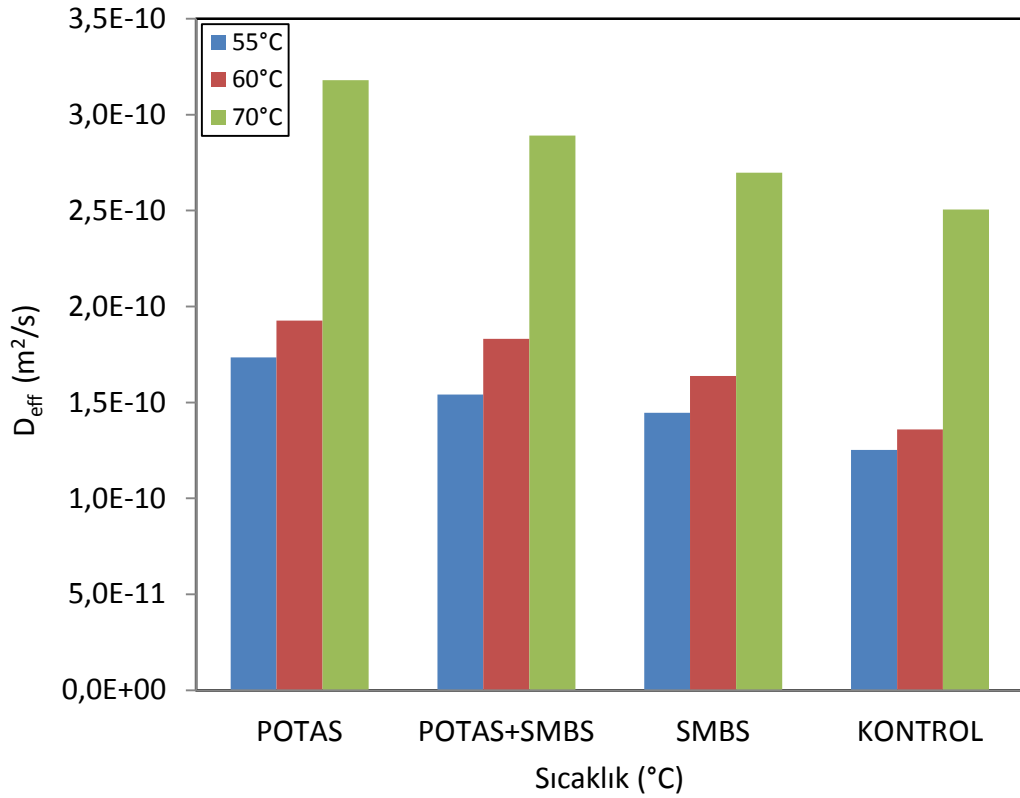
Şekil 7.9 70°C'de farklı ön işlemlerle kurutulmuş üzüm için deneysel ve Midilli vd. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerleri

7.1.4 Kabin kurutucuda difüzyon katsayılarının hesaplanması

Kabin kurutucuda ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş üzümün farklı sıcaklıklarda ayrı ayrı efektif difüzyon katsayısı (6.11) denklemi kullanılarak hesaplanmış, Çizelge 7.5 ve grafiksel olarak Şekil 7.10'da gösterilmiştir. Efektif difüzyon katsayısı değerleri 55-70°C sıcaklık aralığında POTAS kodlu üzümde $1,73 \times 10^{-10}$ ile $3,17 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$, POTAS+SMBS kodlu üzümde $1,54 \times 10^{-10}$ ile $2,89 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$, SMBS kodlu üzümde $1,44 \times 10^{-10}$ ile $2,69 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ ve KONTROL kodlu üzümde $1,25 \times 10^{-10}$ ile $2,50 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ arasında değişmiştir.

Çizelge 7.5 Kabin kurutucuda farklı sıcaklıklarda ve ön işlemlerle kurutulmuş üzümün efektif difüzyon katsayıları

Sıcaklık (°C)	Efektif difüzyon katsayısı (m^2/s)			
	POTAS	POTAS+SMBS	SMBS	KONTROL
55	$1,73 \times 10^{-10}$	$1,54 \times 10^{-10}$	$1,44 \times 10^{-10}$	$1,25 \times 10^{-10}$
60	$1,92 \times 10^{-10}$	$1,83 \times 10^{-10}$	$1,63 \times 10^{-10}$	$1,35 \times 10^{-10}$
70	$3,17 \times 10^{-10}$	$2,89 \times 10^{-10}$	$2,69 \times 10^{-10}$	$2,50 \times 10^{-10}$



Şekil 7.10 Kabin kurutucuda farklı sıcaklıklarda ve ön işlemlerle kurutulan üzümün efektif difüzyon katsayıları değişimi

Çizelge 7.5’de görüldüğü gibi efektif difüzyon katsayılarının hem sıcaklık hem de ön işlemlerden etkilendiği görülmüştür. Ön işleme tabi tutulan örneklerin efektif difüzyon katsayıları, KONTROL kodlu örneklere göre daha yüksektir. Difüzyon katsayısı açısından incelendiğinde POTAS kodlu üzümün diğerlerinden daha başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir.

Gıda maddelerinde efektif difüzyon katsayısı kurutulan gıda maddesinin yapısından, çeşitliliğinden, kurutma sıcaklığı gibi faktörlerden etkilenmektedir. Bu bulgular literatürde yapılan çalışmalarla doğrulanmıştır [52].

Yapılan çalışmalarda Çizelge 7.5’de görüldüğü gibi en düşük nem difüzyon katsayısına 55°C sıcaklıkta, en yüksek nem difüzyon katsayısına 70°C sıcaklıkta ulaşılmıştır. Kurutma havası sıcaklığının artışı ile difüzyon katsayılarının arttığı görülmektedir. Bu durum, yüksek sıcaklık değerlerinde ürün içerisindeki nemin daha kolay buharlaşması ve kuruma hızının artmasıyla açıklanabilir [38], [39], [52].

Deneysel verilerden elde edilen efektif difüzyon katsayıları 10^{-10} m²/s civarında olup, Çizelge 7.6'da verilen literatürdeki değerler ile uyum göstermiştir. Efektif difüzyon katsayılarının farklı olmasının nedeni farklı kurutucular, farklı ön işlemler etkisiyle ve farklı kurutma sıcaklıklarının uygulanmasıyla açıklanmıştır.

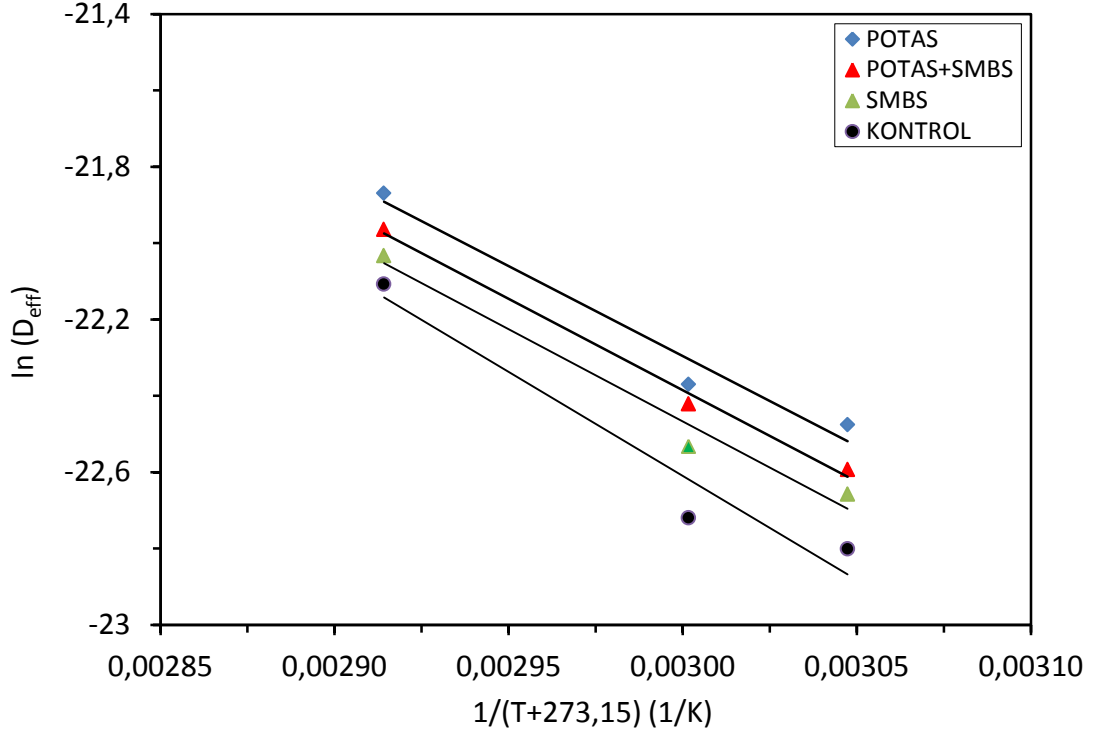
Çizelge 7.6 Literatürdeki bazı üzümlerin efektif difüzyon katsayıları

Ürün	Sıcaklık (°C)	Efektif difüzyon katsayısı (m ² /s)	Kaynak
Sultana çekirdeksiz üzüm	50-70	$7,77 \times 10^{-11} - 2,62 \times 10^{-10}$	[38]
Çekirdeksiz üzüm	50-80	$2,09 \times 10^{-11} - 5,39 \times 10^{-10}$	[39]
Siyah üzüm	60	$3,82 \times 10^{-10} - 1,28 \times 10^{-9}$	[42]
Monukka çekirdeksiz üzüm	50-65	$1,82 \times 10^{-10} - 5,84 \times 10^{-10}$	[52]
Çekirdeksiz üzüm	50	$3,34 \times 10^{-10} - 8,46 \times 10^{-10}$	[72]
Sultana çekirdeksiz üzüm	55-75	$1,04 \times 10^{-10} - 6,91 \times 10^{-10}$	[73]

7.1.5 Kabin kurutucuda aktivasyon enerjisinin hesaplanması

Aktivasyon enerjisi, kurutulan üründen nemin içten dışa uzaklaştırılması için gerekli enerjinin bir göstergesidir.

Kabin kurutucuda kurutulan üzümlerin aktivasyon enerji (E_a) değerleri hesaplanmasında (6.13) denklemi kullanılmış ve bu değerlerden yararlanılarak Şekil 7.11'de gösterildiği gibi $\ln(D_{eff})$ ile $1/(T+273,15)$ arasında eğriler çizilmiştir. Bu eğrilerin eğiminden aktivasyon enerjisi (E_a) hesaplanmıştır. Difüzyon ön katsayısı (D_0) ise eğrilerin kesim noktasından hesaplanmıştır [52].



Şekil 7.11 Farklı ön işlemler için sıcaklığın efektif difüzyon katsayısına etkisi

Aşağıdaki denklemlerde uygulanan farklı ön işlemler ve ön işlemler için 7.1-7.4 denklemlerinde difüzyon katsayısı ile sıcaklığın etkisi gösterilmiştir. Aktivasyon enerji (E_a) değerleri hesaplanmıştır.

POTAS kodlu üzüm için:

$$D_{\text{eff}} = 2,807 \times 10^{-4} \exp\left(-\frac{4706}{T+273,15}\right) \quad R^2 = 0,9676 \quad (7.1)$$

POTAS+SMBS kodlu üzüm için:

$$D_{\text{eff}} = 3,278 \times 10^{-4} \exp\left(-\frac{4787,4}{T+273,15}\right) \quad R^2 = 0,9941 \quad (7.2)$$

SMBS kodlu üzüm için:

$$D_{\text{eff}} = 3,356 \times 10^{-4} \exp\left(-\frac{4822,5}{T+273,15}\right) \quad R^2 = 0,9766 \quad (7.3)$$

KONTROL kodlu üzüm için:

$$D_{\text{eff}} = 1,881 \times 10^{-3} \exp\left(-\frac{5444,6}{T+273,15}\right) \quad R^2 = 0,9448 \quad (7.4)$$

Yukarıdaki denklemlerden yararlanarak farklı ön işlemlili ve ön işlemsiz üzümler için aktivasyon enerji değerleri hesaplanmıştır. Aktivasyon enerjileri, POTAS kodlu üzümlerde 39,12 kJ/mol, POTAS+SMBS kodlu üzümlerde 39,80 kJ/mol, SMBS kodlu üzümlerde 40,09 kJ/mol ve KONTROL kodlu üzümlerde 45,26 kJ/mol olarak bulunmuştur. Hesaplanan aktivasyon enerjisi değerlerinden görüldüğü gibi en düşük E_a değeri POTAS kodlu üzümlerde, en yüksek E_a değeri ise KONTROL kodlu üzümlerde görülmüştür. POTAS kodlu üzümlerde kurutma daha hızlı gerçekleştiği için aktivasyon enerji değeri düşük kalmaktadır. Kurutma işlemlerinde aktivasyon enerjisinin düşük olması ürün yapısındaki su moleküllerinin ayrılmasını kolaylaştırmakta ve kurutma işleminin daha hızlı olmasını sağlamaktadır [52].

Literatürde yer alan bazı üzüm çeşitlerinin kurutulmasına ait aktivasyon enerji değerleri Çizelge 7.7’de verilmiştir. Elde edilen aktivasyon enerji değerlerinin literatürdeki değerler arasında olduğu görülmüştür. Aktivasyon enerji değerlerindeki farklılıklar; farklı ön işlem uygulamalarından, uygulanan kurutma yöntemi ve farklı sıcaklıklarından ileri gelmektedir.

Ayrıca Çizelge 7.7’de görüldüğü gibi farklı üzüm çeşitlerinin kullanılması da aktivasyon enerji değerinin değişmesine sebep olmaktadır. Ayrıca kurutma sırasında nem taşınımını engelleyen ve ürünün hücre yapısının fiziksel özelliklerini değiştirebilen veya ürünün üzerindeki mumsu tabakayı kaldırabilen ön işlemler, ürünün aktivasyon enerjisi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir [52]. Bir prosesin aktivasyon enerjisi ne kadar yüksek olursa, o prosesin sıcaklık değişimine daha duyarlı olduğu yapılan çalışmalarla gösterilmiştir [65].

Çizelge 7.7 Literatürde bazı üzümlerin aktivasyon enerjileri

Ürün	E_a (kJ/mol)	Kaynak
Sultana çekirdeksiz üzüm	44,80 -46,30	[38]
Monukka çekirdeksiz üzüm	67,29	[52]
Sultana çekirdeksiz üzüm	47,34-57,25	[73]
Çekirdeksiz üzüm	57,76	[74]
Sultanin üzüm	54	[75]
Chasselas üzüm	49	[75]

7.1.6 Kabin kurutucuda renk analizlerinin incelenmesi

Renk, kurutulmuş meyvelerin kalitesini belirlemede önemli bir parametredir. Kurutma sıcaklığının ve ön işlem uygulamasının kurutma sonrası ürünün rengine etkisini araştırmak amacıyla taze ve kabin kurutucuda kurutulmuş üzümün renk analizleri yapılmıştır. Elde edilen ortalama L*, a* ve b* değerleri taze ve farklı sıcaklıklarda kurutulmuş üzümler için Çizelge 7.8’de verilmektedir.

Çizelge 7.8 Taze ve kabin kurutucuda kurutulmuş üzümün renk analiz değerleri

Kodu	T (°C)	L*	a*	b*
TAZE	-	39,84	-0,34	5,24
POTAS	55	35,74	7,81	0,84
	60	36,46	7,72	1,68
	70	36,54	7,48	2,12
SMBS	55	37,18	7,59	1,72
	60	37,25	7,40	2,16
	70	37,55	7,17	3,62
POTAS+SMBS	55	36,51	7,65	1,14
	60	36,88	7,50	1,95
	70	37,38	7,42	3,02
KONTROL	55	34,76	7,98	0,78
	60	36,16	7,76	1,67
	70	36,48	7,51	2,06

Çizelge 7.8’deki sonuçlar incelendiğinde kurutulmuş üzümün renk değerleri taze üzümün renk değerlerine göre farklılık göstermiştir. Kurutulmuş ürünlerdeki bu renk değişiklikleri, Maillard reaksiyonu, pigmentlerin bozulması ve askorbik asidin oksidasyonu gibi oksidasyon reaksiyonları ile ilişkili olabilir [76].

Çizelge 7.8'deki renk değerleri dikkatli bir şekilde incelenirse ön işlem çözeltileri ile muamele edilip kurutulan üzüm örneklerin KONTROL kodlu örneklere göre L* ve b* değerlerini daha yüksektir. Buna karşılık a* değerleri ise daha düşüktür. Bu sonuçlara göre ön işlem çözeltileri kurutulmuş üzümlerin rengi üzerinde olumlu bir etki göstermiştir. Bununla birlikte SMBS kodlu üzümlerin renk değerleri POTAS ve POTAS+SMBS kodlu üzümlere göre L* ve b* değerleri yüksek, buna karşılık a* değerleri ise daha düşük bulunmuştur. Benzer sonuçlar [77] ve [12] tarafından rapor edilmiştir.

Kurutma sıcaklığı renk parametreleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu Çizelge 7.8'de görülmektedir. Sıcaklık artışı, L* ve b* değerlerinde bir artışa neden olmaktadır. Buna karşılık a* değerlerinde de düşme meydana gelmiştir. Örnek olarak 70°C'de kurutulan örneklerin sırası ile L*, a* ve b* değerleri SMBS kodlu örnekler için 37,55, 7,17 ve 3,62, SMBS+POTAS kodlu örnekler için 37,38, 7,42 ve 3,02 ve POTAS kodlu örnekler için 36,54, 7,48 ve 2,12'dir. Ön işleme tabi tutulmadan kurutulan KONTROL kodlu örneklerin L*, a* ve b* değerleri ise 36,48, 7,51 ve 2,08 olarak ölçülmüştür. Benzer sonuçlar diğer sıcaklıklarda kurutulan örneklerde de saptanmıştır. Sonuç olarak en iyi renk sonuçları 70°C'de kurutulan SMBS kodlu örneklerde elde edilmiştir.

7.2 İnfrared Kurutucuda Kurutma

7.2.1 İnfrared kurutucuda güç seviyesi ve ön işlem etkisi

Farklı infrared güçlerde POTAS kodlu ön işleme tabi tutulan ve ön işlem görmeyen KONTROL kodlu üzümlerin kuruma süresi Çizelge 7.9'da gösterilmiştir. İnfrared kurutma ile gerçekleşen kurutma işleminde 62 W, 75 W, 88 W, 104 W ve 125 W güçlerinde çalışılmıştır.

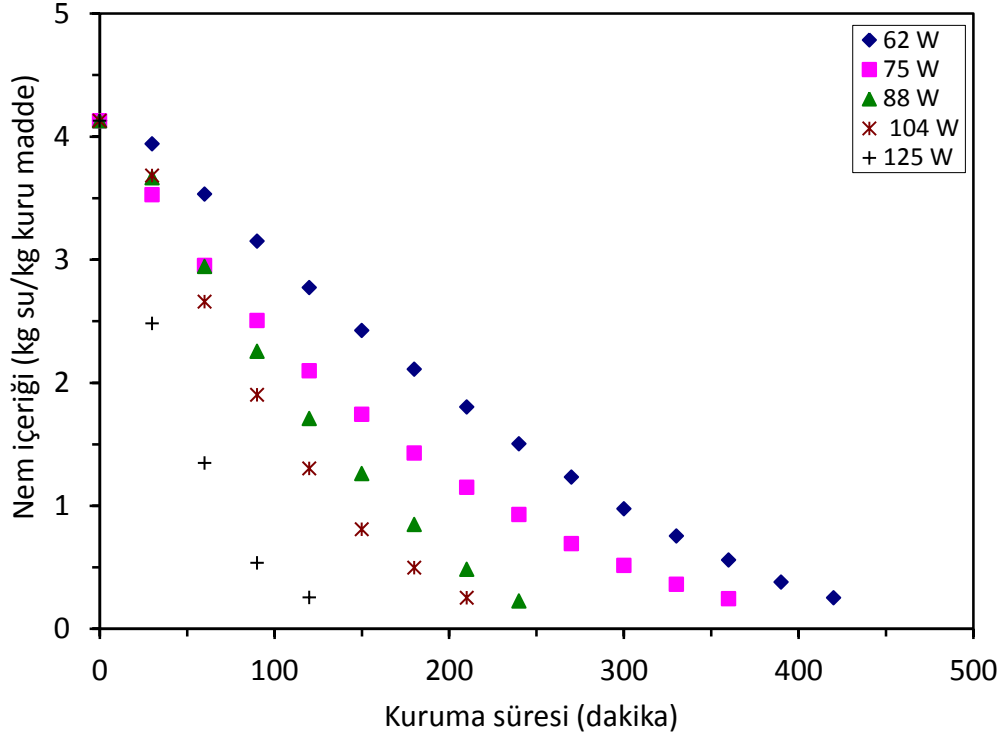
Çizelge 7.9'un sonuçlarına göre, ön işlemler kuruma süresini etkilemiştir. Kurutma işleminden önce üzümün ön işlem çözeltilisine daldırılması sonrasında kurutulması (POTAS kodlu), KONTROL kodlu olanlara göre daha kısa bir kuruma süresine sahip olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 7.9'dan, ön işlem görmüş POTAS kodlu numunelerin nem içeriğini azaltmak için gereken kuruma sürelerinin 62, 75, 88, 104 ve 125 W infrared güçlerde sırasıyla 420, 360, 240, 210 ve 120 dakika olduğu gözlenmiştir. KONTROL kodlu numuneler için karşılık gelen değerler, aynı infrared güçlerde sırasıyla

480, 390, 270, 240 ve 150 dakika olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak, üzümün kütle transfer direncini azaltmada POTAS çözeltisi ile ön işlem uygulamasının önemini göstermektedir [57].

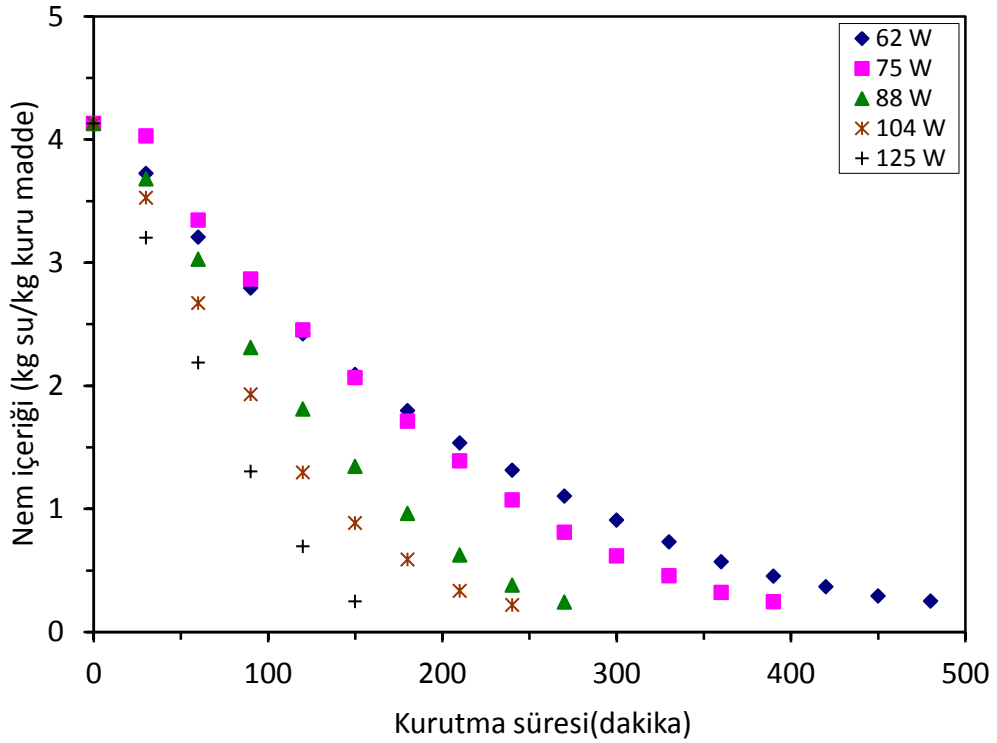
Çizelge 7.9 Farklı IR güçlerde POTAS ve KONTROL kodlu üzümün kuruma süresi incelemesi

IR güç seviyesi (W)	Kuruma süresi (dakika)	
	POTAS	KONTROL
62	420	480
75	360	390
88	240	270
104	210	240
125	120	150

POTAS ve KONTROL kodlu üzümün infrared kurutma ile farklı güç seviyelerinde kuruma süresiyle nem içeriği ilişkisi Şekil 7.12 ve Şekil 7.13’de gösterilmiştir. Infrared güç seviyesi üzümün kuruma süresi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Infrared kurutmada, güç seviyesindeki bir artışın, kuruma süresinde bir azalmaya yol açtığı, KONTROL kodlu üzümde 62 W ve 125 W güç seviyelerinde son nem içeriğine ulaşmak için gereken sürenin sırasıyla yaklaşık 480 ve 150 dakika olduğu gözlemlenmiştir. Infrared güç 62 W’dan 125 W’a yükseldikçe, ortalama kurutma hızları 3,2 kat artmıştır. Aslında, daha yüksek infrared güçlerde, maddenin içinde, ürünün merkezi ile yüzeyi arasında daha fazla buhar basıncı farkı oluşur ve sonuç olarak bu da kuruma hızını artırır. Bu gözlem, literatürde çeşitli gıda ürünlerinin infrared kurutma yöntemi ile kurutulması sonucunda elde edilen sonuçlarla iyi bir şekilde uyumaktadır [39], [78], [79].



Şekil 7.12 POTAS kodlu üzümün farklı IR güç seviyelerinde kuruma süresiyle nem içeriği değişimi



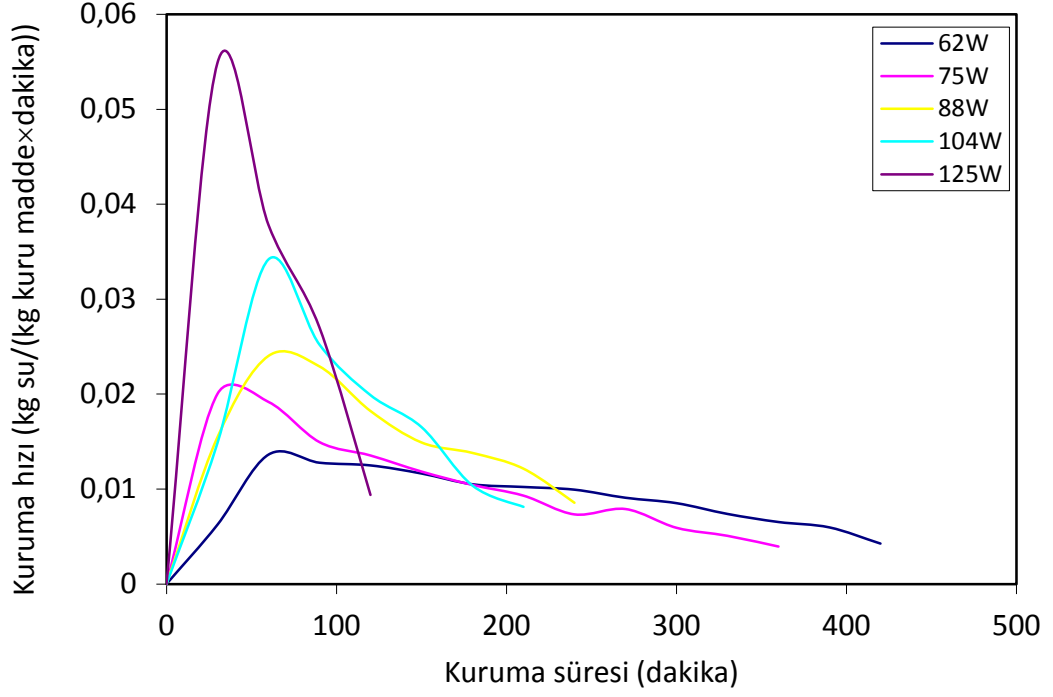
Şekil 7.13 KONTROL kodlu üzümün farklı güç seviyelerinde kuruma süresiyle nem içeriği değişimi

Sonuç olarak, POTAS kodlu üzümlerin kuruma süresi, KONTROL kodlu üzümlere göre Şekil 7.12 ve 7.13'deki eğrileri kıyaslandığında daha kısa olduğu gözlenmiştir. Elde edilen verilerden, POTAS kodlu üzümlerin, aynı infrared güçlerde kurutulan KONTROL kodlu üzümlere göre kuruma süreleri kıyaslanırsa %7–16 oranında kuruma süresinden tasarruf sağladığı görülmektedir.

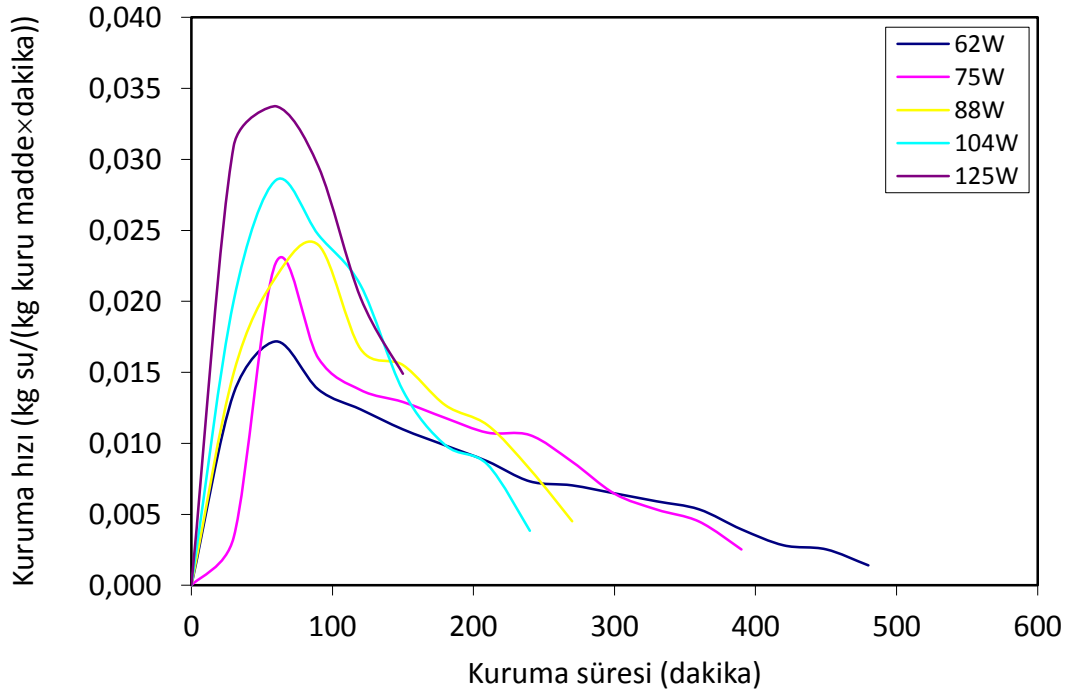
7.2.2 İnfrared kurutucuda kuruma hızı ile kuruma süresi değişimi

İnfrared kurutucuda farklı infrared güçlerde POTAS kodlu ve KONTROL kodlu üzümlerin kuruma hızının kuruma süresi ile değişimi Şekil 7.14 ve 7.15'de görülmektedir. Şekillerde görüldüğü gibi, farklı infrared güçlerin kuruma hızına etkisi incelenmiştir. İnfrared kurutmada infrared güçlerin artmasıyla kuruma hızı artmış, kuruma süresi kısalmıştır. Şekiller incelendiğinde, başlangıç sonrasında hemen kuruma hızında ani bir artış olduğu görülmektedir. Bunun nedeni üründeki nem kaybı oranının başlangıçta yüksek olmasındandır, ardından daha düşük nem içeriklerinde ise su hareketi yavaşladığı için kuruma hızı da yavaşlamaktadır. Ayrıca, şekillerden görüldüğü gibi infrared güçler 62 W'dan 125 W değerine arttıkça kuruma hızında da bir artış meydana gelmektedir. İnfrared güç seviyesi arttıkça kuruma süresinin azaldığı farklı çalışmalarda da ortaya çıkmıştır [78], [79].

Şekil 7.14 ve 7.15 birbiriyle kıyaslanırsa POTAS kodlu üzümlerin KONTROL kodlu üzümlere göre aynı infrared güçlerde kuruma hızının daha yüksek ve kuruma süresinin daha kısa olduğu görülmektedir. Bu da POTAS ön işleminin kuruma hızını artırmada daha etkili olduğunu ortaya çıkarmıştır.



Şekil 7.14 POTAS kodlu üzümün farklı IR güç seviyelerinde kuruma süresiyle kuruma hızı değişimi



Şekil 7.15 KONTROL kodlu üzümün farklı IR güç seviyelerinde kuruma süresiyle kuruma hızı değişimi

7.2.3 İnfared kurutucuda kuruma eğrilerinin matematiksel modellenmesi

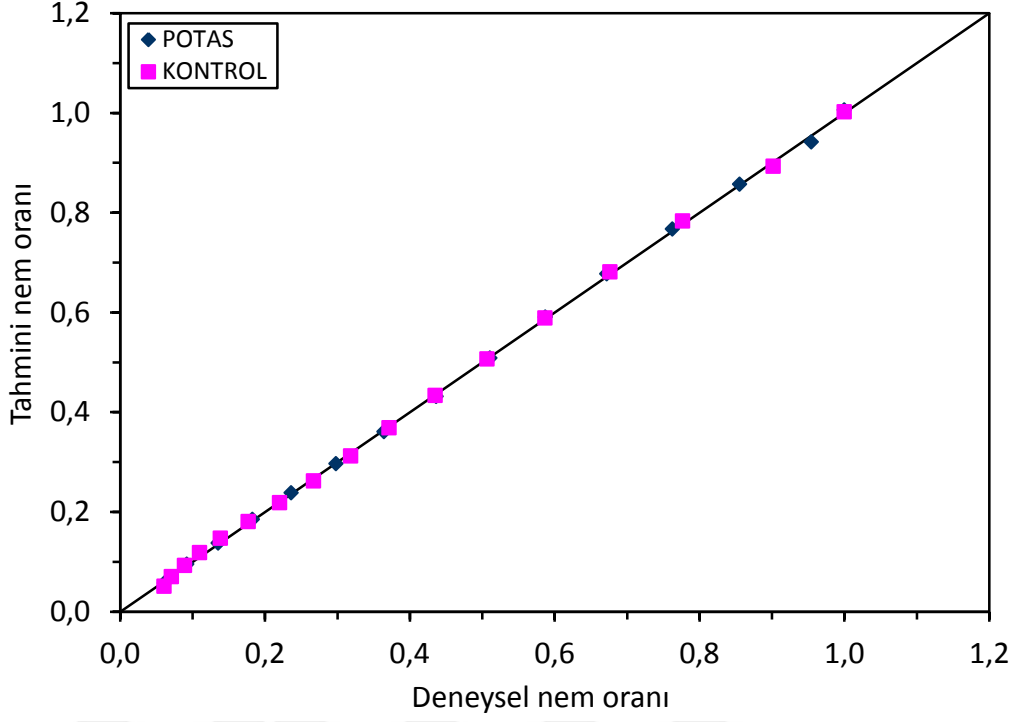
İnfared kurutucuda farklı infrared güçlerde kurutulan üzümlerin deney sonuçlarından elde edilen verilerden yararlanarak Çizelge 6.1’de gösterildiği gibi Lewis, Henderson ve Pabis, Logaritmik, Page, Midilli vd., Wang ve Singh ve Parabolik matematiksel modeller uygulanmış olup regresyon katsayıları (R^2), khi-kare (χ^2) ve tahminin standart hatası (RMSE) değerleri hesaplanmıştır. Çizelge 7.10–7.11’de görüldüğü gibi, bütün modellerin sonuçlarında R^2 , χ^2 ve RMSE değerleri sırasıyla, 0,9548-0,9999, 0,000009-0,005437 ve 0,004944-0,221384 arasında değişmektedir. Midilli vd. modelinin R^2 değerleri diğer modellere göre daha yüksek ve χ^2 ve RMSE değerleri de diğer modellere göre daha düşük çıkmıştır. Midilli vd. modelinin R^2 , χ^2 ve RMSE değerleri sırasıyla 0,9981-0,9999, 0,000009-0,000260 ve 0,004944-0,035982 arasında değişmektedir. Elde edilen veriler ışığında, tüm sıcaklıklarda R^2 , χ^2 ve RMSE değerleri incelendiğinde Midilli vd. modelinin üzümlerin kuruma karakteristiğini diğerlerinden daha iyi açıkladığı sonucuna ulaşılmıştır. İnfared kurutucuda elde edilen deneysel ve Midilli vd. modeli ile hesaplanan tahmini nem oranı değerlerinin düz çizgi etrafında dağılımları grafiksel olarak Şekil 7.16-7.20’de gösterilmiştir. Şekillerden bu değerlerin birbirlerine ne kadar yakın oldukları görülmektedir. Bu sonuçlar da Midilli vd. modelinin bir uyum içinde deneysel verileri açıklayabildiğini göstermektedir.

Çizelge 7.10 İnfrared kurutucuda farklı IR güçlerde kurutulan KONTROL kodlu kuru üzüm için matematiksel modeller kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları, khi-kare ve RMSE değerleri

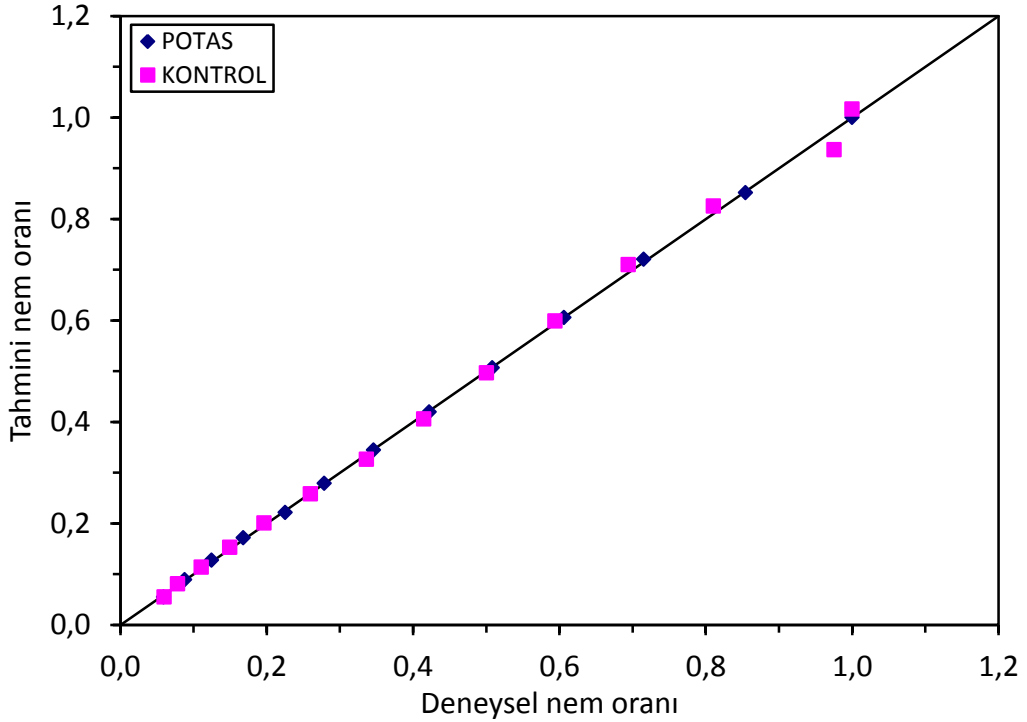
IR güç seviyesi	Model	R ²	χ ²	RMSE
62 W	Lewis	0,9908	0,000835	0,102530
	Henderson ve Pabis	0,9937	0,000612	0,084782
	Logaritmik	0,9993	0,000068	0,022043
	Page	0,9990	0,000063	0,022043
	Midilli vd.	0,9996	0,000037	0,018306
	Wang ve Singh	0,9991	0,000080	0,029889
	Parabolik	0,9992	0,000079	0,028809
75 W	Lewis	0,9620	0,004095	0,199280
	Henderson ve Pabis	0,9769	0,002688	0,161073
	Logaritmik	0,9940	0,000753	0,064496
	Page	0,9977	0,000259	0,038582
	Midilli vd.	0,9981	0,000260	0,035982
	Wang ve Singh	0,9925	0,000875	0,062924
	Parabolik	0,9959	0,000511	0,04076
88 W	Lewis	0,9650	0,003975	0,158013
	Henderson ve Pabis	0,9748	0,003217	0,143875
	Logaritmik	0,9953	0,000684	0,05872
	Page	0,9993	0,000087	0,020733
	Midilli vd.	0,9996	0,000066	0,016762
	Wang ve Singh	0,9954	0,000583	0,049835
	Parabolik	0,9970	0,000428	0,043265
104 W	Lewis	0,9725	0,003295	0,137300
	Henderson ve Pabis	0,9795	0,002808	0,129099
	Logaritmik	0,9934	0,001042	0,066384
	Page	0,9998	0,000028	0,010151
	Midilli vd.	0,9998	0,000023	0,010017
	Wang ve Singh	0,9953	0,000634	0,044152
	Parabolik	0,9968	0,000508	0,041089
125 W	Lewis	0,9655	0,004555	0,122155
	Henderson ve Pabis	0,9703	0,004897	0,125784
	Logaritmik	0,9974	0,000572	0,037567
	Page	0,9986	0,000216	0,023725
	Midilli vd.	0,9999	0,000019	0,004944
	Wang ve Singh	0,9978	0,000347	0,029181
	Parabolik	0,9982	0,000385	0,030171

Çizelge 7.11 İnfrared kurutucuda farklı IR güçlerde kurutulan POTAS kodlu kuru üzüm için matematiksel modeller kullanılarak hesaplanmış regresyon katsayıları, khi-kare ve RMSE değerleri

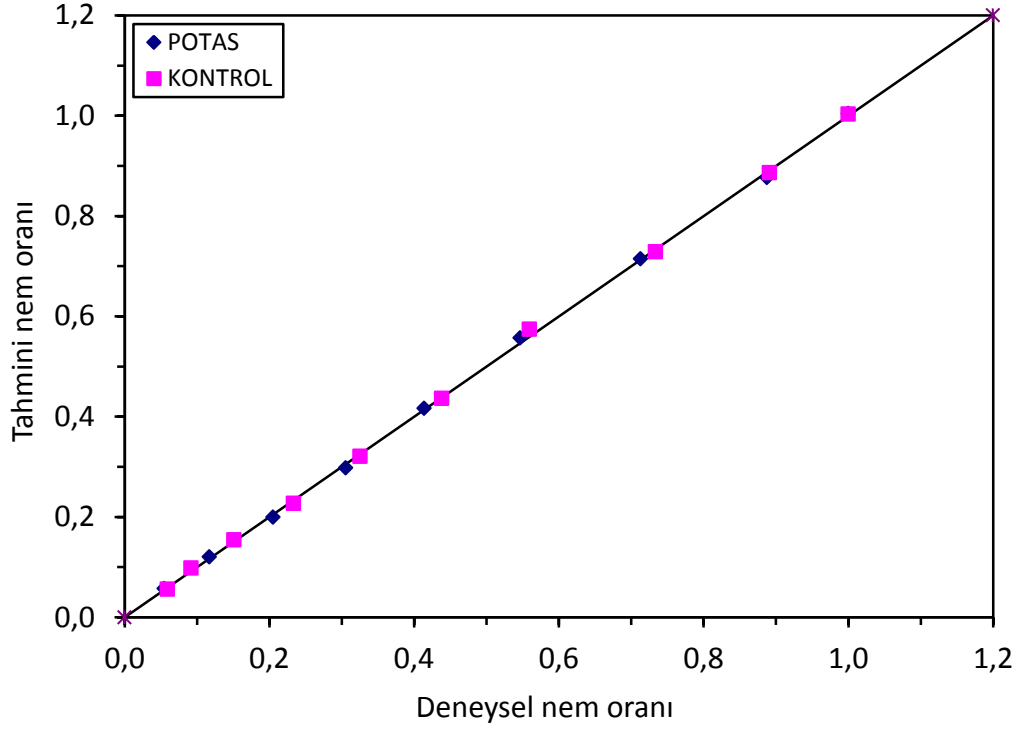
IR güç seviyesi	Model	R ²	χ ²	RMSE
62 W	Lewis	0,9548	0,004536	0,221384
	Henderson ve Pabis	0,9702	0,003221	0,175717
	Logaritmik	0,9979	0,000243	0,041819
	Page	0,9978	0,000237	0,046066
	Midilli vd.	0,9997	0,000031	0,015324
	Wang ve Singh	0,9967	0,000346	0,049444
	Parabolik	0,9984	0,000179	0,032839
75 W	Lewis	0,9911	0,000820	0,083687
	Henderson ve Pabis	0,9927	0,000733	0,075312
	Logaritmik	0,9999	0,000011	0,008363
	Page	0,9977	0,000227	0,043059
	Midilli vd.	0,9999	0,000009	0,007754
	Wang ve Singh	0,9985	0,000144	0,033202
	Parabolik	0,9990	0,000110	0,028327
88 W	Lewis	0,9593	0,004662	0,159063
	Henderson ve Pabis	0,9695	0,003988	0,147711
	Logaritmik	0,9967	0,000492	0,045783
	Page	0,9982	0,000227	0,032017
	Midilli vd.	0,9995	0,000074	0,016473
	Wang ve Singh	0,9963	0,000477	0,041629
	Parabolik	0,9975	0,000377	0,036982
104 W	Lewis	0,9566	0,005437	0,156878
	Henderson ve Pabis	0,9676	0,004729	0,149870
	Logaritmik	0,9901	0,001733	0,073568
	Page	0,9986	0,000276	0,027451
	Midilli vd.	0,9987	0,000201	0,025233
	Wang ve Singh	0,9894	0,001545	0,063212
	Parabolik	0,9923	0,001336	0,059091
125 W	Lewis	0,9911	0,001311	0,061682
	Henderson ve Pabis	0,9916	0,001635	0,066008
	Logaritmik	0,9982	0,000505	0,026020
	Page	0,9990	0,000177	0,017381
	Midilli vd.	0,9997	0,000043	0,009351
	Wang ve Singh	0,9992	0,000453	0,017637
	Parabolik	0,9997	0,000065	0,009719



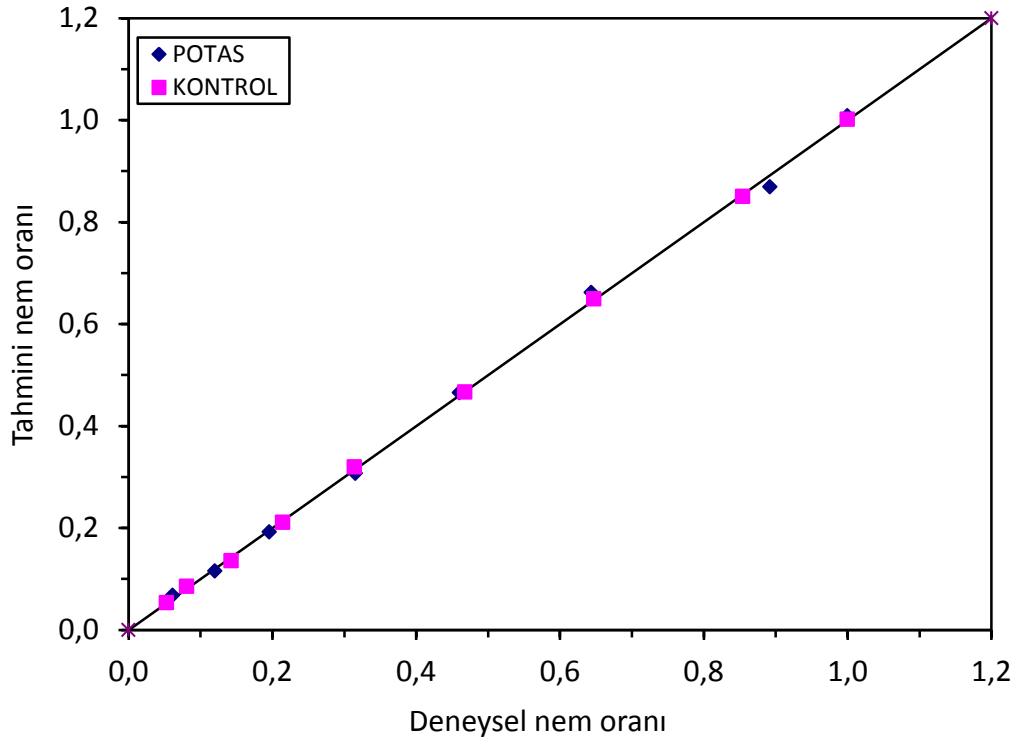
Şekil 7.16 62 W IR güçte POTAS ve KONTROL kodlu kurutulan üzüm için deneysel ve Midilli vd. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerleri



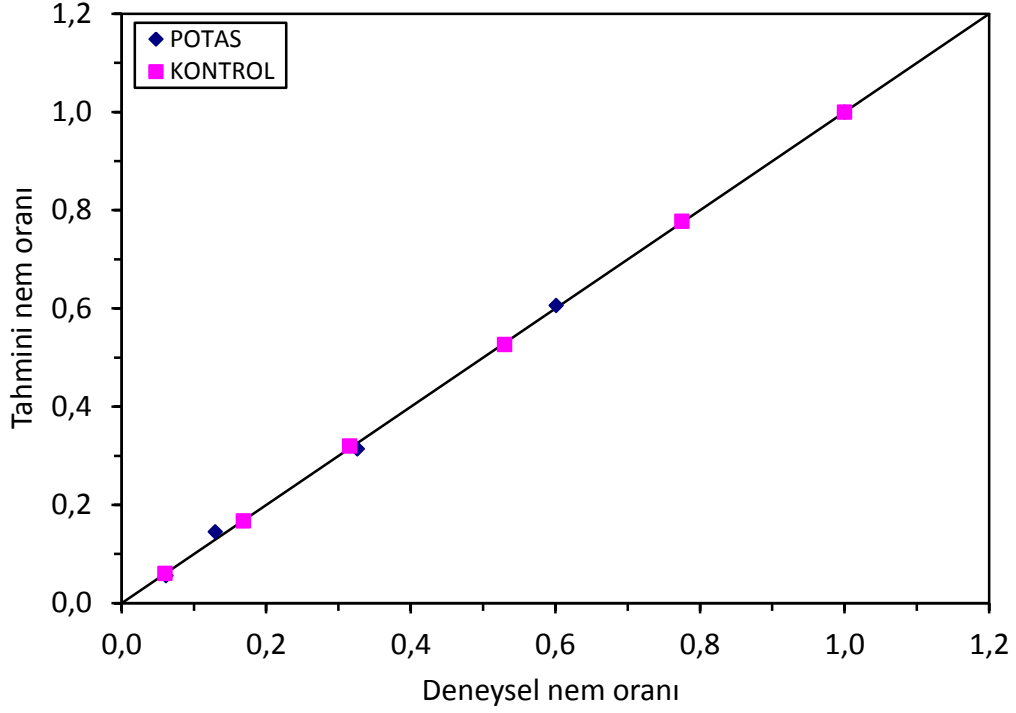
Şekil 7.17 75 W IR güçte POTAS ve KONTROL kodlu kurutulan üzüm için deneysel ve Midilli vd. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerleri



Şekil 7.18 88 W IR güçte POTAS ve KONTROL kodlu kurutulan üzüm için deneysel ve Midilli vd. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerleri



Şekil 7.19 104 W IR güçte POTAS ve KONTROL kodlu kurutulan üzüm için deneysel ve Midilli vd. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerleri



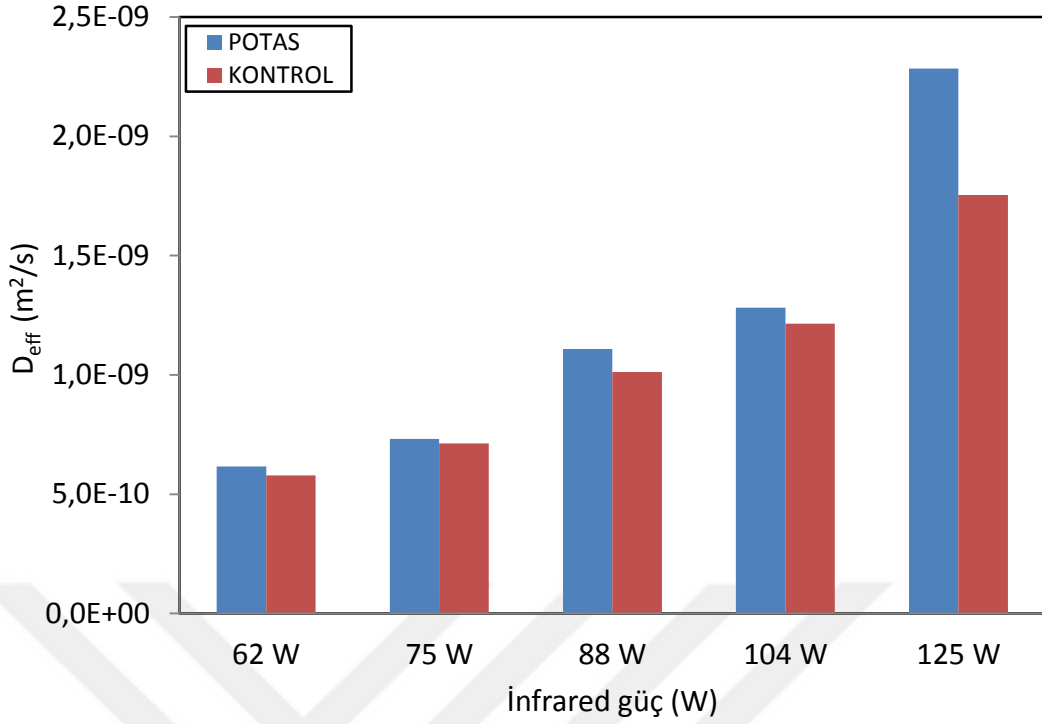
Şekil 7.20 125 W IR güçte POTAS ve KONTROL kodlu kurutulmuş üzüm için deneysel ve Midilli vd. modelinden elde edilen tahmini nem oranı değerleri

7.2.4 İnfrared kurutucuda difüzyon katsayılarının hesaplanması

İnfrared kurutucuda ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş üzümün farklı infrared güçlerde ayrı ayrı efektif difüzyon katsayısı (6.11) denklemi kullanılarak hesaplanmış, Çizelge 7.12 ve Şekil 7.21’de gösterilmiştir. Efektif difüzyon katsayısı değerleri, 62-125 W aralığında POTAS kodlu üzümde $6,16 \times 10^{-10}$ ile $2,28 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ ve KONTROL kodlu üzümde $5,78 \times 10^{-10}$ ile $1,75 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ arasında değişmiştir.

Çizelge 7.12 İnfrared kurutucuda farklı IR güçlerde ve ön işlemlilerle kurutulmuş üzümün efektif difüzyon katsayıları

IR güç seviyesi	Efektif difüzyon katsayısı (m^2/s)	
	POTAS	KONTROL
62 W	$6,16 \times 10^{-10}$	$5,78 \times 10^{-10}$
75 W	$7,32 \times 10^{-10}$	$7,13 \times 10^{-10}$
88 W	$1,10 \times 10^{-9}$	$1,01 \times 10^{-9}$
104 W	$1,28 \times 10^{-9}$	$1,21 \times 10^{-9}$
125 W	$2,28 \times 10^{-9}$	$1,75 \times 10^{-9}$

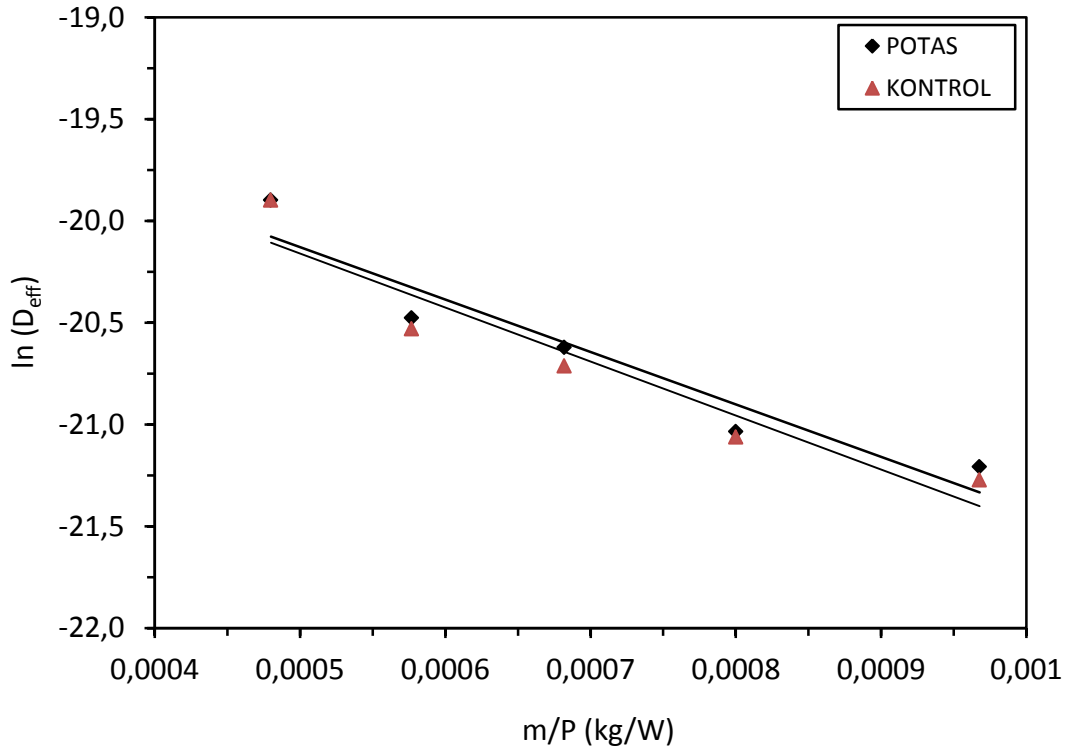


Şekil 7.21 İnfrared kurutucuda farklı IR güçlerde ve ön işlemlerle kurutulan üzümün efektif difüzyon katsayıları değişimi

Yapılan denemeler sonucunda Çizelge 7.12’de görüldüğü gibi efektif difüzyon katsayılarının hem infrared güç seviyesinden hem de ön işlemlerden etkilendiği görülmüştür. Ön işleme tabi tutulan örneklerin efektif difüzyon katsayıları, KONTROL kodlu örneklere göre daha yüksektir. Ayrıca, yapılan denemeler sonucunda infrared güç seviyesinin artışı ile birlikte difüzyon katsayıları artmaktadır. Çizelge 7.12’de görüldüğü gibi, en düşük nem difüzyon katsayısına 62 W güçte, en yüksek nem difüzyon katsayısına 125 W güçte kurutulan örneklerde elde edilmiştir. Bu durum, yüksek infrared güçte ürün içerisindeki sıcaklığın hızlı bir şekilde artmasıyla basıncın artarak nemin daha kolay buharlaşması sonucu kuruma hızının artmasıyla açıklanabilir. Elde edilen efektif difüzyon katsayıları 10^{-10} ve 10^{-9} m²/s arasında elde edilmiştir. Çıkan sonuçlar, literatürde infrared kurutma ile yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermiştir [39]. Ayrıca literatürde infrared kurutma ile gerçekleştirilen ince tabaka kurutma işlemlerinde D_{eff} değerlerinin 10^{-10} - 10^{-9} m²/s arasında değiştiği bildirilmiştir [80]. Efektif difüzyon katsayılarının değişmesinin nedeni farklı ön işlemler etkisiyle ve farklı infrared güçlerinin uygulanmasıyla açıklanabilir.

7.2.5 İnfared kurutucuda aktivasyon enerjisinin hesaplanması

İnfared kurutucuda kurutulan üzümün aktivasyon enerjisi (E_a) değerleri hesaplanmasında (6.15) denklemi kullanılmıştır ve bu değerlerden yararlanılarak Şekil 7.22'de gösterildiği gibi $\ln(D_{eff})$ ile (m/P) arasında eğriler çizilmiştir. Bu eğrilerin eğiminden aktivasyon enerjisi (E_a) hesaplanmıştır. Difüzyon ön katsayısı (D_0) ise eğrilerin kesim noktasından hesaplanmıştır.



Şekil 7.22 POTAS ve KONTROL kodlu üzüm için IR güçlerinin efektif difüzyon katsayısına etkisi

Aşağıdaki denklemlerde infrared kurutucuda POTAS ve KONTROL kodlu üzüm için aktivasyon enerjisi hesabı 7.13-7.14 denklemlerinde gösterilmiştir.

POTAS için:

$$D_{eff} = 6,574 \times 10^{-9} \exp\left(-\frac{2576,8m}{P}\right) \quad R^2 = 0,9159 \quad (7.13)$$

KONTROL için:

$$D_{\text{eff}}=6,621 \times 10^{-9} \exp\left(-\frac{2654,7m}{P}\right) \quad R^2=0,9080 \quad (7.14)$$

Yukarıdaki denklemlerden yararlanarak POTAS ve KONTROL kodlu üzümler için aktivasyon enerji değerleri hesaplanmıştır. Aktivasyon enerjileri, POTAS kodlu üzümlerde 2,576 kW/kg ve KONTROL kodlu üzümlerde 2,654 kW/kg olarak bulunmuştur. Hesaplanan aktivasyon enerjisi değerlerinden görüldüğü gibi en düşük E_a değeri POTAS kodlu üzümlerde görülmüştür. POTAS kodlu üzümlerde kurutma daha hızlı gerçekleştiği için aktivasyon enerji değeri düşük kalmaktadır.

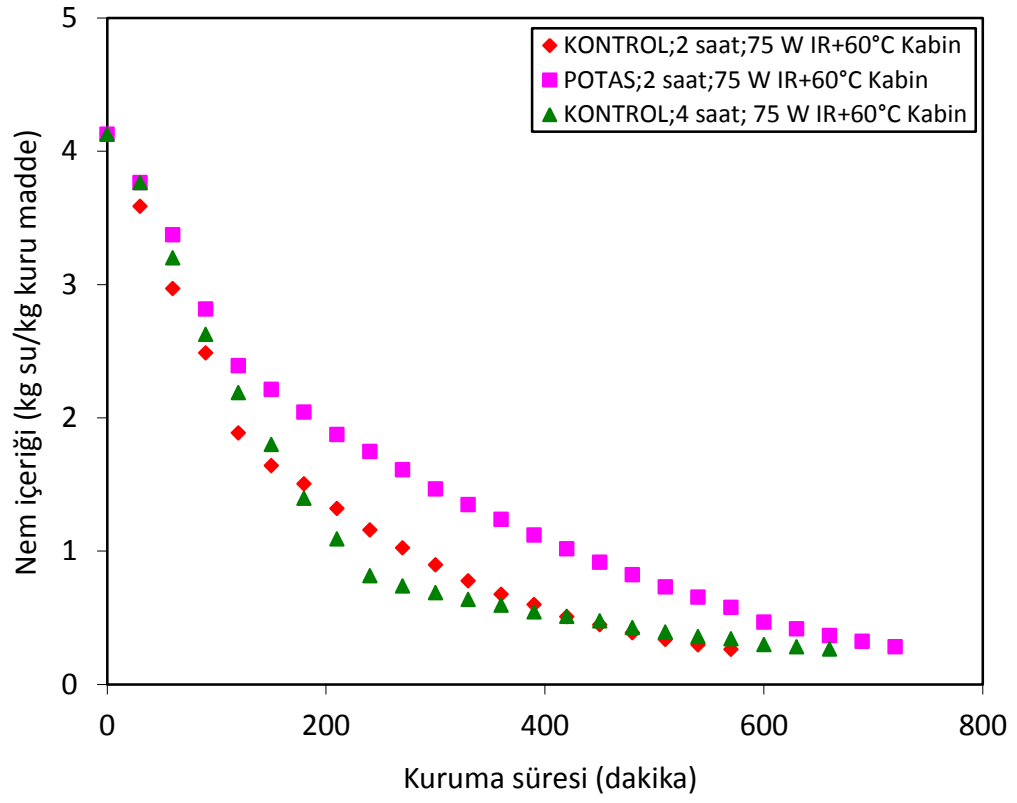
7.3 İnfrared Kurutucu ve Kabin Kurutucu Kombinasyonu

İlk olarak KONTROL kodlu üzümlerin 75 W güçte infrared kurutma ile 2 saat kuruması izlenip sonrasında 60°C'ye ayarlanan kabin kurutucuya alınarak kurutma işlemine devam edilmiştir. Kuruma süresinin 720 dakika sürdüğü gözlenmiştir.

İkincisinde POTAS kodlu üzümlerin 75 W güçte infrared kurutma ile 2 saat kuruması izlenerek ardından 60°C sıcaklıkta kabin kurutucuda kuruması izlenmiştir. Kuruma süresi 570 dakika sürmüştür. POTAS ile ön işlem görenlerin ön işlemsiz denemeye göre daha kısa kuruma süresine sahip olduğu gözlenmiştir. Ön işlemlen üzümlerde kuruma süresi, ön işlemsiz üzümlere göre zamandan %20 olarak tasarruf edilmiştir.

Üçüncü olarak KONTROL kodlu üzümlerin 75 W güçte infrared kurutma ile 4 saat kuruması izlenip sonrasında 60°C sıcaklıkta kabin kurutucuya alınarak kuruması gözlenmiştir. Üçüncü yapılan işlemde kuruma süresi 660 dakika sürmüştür. Bu üç aşamalı işlemler Şekil 7.23'de görülmektedir.

Kombine kurutma sisteminde (infrared+kabin) yapılan deneylerden elde edilen sonuçlardan infrared kurutucuda işlem süresi 2 saat yerine 4 saat tutulduğunda örneklerin toplam kurutma süresinde 60 dakikalık (1 saat) bir kısalma gözlenmiştir.



Şekil 7.23 Kombine kurutma sisteminde (infrared+kabin) kurutulan üzümün nem içeriğinin kuruma süresiyle değişimi

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, sıcak hava ve infrared kurutma yöntemleri ile ön işlemlerin üzümün kurutma karakteristikleri üzerindeki etkileri incelenerek değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Ön işlemlili ve ön işlemsiz üzümün kabin kurutucu ve infrared kurutucuda kurutularak nem içeriği ve kuruma süresi, kuruma hızı ve kuruma süresi, efektif difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerjisindeki değişim değerleri belirlenmiştir. Aynı zamanda deneysel verileri kullanarak matematiksel modelleme çalışmaları yapılmıştır. Araştırma sonuçları daha önce bu alanda yapılmış olan çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Deneysel verilerden elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Sıcak hava ve infrared kurutma ile nem içeriği ve kuruma süresi incelenmesi sonucunda; sıcak hava ile kurutmada sıcaklığın artmasıyla kuruma süreleri azalmıştır. İnfrared kurutucuda infrared güç seviyesinin artmasıyla kuruma süreleri kısalmıştır. İnfrared kurutucuda kabin kurutucuya göre daha kısa kuruma sürelerine ulaşılmaktadır.
- Sıcak hava ile kurutmada ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutmaya tabi tutulan üzümün kuruma süreleri en küçükten en büyüğe göre sırasıyla POTAS<POTAS+SMBS<SMBS<KONTROL kodlu üzüm olduğu görülmüştür. Bu nedenle POTAS kullanılarak yapılan ön işlemin kuruma süresini azaltmada diğer ön işlem çözümlerinden daha başarılı olduğu görülmüştür. İnfrared kurutmada da POTAS kodlu üzümün KONTROL kodlu örneklere göre daha kısa sürede kurutma sağlamıştır.

➤ Sıcak hava ve infrared kurutma ile kuruma hızı ve kuruma süresi incelenmesi sonucunda; sıcak hava ile kurutmada sıcaklığın artmasıyla kuruma hızının arttığı ve kuruma süresinin kısaldığı görülmüştür. Aynı zamanda infrared kurutucuda infrared güç seviyelerinin artması ile kuruma hızının arttığı ve kuruma süresinin kısaldığı görülmektedir. Son yıllarda yaygınlaştığı görülen infrared teknolojisi uygulanarak kuruma süresinin kısılması ile daha kaliteli ürün elde edilmesini sağlayarak gıda sanayindeki yerini alacaktır.

Sıcak hava için hazırlanan ön işlemlenmiş üzümün kuruma hızını artırmada daha etkili oldukları görülmüştür. Aynı şekilde infrared kurutmada yapılan çalışmalarda POTAS kodlu üzümün kuruma hızı KONTROL kodlu üzümlere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu nedenle POTAS ön işlemin üzümün yüzeyinde bulunan wax tabakasının etkisini azaltarak kuruma hızını artırmak için diğerlerinden daha başarılı olduğu görülmüştür.

➤ Sıcak hava ve infrared kurutma ile kuruma davranışları incelenmesi sonucunda; deney sonuçlarından yararlanarak elde edilen verilerden ürünlerin nem içeriği ile kuruma süresi değişimini belirlemek amacıyla Lewis, Henderson ve Pabis, Logaritmik, Page, Midilli vd., Wang ve Singh ve Parabolik matematiksel modeller birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca çoklu regresyon analiz yöntemiyle regresyon katsayısı (R^2), kare (χ^2) ve tahminin standart hatası (RMSE) değerleri kullanılarak en uygun model saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Midilli vd. modelinin üzümün kuruma davranışlarını diğer modellerden daha iyi açıkladığı belirlenmiştir.

➤ Sıcak hava ve infrared kurutmada efektif difüzyon katsayıları incelendiğinde; sıcak hava kurutmada efektif difüzyon katsayısı değerleri, 55-70°C sıcaklık aralığında POTAS kodlu üzümde $1,73 \times 10^{-10}$ ile $3,17 \times 10^{-10}$ m²/s, POTAS+SMBS kodlu üzümde $1,54 \times 10^{-10}$ ile $2,89 \times 10^{-10}$ m²/s, SMBS kodlu üzümde $1,44 \times 10^{-10}$ ile $2,69 \times 10^{-10}$ m²/s ve ön işlemlenmiş KONTROL kodlu üzümde $1,25 \times 10^{-10}$ ile $2,50 \times 10^{-10}$ m²/s arasında değişmiştir. Deney sonuçlarından görüldüğü gibi, kurutma havası sıcaklığının artmasıyla efektif difüzyon katsayısı değerlerinin arttığı görülmüştür.

Infrared kurutmada efektif difüzyon katsayısı değerleri, 62-125 W aralığında POTAS ile ön işlemlenmiş üzümde $6,16 \times 10^{-10}$ ile $2,28 \times 10^{-9}$ m²/s ve KONTROL olan ön işlemlenmiş

üzümlerde $5,78 \times 10^{-10}$ ile $1,75 \times 10^{-9}$ m²/s arasında değişmiştir. Böylece IR güç seviyelerinin artması sonucu efektif difüzyon katsayı değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Her iki kurutmada da ön işleme tabi tutulan örneklerin efektif difüzyon katsayıları, KONTROL kodlu örneklere göre daha yüksektir.

➤ Sıcak hava ve infrared kurutmada aktivasyon enerjisi incelendiğinde; sıcak havalı kurutmada aktivasyon enerjileri, POTAS kodlu üzümde 39,12 kJ/mol, POTAS+SMBS kodlu üzümde 39,80 kJ/mol, SMBS kodlu üzümde 40,09 kJ/mol ve KONTROL kodlu üzümde 45,26 kJ/mol olarak bulunmuştur. İnfrared kurutmada aktivasyon enerjileri, POTAS kodlu üzümde 2,576 kW/kg ve KONTROL kodlu üzümde 2,654 kW/kg olarak bulunmuştur. Ön işlem uygulanan üzümde kurutma daha hızlı gerçekleştiği için aktivasyon enerji değerlerinin düşük kaldığı görülmüştür.

➤ Taze ve sıcak hava kurutmada kurutulan üzümün renk analizleri yapılmış ve L*, a* ve b* değerleri ölçülerek ortalamaları alınmıştır. Kurutma havası sıcaklığı arttıkça L* (parlaklık) ve b* (sarılık) değerlerinin arttığı, a* (kırmızılık) değerlerinin düştüğü gözlenmiştir. Bununla beraber SMBS kodlu üzümün renk değerlerinin POTAS ve POTAS+SMBS kodlu üzümle göre L* ve b* değerlerinin yüksek, a* değerlerinin ise daha düşük olduğu saptanmıştır. Ön işleme tabi tutulup kurutulan üzümün renk değerleri KONTROL kodlu üzümle göre L* ve b* değerleri daha yüksek, a* değerleri daha düşük bulunmuştur. Sonuç olarak taze üzüm rengine en yakın renk değerlerinin 70°C'de kurutulan SMBS kodlu üzüm olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Dinçay, O., İsfendiyaroğlu, G. ve Aydın, A., (2017). "Farklı Bağlardan Toplanan Yaş Üzümler ile Bunların İki Farklı Yöntemle Gerçekleştirilen Kurutma İşlemleri Sonrasındaki Pestisit Kalıntılarının Tespit Edilerek Karşılaştırılması", Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5(9):1031-1037.
- [2] Yeğenoğlu, E.D., Aydın, Ş., Arık, C., Gevrekçi, Y. ve Aşık, M., (2016). "Üzümde Çeşitliliğin Belirlenmesinde Morfolojik Farklılıkların Kullanılması", Celal Bayar Üniversitesi, Soma Meslek Yüksekokulu, Teknik Bilimler Dergisi, 22(2):13-20.
- [3] Özdemir, G., (2016). "Diyarbakır İlinin Organik Üzüm Yetiştirme Potansiyeli ve Yaygınlaştırılması Faaliyetleri", GAP TEYAP Dergisi, 3:22-29.
- [4] Akdeniz, B., (2011). "Geleneksel Usullerde Sultani Çekirdeksiz Üzüm Çeşidinin Kurutulması", Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 6(1), 13-22.
- [5] Yağcı, A. ve İlter, E., (2018). "Sultani Çekirdeksiz Üzüm Tiplerinin Hasat Sırasındaki Verim ve Bazı Kalite Özellikleri", Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 5(3):286-292.
- [6] Yayla, F. ve Gülcü M., (2007). "Türkiye’de Başlıca Üzüm Değerlendirme Şekilleri", Türk Tarım Dergisi, 177:19-22.
- [7] Özdemir, G., Tangolar, S. ve Bilir, H., (2006). "Bazı Sofralık Üzüm Çeşitlerinin Fenolojik Dönemleri ile Salkım ve Tane Özelliklerinin Saptanması", Alatarım Dergisi, 5(2):37-42.
- [8] Erbay, B. ve Küçüköner, E., (2008). "Gıda Endüstrisinde Kullanılan Farklı Kurutma Sistemleri", Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum.
- [9] Wang, J., Mujumdar, A.S., Mu, W., Feng, J., Zhang, X., Zhang, Q., Fang, X-M., Gao, Z-J. ve Xiao, H-W., (2016). "Grape Drying: Current Status and Future Trends", Grape and Wine Biotechnology, 7:145-165.
- [10] Altındişli, A. ve İşçi, B., (2005). "Kuru Üzüm Elde Edilmesinde Kullanılan Bandırma Eriyiğindeki Yağ Miktarının Tespiti için Yeni Bir Analiz Yönteminin Kullanılabilirliği", Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 42(3):13-19.
- [11] İşçi, B. ve Altındişli, A., (2016). "V. *Vinifera* L.cv. "Sultaniye'nin Polietilen Tünel Tipi Kurutucu ve Geleneksel Yöntemle Kurutulması", Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 53(4):469-479.

- [12] Adiletta, G., Russo, P., Senadeera, W. ve Di Matteo, M., (2016). "Drying Characteristics and Quality of Grape Under Physical Pretreatment", *Journal of Food Engineering*, 172:9–18.
- [13] Kunter, B., Cantürk, S. ve Keskin, N., (2013). "Üzüm Tanesinin Histokimyasal Yapısı", *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(2):17-24.
- [14] Ho, P., Silvia, M.C. ve Hogg, T.A., (2001). "Changes in Colour and Phenolic Composition During the Early Stages of Maturation of Port in Wood, Stainless Steel and Glass", *Journal Science Food and Agricultural*, 81:1269-1280.
- [15] USDA, United States Department of Agriculture Agricultural Research Service, Basic Report: 09132, Grapes, red or green, <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/09132> , 2 Mayıs 2019.
- [16] Cabaroğlu, T. ve Yılmaztekin, M., (2006). "Üzümün Bileşimi ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri", *Buldan Sempozyumu*, 999-1004.
- [17] T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü, 2017 Yılı Çekirdeksiz Kuru Üzüm Raporu, koop.gtb.gov.tr, 31 Mart 2018.
- [18] Senadeera, W., Adiletta, G., Di Matteo, M. ve Russo, P., (2014). "Drying Kinetics, Quality Changes and Shrinkage of Two Grape Varieties of Italy", *Queensland University of Technology, Brisbane, Australia, Applied Mechanics and Materials*, 553:362-366.
- [19] Gürel, A.E., Yılmaz, S. ve Ceylan, İ., (2010). "Güneş Enerjili ve Nem Kontrollü Kurutucunun Deneysel Analizi", *e-Journal of New World Sciences Academy Technological Applied Sciences*, 2A0047, 5(2):178-187.
- [20] Singh, S.P., Jairaj, K.S. ve Srikant, K., (2012). "Universal Drying Rate Constant of Seedless Grapes: A Review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16:6295–6302.
- [21] Togrul, İ.T., (2010). "Modelling of Heat and Moisture Transport During Drying Black Grapes", *International Journal of Food Science and Technology*, 45:1146–1152.
- [22] Bayhan, H.A., (2011). "Kabin Tipi Bir Kurutucuda Kurutma Sürecini Etkileyen Parametrelerin Deneysel Olarak İncelenmesi", *Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta*.
- [23] Babayiğit, O., (2010). "Tarım Ürünlerinin Kuruma Karakteristiklerini Belirlemek İçin Bir Deney Seti Tasarımı, İmalatı ve Denenmesi", *Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Konya*.
- [24] Bingöl, G., (2010). "Gıda İşlemede Kurutma Teknolojilerinin Temel İlkeleri", *İstanbul Sanayi Odası, İstanbul Teknik Üniversitesi, Doktora Yüksek Lisans Tezlerine Sanayi Desteği Projesi, İstanbul*.
- [25] Milli Eğitim Bakanlığı, (2011). "Meyveleri Kurutma", *Gıda Teknolojisi*, 541GI0138, Ankara.
- [26] Feyzioğlu, G.T., (2011). "Havalı Güneş Kolektörleri ile Kurutucu Tasarımı", *Bitirme Tezi, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İzmir*.
- [27] Özel, Ö.F., (2010). "Balkabağının Farklı Kurutma Şartlarındaki Kurutma Karakteristiklerinin Belirlenmesi", *Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya*.

- [28] Aktaş, M., İlbaş, M., Yalçın, A. ve Şahin, M., (2013). "Kızılötesi Işınımlı Bir Kurutucuda Kuruma Davranışlarının İncelenmesi", Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi 28(4):767-775.
- [29] Doğanay, T., (2009). Modern Farmasötik Teknoloji, Türk Eczacılar Birliği Eczacılık Akademisi Yayını, Ankara.
- [30] Us, F., (2006). "Ozmotik Kurutma", Türkiye 9. Gıda Kongresi, Hacettepe Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- [31] Özbalta N. ve Güngör A., (1997). Endüstriyel Kurutma Sistemleri, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, 3. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı, Yayın No: 203/2, İzmir.
- [32] Eksis Endüstriyel Kurutma Sistemleri Makine Gıda Sanayi, Pnömatik Kurutma Makinesi (Flash Dryer), www.kurutma.net, 2 Mayıs 2019.
- [33] Gürses, Ö.L., (1986). Gıda İşleme Mühendisliği-II, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara.
- [34] Güngör, Ali., (2013). "Sebze ve Meyve Kurutmada Kullanılan Kurutucular ve Kurutma Teknolojileri", 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- [35] Bingöl, G. ve Devres, O.Y., (2010). "Üzümlerin Mikrodalga Kurutma Eğrilerinin ve Sıcaklık Değişiminin Matematiksel Modellenmesi", İTÜ Dergisi, 9(4):63-71.
- [36] Marquez, A., Perez-Serratos, M., Angeles, Varo M. ve Merida, J., (2014). "Effect of Temperature on the Anthocyanin Extraction and Color Evolution During Controlled Dehydration of Tempranillo Grapes", Journal Agricultural Food Chemistry, 62:7897-7902.
- [37] Bahaabad, GA., Gharibzahedi, SMT., Esmaili, M. ve Alizadeh, M., (2014). "Response Surface Modeling for Optimization of Textural and Color Characteristics of Dried Grapes", International Journal of Food Engineering, 10(3):493-502.
- [38] Chayjan, R.A., Peyman, M.H., Esna-Ashari, M. ve Salari, K., (2011). "Influence of Drying Conditionson Diffusivity, Energyand Color of Seedless Grape After Dipping Process", Australian Journal of Crop Science, 5(1):96-103.
- [39] Çağlar, A., Toğrul, İ.T. ve Toğrul, H., (2009). "Moisture and Thermal Diffusivity of Seedless Grape under İnfrared Drying", Food and Bioproducts Processing, 87:292-300.
- [40] Çakmak, G. ve Yıldız, C., (2009). "Design of a New Solar Dryersystem with Swirling Flow for Drying Seeded Grape", International Communications in Heat and Mass Transfer, 36:984-990.
- [41] Da Silva, W.P., Nascimento, P.L., Silva, C.M.D.P.S., Gomes, J.P. ve Hamawand İ., (2014). "Description of Seedless Grape Drying and Determination of Drying Rate", Journal of Agricultural Studies, 2:2166-0379.
- [42] Doymaz İ., (2006). "Drying Kinetics of Black Grapes Treated with Different Solutions", Journal of Food Engineering, 76:212-217.
- [43] Doymaz, İ. ve Pala, M., (2002). "The Effects of Dipping Pretreatments on Air-Drying Rates of the Seedless Grapes, Journal of Food Engineering, 52:413-417.
- [44] Gamea, G.R. ve Taha, A.T. (2012). "Mathematical Model of Grapes Solar Drying", Journal of Applied Sciences Research, 8(12):5708-5723.
- [45] İşçi, B. ve Altındişli, A., (2015). "Drying of *Vitis Vinifera* l. cv "Sultanina" in Tunnel Solar Drier", BIO Web of Conferences, 5:01016.

- [46] Khazaei, N.B., Hashjin, T.,T., Ghassemian, H., Khoshtaghaza, M.H. ve Banakar, A., (2013). "Application of Machine Vision in Modeling of Grape Drying Process", *Journal Agricultural Science Technologies*, 15:1095-1106.
- [47] Li, L., Wang, Z., Hu, X., Wu, J., Liao, X., Chen, F. ve Zhao, G., (2010). "Drying Effects of Two Air-Drying Shelters in a Pilot Test on Sultana Grapes", *Journal of Food Process Engineering*, 33:162–178.
- [48] Marquez, A., Serratosa, M,P., Lopez-Toledano, A. ve Merida J., (2012). "Colour and Phenolic Compounds in Sweet Red Wines From Merlot and Tempranillo Grapes Chamber-Dried under Controlled Conditions", *Food Chemistry* 130:111–120.
- [49] Marquez, A., Serratosa, M,P. ve Merida J., (2013). "Anthocyanin Evolution and Color Changes in Red Grapes During Their Chamber Drying", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(41):9908-9914.
- [50] Thakur, A.K., Saharan, V.K. ve Gupta, R.K., (2010). "Drying of 'Perlette' Grape Under Different Physical Treatment for Raisin Making", *Journal of Food Science and Technology*, 47(6):626-631.
- [51] Wang, Y., Tao, H., Yang, J., An, K., Ding, S., Zhao, D. ve Wang, Z., (2014). "Effect of Carbonic Maceration on Infrared Drying Kinetics and Raisin Qualities of Red Globe (*Vitis vinifera L.*): A New Pre-Treatment Technology Before Drying", *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 26:462-468.
- [52] Xiao, H.W., Pang, C.L., Wang, L.H., Bai, J.W., Yang, W.X. ve Gao, Z.J., (2010). "Drying Kinetics and Quality of Monukka Seedless Grapes Dried in an Air-Impingement Jet Dryer", *Bio Systems Engineering*, 105:233-240.
- [53] Vazquez, G., Chenlo, F., Moreira, R. ve Cruz, E., (1997). "Grape Drying in a Pilot Plant with a Heat Pump", *Drying Technology: An Internal Journal*, 15(3-4):899-920.
- [54] Di Matteo, M., Cinquanta, L., Galiero, G. ve Crescitelli, S., (2000). "Effect of a Novel Physical Pretreatment Process on the Drying Kinetics of Seedless Grapes", *Journal of Food Engineering*, 46(2):83-89.
- [55] Shi, J., Pan, Z., Mchugh, T.H., Wood, D., Zhu,Y., Avena-Bustillos, R.J. ve Hirschberg, E. (2008). "Effect of Berry Size and Sodium Hydroxide Pretreatment on the Drying Characteristics of Blueberries under Infrared Radiation Heating", *Journal of Food Science*, 73(6):259-265.
- [56] Telis, V.R.N., Lourençon, V.A., Gabas, A.L. ve Telis-Romero, J. (2006). "Drying Rates of Rubi Grapes Submitted to Chemical Pretreatments for Raisin Production", *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(3):503-509.
- [57] Pawar, S.D., Lomte, V.V. ve Sakhale, B.K., (2017). "Effect of Pretreatments on Drying Characteristics of Thompson Seedless Grapes", *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 36(4):332-336.
- [58] Senadeera, W., Adiletta G., Di Matteo M. and Russo P., (2014). "Drying Kinetics, Quality Changes and Shrinkage of Two Grape varieties of Italy", *Applied Mechanics and Materials*, 553:362-366.
- [59] AOAC, (1990). "Official Methods of Analysis", 15th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- [60] Çakır, M.T., (2015). "Güneş Enerjisinden Yararlanarak Tarım Ürünlerinin Kurutulması", *Gazi Journal of Engineering Sciences*, 1/1, 41-56.

- [61] Şevik, R., Şen, L. ve Nas, S., (2014). "Determination of Color Quality and Hmf Content of Unprocessed Sultanas Obtained from Different Vineyards", *International Journal of Research in Agriculture and Food Sciences*, 2(5):2311 - 2476.
- [62] İzli, N., (2016). "Kayısının (*Prunus armeniaca* L.) Konvektif, Mikrodalga ve Mikrodalga-Konvektif Yöntemleriyle Kurutulması ve Matematiksel Modellenmesi", *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31:375-384.
- [63] Bingol, G., Roberts, J.S., Balaban Murat O. ve Devres, O.Y. (2012): Effect of Dipping Temperature and Dipping Time on Drying Rate and Color Change of Grapes, *Drying Technology: An International Journal*, 30(6):597-606.
- [64] Doymaz, İ. (2011), "Drying of Pomegranate Arils and Selection of a Suitable Drying Model" *Food Biophysics*, 6:461-467.
- [65] Kutlu, N., İşci, A. ve Demirkol, Ö.S., (2015). "Gıdalarda İnce Tabaka Kurutma Modelleri", *Derleme, Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü*, 40(1):39-46.
- [66] Mengeş, H.O. ve Ertekin, C., (2007). "Vişne Kurutmada Kurumanın Çeşitli Modellerle Açıklanması", *Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi* 21(42):4-10.
- [67] Pangavhane, D.R., Sawhney, R.L. ve Sarsavadia, P.N., (1999). "Effect of Various Dipping Pretreatment on Drying Kinetics of Thompson Seedless Grapes", *Journal of Food Engineering*, 39:211-216.
- [68] Bai, J-W., Sun, D-W., Xiao, H-W., Majumbar, A.S. ve Gao, Z-J., (2013). "Novel High-Humidity Hot Air Impingement Blanching (HHAIB) Pretreatment Enhances Drying Kinetics and Color Attributes of Seedless Grapes", *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 20:230-237.
- [69] Ramos, I.N., Silva, C.L.M., Sereno, A.M. ve Aguilera, J.M., (2004). "Quantification of Microstructural Changes During First Stage Air Drying of Grape Tissue", *Journal of Food Engineering*, 62(2):159-164.
- [70] 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.
- [71] Grncarevic, M., (1963). "Effect of Various Dipping Treatments on the Drying Rate of Grapes for Raisins", *American Journal of Enology and Viticulture*, 14(4):230-234.
- [72] Esmaili, M., Gharebagh, R.S., Mousavi, M.A.E. ve Rezazadeh, G., (2007). "Influence of Dipping on Thin-Layer Drying Characteristics of Seedless Grapes", *Biosystems Engineering*, 98:411 - 421.
- [73] Doymaz, İ. ve Altınar, P., (2012). "Effect of Pretreatment Solution on Drying and Color Characteristics of Seedless Grapes", *Food Science and Biotechnology*, 21(1):43-49.
- [74] Hermassi, I., Azzouz, S., Hassini, L. ve Belghith, A., (2017). "Moisture Diffusivity of Seedless Grape Undergoing Convective Drying", *Chemical Product and Process Modeling*, 12(1), <https://doi.org/10.1515/cppm-2016-0074>.
- [75] Azzouz, S., Guizani, A., Jomaa, W. ve Belghith, A., (2002). "Moisture Diffusivity and Drying Kinetic Equation of Convective drying of Grapes", *Journal of Food Engineering*, 55:323-330.

- [76] Khiari, R., Zemni, H. ve Mihoubi, D. (2019). Raisin Processing: Physicochemical, Nutritional and Microbiological Quality Characteristics as Affected by Drying Process, *Food Reviews International*, 35:246-298.
- [77] Lokhande, S.M. ve Sahoo, A.K. (2016). Effect of Drying on Grape Raisin Quality Parameters, *International Journal of Innovative Research in Science and Engineering*, 2:86-95.
- [78] Santosh, J.S. ve Vishnu, J.S., (2013). "Grape Drying Using Infrared Radiatio: An Experimental Study", *Journal of Food Science and Technology*, 8:18-22.
- [79] Doymaz, İ., (2012). "Infrared Drying of Sweet Potato (*Ipomoea batatas L.*) Slices", *Journal of Food Science and Technology*, 49(6):760–766.
- [80] Türker, İ. ve İşleroğlu, H., (2017). "Kuşburnu Pulpunun Kızılötesi Işınım ile İnce Tabaka Kurutulması", *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(1):118-128.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Derya TAŞTEKİNOĞLU

Doğum Tarihi ve Yeri : 12.03.1986, Eminönü

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : derya_tto@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Kimya Mühendisliği	Yıldız Teknik Üni.	2019
Lisans	Kimya Mühendisliği	Marmara Üni.	2010
Lise	Fen Bilimleri	Orhan Gazi Lisesi (Y.D.A)	2006

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2011-	AYDOĞAN PLASTİK	Kimya Mühendisi

YAYINLARI

Bildiri

1. Taştekinöğlu, D. ve Doymaz, İ. (2018). "Investigation of Drying Behavior of Seedless Grapes in Different Dryers", 4th Conference on Advances in Mechanical Engineering (ICAME), 19-21 Aralık 2018, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, pp. 647-653.

