



**ÇEŞİTLİ KALINLIKLARA SAHİP KİVİ
DAMARLARININ DONDURULMASI VE
KURUTMA İŞLEMİNİN İNCELENMESİ**

Abdillahi ROBLEH GUINALEH

**2021
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK**

**ÇEŞİTLİ KALINLIKLARA SAHİP KİVİ DAMARLARININ
DONDURULMASI VE KURUTMA İŞLEMİNİN İNCELENMESİ**

Abdillahi ROBLEH GUINALEH

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK**

**KARABÜK
Ocak 2021**

ABDILLAHI ROBLEH GUINALEH tarafından hazırlanan “ÇEŞİTLİ KALINLIKLARA SAHİP KİVİ DAMARLARININ DONDURULMASI VE KURUTMA İŞLEMİNİN İNCELENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK

Tez Danışmanı, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 20/01/2021

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Mustafa AKTAŞ (GÜ)

Üye : Prof. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Bahadır ACAR (KBÜ)

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

.....

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Abdillahi ROBLEH GUINALEH

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇEŞİTLİ KALINLIKLARA SAHİP KİVİ DAMARLARININ DONDURULMASI VE KURUTMA İŞLEMİNİN İNCELENMESİ

Abdillahi ROBLEH GUINALEH

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK

Ocak 2021, 52 sayfa

Çalışmada, kivi meyvesi 5 mm ve 7 mm olarak çeşitli kalınlıklarda dilimlenmiş ve bu dilimlenmiş örnekler dondurarak kurutma cihazına yerleştirilmiştir. Kurutma işlemi sırasında numunelerin ağırlık kayıpları ölçüldü ve kaydedildi ve bu ölçümler kullanılarak kinetik kurutma modelleri yapıldı. Toplam 14 saat süren deneyde her iki saatte bir 100 g ağırlığındaki kivi dilimlerinin ağırlık kayıpları ölçüldü ve nem oranları (MR) da hesaplandı. Deneysel sonuçlar ışığında, MATLAB yazılımı kullanılarak 8 farklı kinetik kurutma modeli gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, 5 mm ve 7 mm kalınlıklarında en düşük indirgenmiş X-kare (X^2) değerleri sırasıyla 8.261×10^{-6} ve 1.705×10^{-5} , kök ortalama Kare hata değerleri (RMSE) sırasıyla 0.002865 ve 0.004146 idi. Ayrıca, her iki kalınlık için belirleme katsayısı (R^2) 0.9999 olarak hesaplandı ve bu da 1'e en yakın sonuçtu. 8 farklı kinetik kurutma modeli arasında, logaritmik model kivi ürünleri için uygun bir kinetik kurutma modeli olarak seçilmiştir. Nem içeriği ve kuruma hızı göz önüne alındığında, 7 mm kalınlığında kivi dilimlerinin kuruma hızının

daha yüksek nem içeriği nedeniyle yavaş bir davranış sergilediği grlmştir. Ayrıca, 5 mm ve 7 mm kalınlıktaki numuneler için etkili difüzivite katsayılarının sırasıyla $2.25 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ ve $3.28 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ olarak hesaplandığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kurutma kinetik, kivi kurutma, kinetik kurutma modeli, logaritmik model.

Bilim Kodu : 92808

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

FREEZE DRYING PROCESS OF KIWI SLICES WITH VARIOUS THICKNESSES AND INVESTIGATING DRYING CHARACTERISTIC OF PROCESS

Abdillahi ROBLEH GUINALEH

Karabük University

Institute of Graduate Programs

Department of Energy Systems Engineering

Thesis Advisor

Prof. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK

January 2021, 52 pages

In the study, the kiwi fruit was sliced into various thicknesses as 5 mm and 7 mm, and those sliced specimens were put in the freeze-drying device. The weight losses of the specimens were measured and saved during the drying process and kinetic drying models were performed using those measurements. The weight losses of each kiwi slices in 100 gr weight were measured every two hours in the experiment lasting 14 hours in total and moisture ratios (MR) were calculated as well. In light of the experimental results, 8 different kinetic drying models were performed using MATLAB software. As a result, the lowest reduced chi-square (X^2) values for 5 mm and 7 mm thicknesses were calculated about 8.261×10^{-6} and 1.705×10^{-5} respectively, the root means square error values (RMSE) were about 0.002865 and 0.004146, respectively. Also, the coefficient of determination (R^2) for both thicknesses was calculated as 0.9999 which was the highest result closest to 1. Among the 8 different

kinetic drying models, the Logarithmic model was chosen as a proper kinetic drying model for kiwi products. When the moisture contents and drying rates were considered it was seen that the drying rate of kiwi slices with 7 mm thickness exhibited slow behavior because of the higher moisture content. Besides, it was determined that the effective diffusivity coefficients for specimens with 5 mm and 7 mm thickness were calculated as $2.25 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ and $3.28 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ respectively.

Keywords : Drying kinetic, Drying of kiwi, Kinetic drying model, Logarithmic model.

Science Code : 92808

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Prof. Dr.Mehmet ÖZKAYMAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yorulma deneylerinin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen, Dr. Öğr. Üyesi Bahadır ACAR ve Arş. Gör. Abdullah DAĞDEVİREN'a teşekkür ederim.

Projeyi tamamlama görevinde bana yardımcı olduğu için Arş. Gör. Edip TAŞKESEN'e de ayrıca teşekkür ederim.

Tüm bu yıllar boyunca annem Saada OSMAN ODA-ALİ ve abim Hassan ROBLEH GUİNALEH'e hiçbir manevi ve maddi yardımdan kaçınmadan yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ediyorum. Sevgili aileme manevi hiçbir yardımı esirgemediği yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	8
LİTERATÜR ÇALIŞMASI	8
BÖLÜM 3	14
KİVİ HAKKINDA BİLGİLER	14
3.1. DÜNYA KİVİ EKİM ALANLARI, ÜRETİM MİKTARLARI	14
3.2. KİVİ SAĞLIK DEĞERİ.....	19
BÖLÜM 4	23
KURUTMA ÇEŞİTLERİ VE DONDURARAK KURUTMA.....	23
4.1. KURUTMA YÖNTEMLERİ.....	23
4.1.1. Doğal Kurutma Yöntemleri	23
4.1.2. Yapay Kurutma Yöntemleri	24
4.2. DONDURARAK KURUTMA	30
BÖLÜM 5	33

	<u>Sayfa</u>
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	33
BÖLÜM 6	37
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	37
BÖLÜM 7	46
SONUÇ	46
KAYNAKLAR.....	47
ÖZGEÇMİŞ.....	52

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Farklı fiziksel durum.....	1
Şekil 1.2. Sıcaklığın bir fonksiyonu olarak basınç.....	3
Şekil 3.1. Dünya kivi üretim alanı (ha) ve miktarı (ton).	15
Şekil 3.2. Dünyada kivi üretenlerin harita üzerindeki yeri.	19
Şekil 3.3. Kivi.....	20
Şekil 4.1. Kivi güneşte kurutma.....	24
Şekil 4.2. İletimle kurutma sistemi	25
Şekil 4.3. Vakumda kurutma odası.....	26
Şekil 4.4. Akışkan yataklı sürekli kurutma sistemi şeması 1. Fan, 2. Isı üretici, 3. Kontrol panosu, 4. Silo, 5. Akışkan yatak sürekli kurutucu.....	27
Şekil 4.5. Isı pompalı kurutma sistemi	28
Şekil 4.6. Tünel tipi kurutucu ile kurutma şematığı	28
Şekil 4.7. Dönen tip sprey kurutucu.	30
Şekil 5.1. 5 mm ve 7 mm kalınlıktaki kivi örnekleri.....	33
Şekil 5.2. Dondurarak kurutma cihazının şematik görünümü.	34
Şekil 5.3. Kurutma süresinin bir fonksiyonu olarak sıcaklık değerleri.	35
Şekil 6.1. Kurutma süresinin bir fonksiyonu olarak kivi dilimlerinin nem oranı eğrileri.	37
Şekil 6.2. Kuruma süresinin bir fonksiyonu olarak kivi dilimlerinin nem içeriği eğrileri.	41
Şekil 6.3. Kurutma süresinin bir fonksiyonu olarak kivi dilimlerinin kuruma hızı eğrileri.	42
Şekil 6.4. Kivi numuneleri için dondurarak kurutma süresine karşı Giriş (MR) grafiği.	44

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1. Organik kivi meyvelerinin Mineral içeriği (mg/kg).....	6
Çizelge 3.1. Dünya kivi üretimi (ton) ve alan (Ha).	14
Çizelge 3.2. Ülkeler bazında kivi üretim miktarları.	16
Çizelge 3.3. Ülkeler bazında kivi üretim alanları.	17
Çizelge 3.4. Kıtalar bazında kivi üretim miktarı.	18
Çizelge 3.5. Kıtalar bazında kivi üretim alanları.	18
Çizelge 3.6. Kivinin ortalama bileşimi.	22
Çizelge 6.1. Kurutma kinetiği için ampirik ve yarı deneysel denklemler.....	38
Çizelge 6.2. Kurutma kinetik modelleri ile hesaplanan sonuçlar.....	40

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

a, b, c, n	: Modellerin sabitleri
z	: Modeldeki parametre sayısı
k, k ₀ , k ₁	: Kurutma hızı sabitleri (min ⁻¹)
t	: Zaman (min)
M ₀	: İlk nem içeriği (g su / g kuru madde)
M _t	: Bir seferde nem içeriği t (g su / g kuru madde)
M _d	: Nihai denge nem içeriği (g su / g kuru madde)
MR	: Nem oranı (boyutsuz)
N	: Gözlem sayısı
MC	: Nem içeriği (g su / g kuru madde)
DR	: Kuruma hızı (g su / g kuru madde)
D _{eff}	: Etkili yayılma (m ² s ⁻¹)
L	: Yarım kalınlıkta numuneler (m)
R ²	: Determinasyon katsayısı
χ ²	: Azaltılmış X-kare
RMSE	: Kök ortalama kare hatası

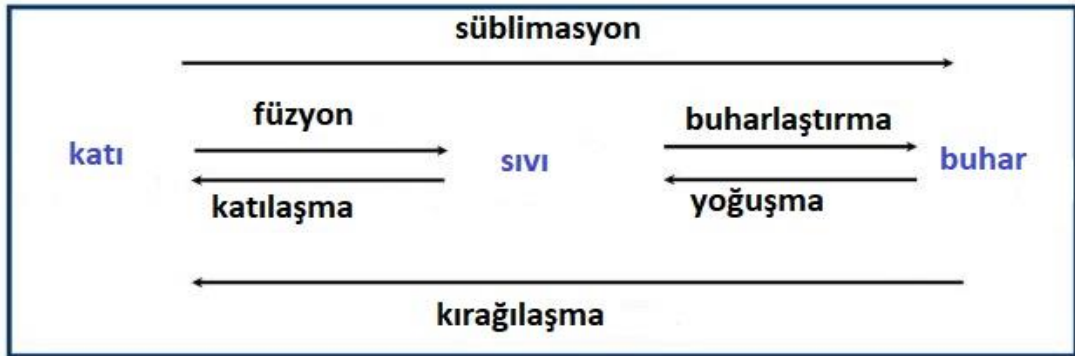
KISALTMALAR

FAO : Birleşmiş Milletler Gıda Ve Tarım Örgütü

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Dondurularak kurutma, ürünün dondurulmasını, basıncın düşürülmesini ve daha sonra süblimasyon ile buzun çıkarılmasını içeren düşük sıcaklıkta bir dehidrasyon işlemidir. Bu, ısıyı kullanarak suyu buharlaştıran en geleneksel yöntemlerle dehidratasyon ile tezat oluşturur [1]. İşlemede kullanılan düşük sıcaklık nedeniyle yüksek kaliteli bir ürün verir. Ürünün orijinal formu korunur ve rehidrate ürünün kalitesi mükemmeldir. Dondurularak kurutmanın ana uygulamaları biyolojik (örneğin bakteri ve Maya), biyomedikal (örneğin cerrahi greftler), gıda işleme (örneğin kahve) ve korumadır [2]. Dondurularak kurutma, bir maddenin oda veya yüksek sıcaklıkta dondurulması ve ardından oluşan buzun bir vakumda süblimasyonudur [3]. Fizikte süblimasyon, bir cismin katı halden gaz haline, sıvı halden geçmeden doğrudan durum değişimidir. Bu nedenle, bu dönüşüm bir erime aşamasından geçmeden (katıdan sıvıya) yapılır. Ters işlem, katı çökeltme veya yoğunlaşma veya ters süblimasyon olarak adlandırılır. Herhangi bir kararlı katı, üçlü noktasından daha düşük bir basınçta ısıtılırsa yüce olabilir. Düşük sıcaklıklarda ve vakum altında süblimasyon dehidrasyonuna (katı fazdan gaz fazına doğrudan geçiş) dayanan biyolojik madde de dahil olmak üzere maddelerin korunması için bu teknik: uçucu çözücüler çıkarılır ve sadece katılar kalır Şekil 1.1.'de farklı fiziksel durum görülmektedir [4].



Şekil 1.1. Farklı fiziksel durum [4].

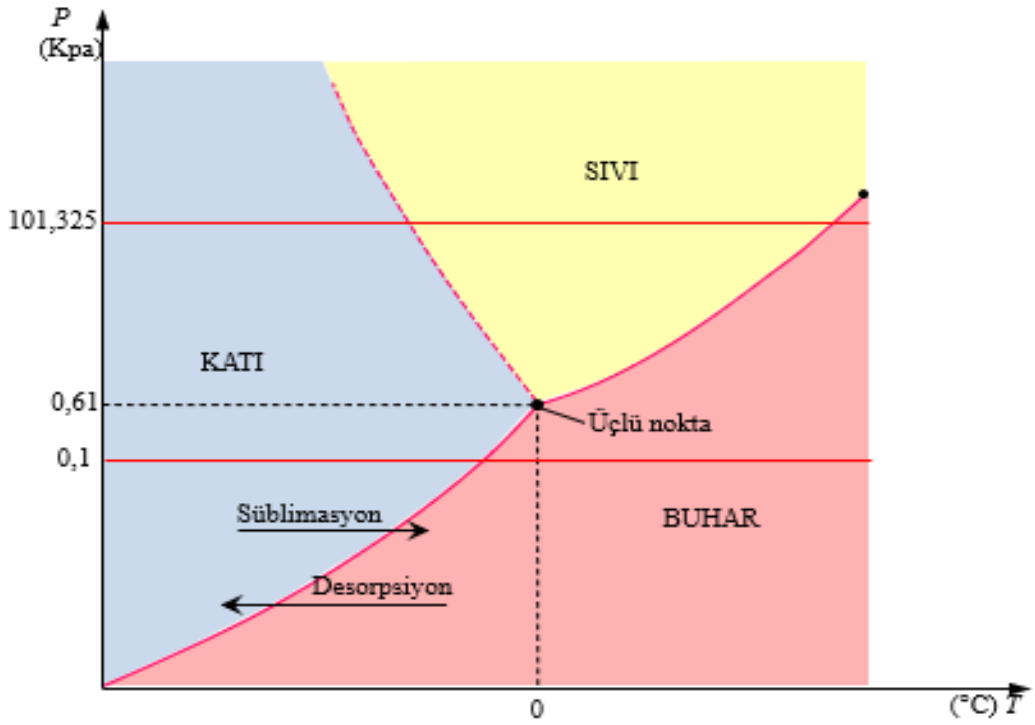
Bunun nedeni, dondurularak kurutmanın genellikle bozulabilir malzemeleri korumak, raf ömrünü uzatmak veya malzemeyi nakliye için daha uygun hale getirmek için kullanılan bir su giderme işlemi olmasıdır. Dondurarak kurutma, malzemeyi dondurarak, daha sonra basıncı azaltarak ve malzemenin donmuş suyunun süblimasyonuna izin vermek için ısı ekleyerek çalışmış [5,6].

Dondurarak kurutma, ilk ve en kritik donma aşaması olan üç aşamada gerçekleşir. Uygun dondurarak kurutma, kuruma sürelerini %30 azaltabilir.

Donma aşaması ürünü dondurmak için farklı yöntemler vardır. Dondurma bir dondurucuda, soğutulmuş bir banyoda (kabuk dondurucu) veya dondurucuda kurutucuda bir rafta yapılabilir. Malzemenin üçlü noktasının altında soğutulması, füzyondan ziyade süblimasyonun gerçekleşmesini sağlar. Bu onun fiziksel formunu korur. Dondurarak kurutmanın en önemli aşaması dondurmadır, çünkü donmuş malzemenin dokusunu tanımlar, buzun süblimasyon oranları buz kristallerinin morfolojisi ile güçlü bir şekilde ilişkilidir, malzemenin doku ve yapı parametreleri esas olarak donma aşamasında sabitlenir. Dondurma üç işlemde gerçekleştirilir, önce çekirdeklenme, ardından jel konsantrasyonunun kristalleşmesi ve daha sonra sonuncusu maksimum jel konsantrasyonudur. Birincil kurutma fazı (süblimasyon) dondurularak kurutmanın ikinci fazı, basıncın düşürüldüğü ve suyun süblimasyon yapması için malzemeye ısı eklendiği birincil kurutmadır (süblimasyon). Vakum süblimasyonu hızlandırır. Soğuk kondansatör, su buharının yapışması ve katılaşması için bir yüzey sağlar. Kondenser ayrıca vakum pompasını su buharından korur. Bu aşamada, malzemedeki suyun yaklaşık %95'i çıkarılır. Birincil kurutma yavaş bir işlem olabilir. Çok fazla ısı malzemenin yapısını değiştirebilir [7].

İkincil kurutma fazı (adsorpsiyon) dondurularak kurutmanın son aşaması, iyon olarak bağlanmış su moleküllerinin çıkarıldığı ikincil bir kurutmadır (adsorpsiyon). Sıcaklığı birincil kurutma fazınınkinden daha yüksek bir seviyeye yükselterek, malzeme ve su molekülleri arasındaki bağlar kırılır. Dondurularak kurutulmuş malzemeler gözenekli bir yapıyı korur. Dondurarak kurutma işlemi tamamlandıktan sonra, malzeme kapatılmadan önce vakum inert bir gazla kırılabilir. Çoğu malzeme %1-5 artı nemde kurutulabilir. Dondurarak kurutmanın temel prensibi süblimasyondur, bir katıdan

(buz) doğrudan bir gaza (buhar) geçiştir. Tıpkı buharlaşma gibi, süblimasyon, bir molekül etrafındaki moleküllerden kurtulmak için yeterli enerji kazandığında ortaya çıkar. Su, moleküller serbest bırakmak için yeterli enerjiye sahip olduğunda bir katıdan (buz) bir gaza (buhar) dönüşür, ancak koşullar bir sıvının oluşumuna elverişli değildir. Bir maddenin hangi fazı (katı, sıvı veya gaz) alacağını belirleyen iki ana faktör vardır: ısı ve atmosferik basınç. Bir maddenin belirli bir faz alması için, sıcaklık ve basınç belirli bir aralıkta olmalıdır. Bu koşullar olmadan, maddenin bu aşaması mevcut olamaz. Aşağıdaki grafik, suyun farklı fazlarının gerekli basınç ve sıcaklık değerlerini göstermektedir [1,7].



Şekil 1.2. Sıcaklığın bir fonksiyonu olarak basınç [7].

Meyve ve sebzeler çoğu durumda taze yenir ve besin değerleri daha sonra yüksektir. Mevsimlik meyve ve sebzeler çok kısa bir süre için kullanılabilir ve tüketilir. Bu nedenle, hasat mevsimi dışında tüketilmek üzere tutulmalıdırlar. Meyve ve sebzelerin korunması için endüstride çeşitli teknolojiler kullanılmaktadır; en önemli yöntemler konserve, dondurma ve kurutmadır [8].

Kivi, literatüre göre Kuzey orta Çin'in yerli bir meyvesidir ve Actinidia bitkisi 60 farklı türe sahiptir. Bu meyvelerin ticarileştirilmesi 20'li yılların başında başlamıştır ve "Hayward" tarımı kivi meyvesi için iyi bilinen ve ticarileştirilmiş bir yöntemdir [9]. Diyet lifi, vitamin olarak biyoaktif bileşikler (C, E ve A vitaminleri vb.) gibi beslenme içeriği açısından zengin bir içeriğe sahiptir, fenolik bileşikler ve mineraller. Kivi meyvesi turunçgillerde yaklaşık 1 kilogram C vitamini içerir. Kivi meyvesinin antioksidan özelliğine ek olarak, bağışıklık sistemini güçlendirmek için önemli bir faktör, içinde yüksek miktarda C vitamini içermesidir [10].

Ayrıca cildin yumuşamasına yardımcı olur ve kırışıklıklara karşı cildi önler. Ayrıca, kan hücrelerinin üretimini ve çoğalmasını sağlar. Yüksek miktarda lif içermesi nedeniyle sindirim sistemine yardımcı olur ve aynı zamanda güçlendirir. Özellikle kış döneminde yenirse, bağışıklık sistemini güçlendirerek insanın tüm yapısını çeşitli hastalıklara karşı korur. Bağırsakları temizleyerek, yassı solucanları ve serbest radikalleri vücuttan uzaklaştırarak ve fonksiyonel ve/veya yavaş çalışan bağırsakları aktive ederek kilo vermeyi teşvik etmek, kivi meyvesinin diğer faydaları olarak düşünülebilir [11,12].

Büyük miktarlarda üretilen tarım ürünleri hemen tüketilmediğinden, dayanıklılık süreleri çok kısadır. Bu ürünlerin taze tutulması bazı özel işlemlerin bir sonucu olarak mümkündür. Kurutma, ürünlerin tüketim anına kadar geçen süre boyunca besleyici özelliklerini kaybetmeden tarım ürünlerinin ekonomik ömrünü uzatmayı amaçlayan süreçlerin öncüsüdür. Kurutma, meyve ve sebzelerin su içeriğini azaltarak su aktivitesini azaltmak ve böylece biyokimyasal, kimyasal ve mikrobiyolojik bozulmayı en aza indirmek için ısıtılmış hava ile endüstriyel ölçekli koruma yöntemi olarak tanımlanır [13].

Kurutma, tarım ürünleri içindeki suyun %80-95'inin %10-20'ye düşürüldüğü ve uzun süre muhafaza edildiği bir işlemdir. Bununla birlikte, tat, görünüm, renk, besin değeri gibi kalite özellikleri mümkün olduğunca az değiştirilmeli ve yemek pişirmek için üzerlerine su eklendiğinde, suyu taze olduklarında sahip oldukları miktara kadar emebilmelidir. Kivi meyvesinin kurutulması genellikle sürecin kendisini önemli ölçüde etkileyen fiziksel ve kimyasal değişiklikler tarafından takip edilir. Bu

değişikliklerin en önemli sonuçlarından biri büzülmedir: şekil ve gözeneklilik değişiklikleri ve sertlik artışı ile birlikte hacim azalması. Bu fenomenleri yüzey çatlaması da takip edebilir. Bu nedenle, büzülmeden kaçınılmalıdır, çünkü bu tür fiziksel değişiklikler genel olarak geleneksel olarak taze tüketilen susuz ürünlerin son tüketicisi tarafından algılanan kaliteyi azaltmaya katkıda bulunur. Bariz istisnalar, genellikle büzülmüş olarak yenen kurutulmuş erik ve tarihler gibi gıdalarla temsil edilir. Güneş enerjisine sahip tarım ürünleri, eski zamanlardan beri Ürün depolama yöntemi olarak kullanılmıştır. Yağmur, rüzgarın neden olduğu toz, kir ve böcekler ve sinekler gibi çeşitli canlıların teması nedeniyle güneşte kurutulduğunda gıda kalitesi önemli ölçüde azalır. Kurutma işlemi tasarlanmış kapalı sistemlerde gerçekleştirildiğinde bu sorunların üstesinden gelmek mümkündür. Doğal ortamlarda kurutma işlemlerinde, uzun süre kurutma, ürünün çevresel etkilere karşı savunmasız olması ve besin değerindeki düşüş, ürünlerde kalite ve ekonomik değer kaybına neden olur. Bu nedenle, özel amaçlı yapay kurutucularla kurutma işlemi sadece kuruma süresini kısaltmakla kalmaz, aynı zamanda uzun raf ömrüne sahip daha kaliteli ve temiz bir ürün elde etmeyi de sağlar. Çok çeşitli meyve ve sebzelerin kurutulması yapay kurutucularla sağlanır; örneğin, kayısı [14], muz [15], elma [16], patates [17], soğan [18], patlıcan [19], armut [20] sadece yapay kurutucularda kurutulmuş ve kurutmak için analiz edilen sebze ve meyvelerden bazılarıdır.

Bu çalışmada, kivi kurutma için analiz edilmiş ve Türkiye'nin farklı bölgelerinde yetişen bir meyve türüdür. Kivi meyvesi %80 su, %20 kuru madde içerir ve C vitamini bakımından zengindir. Söz konusu taze meyvenin 100 gramında 100-400 mg C vitamini bulunur [21]. C vitamini içeriği, kiviye değerli ve aranan bir meyve yapan önemli bir faktördür. Meyvedeki C vitamini oranı, çevresel koşullara, gelişim ve olgunlaşma durumuna ve hatta meyvenin bitki üzerinde bulunduğu yere göre değişir. Kivi mineral içeriği değerleri (Çizelge 1.1) de gösterilmiştir [9].

Çizelge 1.1. Organik kivi meyvelerinin mineral içeriği (mg/kg) [9].

Endeksler	Kivi
P	2640 ± 111
K	17.418 ± 639
Ca	1512 ± 15
Mg	864 ± 41
Na	242 ± 12
Fe	16.1 ± 0.8
Mn	22.4 ± 1.2
Cu	1.14 ± 0.1
Zn	10.8 ± 0.3
B	6.11 ± 0.3
S	164 ± 5.7

Kivi meyvesi meyve suyu elde etmek için kullanılır ve taze tüketilir. Ayrıca, gıda endüstrisinde pasta ve tatlı yapmak için kullanılır. Kivi besin değerinin yanı sıra tıpta da kullanılır. Çin'deki analizler, meyve suyundaki bazı maddelerin kansere neden olan faktörleri önlediğini göstermiştir. Bazı tıbbi içecekler ile birlikte kullanıldığında, astım ve öksürüğe karşı nefes spreyi olarak kullanılmıştır [22-25].

Türkiye'de kivi üretimi 1994 yılında başlamıştır. Geçtiğimiz yıllarda Türkiye, kivi üretiminde ilk on ülke arasında yer aldı. Ülke genelinde 21 ilde yılda ortalama 40 bin ton kivi üretilmektedir. Yalova, Türkiye'de kivi üretiminde ilk sırada yer almaktadır. Ordu ve Rize de yıllar içinde değişen ürün hacimleri ile ilk üç arasında yer almaktadır [26]. Son yıllarda Karadeniz bölgesindeki kivi üretimi önemli ölçüde artmıştır [27]. Öte yandan, kivi meyvesi daha az raf ömrüne sahiptir, çünkü yapısı zamanla hızla bozulur. Kurutma işlemi, gıdaları depolamak ve gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatmak için uygun bir gıda koruma yöntemi haline gelmiştir. Birçok meyvenin raf ömrünü uzatmak için çeşitli şekillerde korunması gerekir [28].

Yıllar geçtikçe, kurutma süreçleri, müşterilerin kimyasallarla korunan gıda ürünlerine karşı artan direnci ve iyi rehidrasyon özelliklerine sahip yüksek kaliteli kurutulmuş gıda ürünlerinin artan popülaritesi nedeniyle insanların dikkatini çekmiştir [29]. Teknolojik gelişmeden, rehidrasyon süreci endüstriyel gıda işlemenin son aşamasıdır ve nihai ürünün kalitesini kademeli olarak belirler. Gıda endüstrisinde yaygın kurutma

yöntemi, sıcak hava kurutma işlemi olmuştur. Ancak sıcak hava kurutma işleminin bir dezavantajı vardır. Çalışmalara göre, taze gıda ürünleri sıcak hava kurutma işleminde uzun süre yüksek kurutma sıcaklıklarına maruz kaldığında, taze ürünün fiziko-kimyasal özellikleri önemli ölçüde değişti [30,31]. Kivi ürününün özelliklerinin çoğunun, özellikle de C vitamini seviyesinin miktarının, kurutma koşullarından etkilenebileceği düşünülebilir [32,33]. Bu amaçla, kivi meyvesinin kurutma işlemi üzerine ulusal ve uluslararası literatürde birçok çalışma yapılmıştır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Literatürde, nem, hava sıcaklığı ve akış hızı gibi tarımsal ürünlerin kurutulmasında parametrelerin etkilerini inceleyen bazı çalışmalar bulunmaktadır.

Singh ve Pandey [34] kurutma koşullarının bir kurutma kabinde tatlı patatesin kurutma davranışı üzerindeki etkilerini incelediler. Bir kurutucuda, 5, 8 ve 12 mm kalınlığındaki tatlı patateslerin kurutma davranışı, çeşitli hava sıcaklıkları (50-90 °C) ve hava hızı (1,5–5,5 m/s) için araştırılmıştır.

Brasiello ve ark. [19], büzülme etkilerini dikkate alan matematiksel bir model kullanarak 50, 60 ve 70 °C'de dehidrasyon sırasında patlıcan silindirik örneklerinin içindeki su içeriği profillerinin evrimini analiz etti.

Guine ve Fernandes [35], 70, 80 ve 90 °C'de izotermal koşullar altında üç farklı kestane türünün kurutma davranışlarını gerçekleştirdi.

Karim ve Hawlader [36], ürünün kurutma özelliklerini inceleyerek muzun kurutulması için farklı bir matematiksel simülasyon geliştirdi.

Maskan [37], ürünün sıcak hava ve mikrodalga ile kurutulması sırasında kivi renginin değişimini inceledi.

Proietti ve ark. [20], süreci optimize etmek amacıyla taşınabilir nükleer Manyetik Rezonans (NMR) ile 45, 50 ve 55 °C'de gerçekleştirilen işlem sırasında armut su taşıma mekanizması ve büzülme değerlendirildi.

Velic ve ark. [38] hava hızının konvektif bir kurutucuda elmanın kurutulması üzerindeki etkisini araştırdı.

Orikasa ve ark. [39] 10 mm kalınlığında kivi dilimlerinin kurutma özelliklerini ve 40 °C ila 70 °C arasında değişen dört farklı sıcaklık seviyesi kullanılarak sıcak hava kurutma işlemi ile L-askorbik asit değişikliklerini incelediler. Deneylerde, kurutma Hızı ile kivi yüzeyinin sertleşmesi arasındaki ilişkiyi gözlemlədiler. İlk kuruma periyodu için üstel modeli ve ikinci kuruma periyodu için difüzyon denklemlerini deneysel sonuçlar kullanarak gerçekleştirdiler. Her iki model için ampirik nem içeriğinde değişiklikler kabul edildi. Difüzyon katsayıları 3.79×10^{-12} m²/s ve 7.53×10^{-12} m²/s olarak belirlendi. kivi meyvesinin difüzyon katsayısını sıcaklık ile ilişkilendirmek için bir Arrhenius tipi denklem kullandılar ve kivi meyvesinin sıcak hava kurutma işlemi için aktivasyon enerjisini incelediler. Ayrıca, kivi meyvesinin kurutma oranının, numune yüzeyinin sertleşmesini önleyerek artabileceğini öngördüler. Sıcak hava kurutma işlemi boyunca kivi meyvesinin beslenme değişikliklerini araştırmak için kurutma işlemi sırasında L-askorbik asit içeriğinin ayrışmasındaki değişikliklere birinci dereceden bir oran denklemi gerçekleştirdiler. Böylece, aktivasyon enerjisinin kivinın sıcak hava kurutma işlemi sırasında ayrışma için yaklaşık 38.6 kJ / mol olduğunu belirlediler.

Mohammadi ve ark. [40] bir ısı pompası kullanarak kivi kurutma işleminde kütle transferi ve enerji parametreleri araştırıldı. Kurutma işleminde eşzamanlı kütle ve ısı transferleri, kütle transferi ve nemin ortadan kaldırılması açısından karmaşık bir süreç süresi haline geldi. Kivi dilimleri, hem harici ısı pompası hem de hava sirkülasyon sistemli sıcak hava kurutucu ve Dincer-Dost ve krank modelleri olarak iki farklı model kullanılarak kütle transferi ve aktivasyon enerjisini belirlemek için 45 °C, 55 °C ve 65 °C olmak üzere üç farklı sıcaklık seviyesinde kurutuldu. Isı pompasının sürekli çalışma süresi altında, 45 °C hava sıcaklığı ve %0 hava hızı 65 °C hava sıcaklığı ve %100 hava hızı ile karşılaştırıldığında, kurutma hızı ve difüzyon katsayılarının sırasıyla 1.113×10^{-4} s⁻¹'den 2.357×10^{-4} s⁻¹ ve 1.94×10^{-9} 'dan 7.12×10^{-9} m²/s'ye yükseldiğini gözlemlədiler. Öte yandan, ısı pompasının çalışma dışı süresi altında, sirkülasyonun artması (%0'dan %100'e) ve yükselen sıcaklık seviyesi (45 °C'den 65 °C'ye) nedeniyle yükselenlerin hem kurutma oranının hem de difüzyon katsayılarının

azaldığını elde ettiler. Aktivasyon enerjisindeki dalgalanmaların, kütle transfer katsayısının, özgül enerji tüketiminin, kurutma verimliliğinin ve özgül nem eliminasyon oranının, ısı pompasının 65 °C sıcaklıkta ve %100 sirkülasyonda kapatıp açıldığında meydana geldiğini belirlediler.

Femenia ve ark. [41] hava kurutma sıcaklığının, çeşitli olgunlaşma döneminde olan üç set taze kivi meyvesinin hücre duvarı bileşikleri üzerindeki etkilerini araştırdı. Hücre duvarındaki polisakkaritlerin fiziko-kimyasal özellikleri üzerinde yapılan değişikliklerin, sadece kullanılan hava kurutma sıcaklıklarına (30 °C ila 90 °C arasında değişen) değil, aynı zamanda işlenmiş kivi meyvesinin olgunlaşma döneminin ilk aşamasına da önemli ölçüde bağlı olduğunu gözlemlediler. Bu nedenle, taze meyveler susuz ve olgunlaşmamış kivi meyvelerine kıyasla, genel hücre duvarı bileşiklerinin çok daha iyi korunmasını gösterdikleri ve olgun kivi meyvelerinin hücre duvarı bozulmasına ve sıcaklığına daha duyarlı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, ısıtma pektinlerin metil-esterifikasyon (DME) derecesinde önemli değişiklikler gösterdi. Genel olarak, DME'NİN artmasının, işlenmiş numunelerin olgunlaşma seviyesinin yükselmesine ve ısıtma işlemi ile bozulmaya karşı daha yüksek direnç sergisine neden olduğu tahmin edilmiştir. Sonuç olarak, hem hücre duvarının nihai kalitesini belirlemek hem de işlenmiş kivi örneklerinden elde edilen diyet lifi (DF) özelliklerini dikkate almak için olgunlaşma döneminin önemini gösterdiler.

Özdemir ve ark. [26] 0,5 m/s sabit hava hızı ile 40 °C, 45 °C, 50 °C ve 55 °C gibi çeşitli kurutma sıcaklıklarında ısı geri kazanımlı Kızılötesi kurutma sistemi kullanarak kivi kurutma işlemine odaklanmıştır. Ayrıca, Yapay Sinir Ağları (YSA) gerçekleştirerek sistemin enerji tüketimini ve ürünün kurutma kinetiğini araştırdılar. Enerji verimliliğinin %2.85 ile %32.17 arasında değiştiğini elde ettiler. Sistemin enerji tüketimini hesaplamak ve kivi ürününün nem oranını tahmin etmek için ANN modelini gerçekleştirdiler. Kök ortalama Kare hatası (RMSE), belirleme katsayısı (R^2) ve ortalama mutlak yüzde hatası (MAPE) sırasıyla 0.99, 0.001 ve 0.34 olduğunu hesapladılar. Ayrıca, tahmin edilen sonuçların deneysel sonuçlarla iyi bir uyum içinde olduğunu gösterdiler.

Zhou et al. [42] kombine radyo frekansı-vakum ve sıcak hava sistemi kullanılarak kivi meyvelerinin kurutma işlemi üzerinde çalışılmıştır. Kurutma sisteminin homojen kurutma, enerji verimliliği ve ürün kalitesi üzerindeki etkisini araştırdılar. Enerji verimliliğini ve ürün kalitesini artırmak ve kuruma süresini azaltmak için kombine bir kurutma sisteminde tek bir numune kurutma işlemi ve çeşitli kombinasyonlar kurutma işlemi olarak iki kurutma yöntemi gerçekleştirilmiştir. Deneyleerde, 6 mm kalınlığında kivi dilimleri üç katmanlı bir kurutma işlemi ile kurutuldu. Daha önceki çalışmalara dayanarak, RFVK uygulamaları için elektrot boşluğu ve vakum sırasıyla 95 mm ve 20.1 kPa olarak seçilmiştir. Sonuç olarak, toplam kuruma sürelerinin RFVK yöntemi için yaklaşık 480 dakika, RFVK + SHK yöntemi için 600 dakika, shk yöntemi için 900 dakika olduğu görülmüştür. Burada, en kısa kuruma süresinin RFVK yöntemi kullanılarak elde edildiği belirlenmiştir. Ayrıca, shk yönteminin kuruma süresinin neredeyse iki katı olduğu ve RFVK+SHK yönteminin RFVK yönteminden yaklaşık %20 daha yüksek olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte, hem RFVK hem de SHK yöntemlerinde düzensiz kurutma modelleri gözlenmiştir. Öte yandan, RFVK + SHK yöntemi hem meyve dilimlerinde hem de birbirleri arasında daha homojen bir nem dağılımı sergilemiştir.

Simal ve ark. [43] kivi meyvesinin kurutma kinetiğini araştırmak için üç farklı matematiksel modelin kullanılabilirliğini değerlendirdi. Bunlar Üstel, sayfa ve difüzyon modelleriydi. Kivi meyvesinin kurutma karakteristiğini, 4.65-0.15 kg su/kg kuru madde aralığında sıcak hava kullanarak 30 °C -90 °C sıcaklık aralığında ortalama nem içeriği açısından araştırdılar. Kurutma kinetiğinin sadece aşağı doğru bir oran periyodu sergilediği görülmüştür. Ayrıca, numunelerin kuruma süresinin sıcak hava yoluyla azaldığı ve bu fenomenin kurutma eğrilerini etkilediği bulunmuştur. Sayfa modelinin kivi kurutma eğrileri için uygun simülasyon sonuçlarını sağladığını sundular. Öte yandan, Üstel model beklenenden daha düşük tatmin edici olmayan sonuçlar verdi. Ayrıca, tek difüzyon modelinin, farklı sıcaklık ve numune geometri koşulları altında model parametrelerinin adımını tanımlamada yeterli simülasyona sahip olduğu belirtilmiştir.

Maske an [44], sıcak hava, mikrodalga ve kombine sıcak hava-mikrodalga yöntemleri kullanılarak 5 mm kalınlığında kivi dilimlerinin kurutma özellikleri üzerinde

çalışılmıştır. Çalışmada, kurutma rejimlerinin kurutma oranları, büzülme ve rehidrasyon kapasiteleri ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. Mikrodalga enerjisi ile kurutmanın veya mikrodalga ile birlikte sıcak hava kurutma işleminin kurutma oranlarının artmasına ve kuruma süresinin önemli ölçüde azalmasına neden olduğu gözlenmiştir. Buna ek olarak, mikrodalga kurutma işleminin kivi için sıcak hava kurutma işleminden daha fazla büzülme seviyesine yol açtığı tespit edilmiştir. Kombine sıcak hava-mikrodalga yöntemi sırasında büzülme seviyesinin diğer kurutma işlemlerinden daha düşük olduğu sunulmuştur. Sonuç olarak, mikro dalga kurutma işlemi kullanılarak kurutulmuş kivi dilimlerinin, diğer kurutma işlemleriyle karşılaştırıldığında daha düşük rehidrasyon kapasitesine ve hızlı bir su emme oranına sahip olduğu belirtilmiştir.

Variyenli [45], emici kaplı kurutma fırınları ile düz yüzey ve hapsedici yüzey tasarladı ve üretti ve bunların performanslarını deneysel olarak karşılaştırdı. Deneysel olarak, 100 g ağırlığında 4 mm ve 6 mm kalınlığında kivi dilimleri kurutuldu. Deneysel olarak, 2.5 m/s, 3.0 m/s ve 3.5 m/s gibi farklı hava hızları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçlarında, kurutma odasındaki ortalama sıcaklığın düzlem yüzey kurutma fırını için yaklaşık 41.6 °C iken, hapsedilen yüzey kurutma fırını için yaklaşık 44.1 °C olduğu belirlenmiştir. Deneysel sonuçlarında, hapsedilen yüzey kurutma fırınının, düz yüzey kurutma fırınına kıyasla ortalama 30 dakikadan daha kısa bir sürede kurutma işlemini gerçekleştirdiği sonucuna varılmıştır.

Kaya ve al. [46] kivi meyvelerinin kurutma işlemi sırasında ısı ve kütle transferinin analizini araştırdı. Çeşitli kurutma koşullarının kivi meyvelerinin kuruma hızı üzerindeki etkilerini hava hızı, sıcaklık ve bağıl nem açısından incelediler. CFD yazılımını kullanarak sayısal dış akış ve sıcaklık simülasyonu gerçekleştirdiler. Yüzey konveksiyonlu ısı transfer katsayılarının ve kütle transfer katsayısının lokal dağılımını, meyveler için termal ve konsantrasyon sınır katmanları arasındaki benzerlik yaklaşımı ile araştırdılar. Ayrıca, farklı koşullar için zamana bağlı sıcaklık ve nem dağılımları, meyvelerde ısı ve kütle transfer özelliklerini araştırmak için geliştirilen gelişmiş kod ile elde edilebilir. Hesaplanan sonuçları deneysel sonuçlarla karşılaştırdılar ve hesaplanan sonuçların deneysel sonuçlarla iyi bir uyum içinde olduğu vurgulandı.

Yukarıdaki bulgular ışığında, kurutma işlemleri üzerinde çeşitli çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmada, çeşitli kalınlıklarda dilimlenmiş kivi meyvesi dondurularak kurutma işlemi ile kurutuldu ve kurutma işlemi sırasında ağırlık kayıpları hesaplanarak uygun kinetik kurutma modeli belirlendi ve kurutma özellikleri incelenmiştir.

BÖLÜM 3

KİVİ HAKKINDA BİLGİLER

Kivi hala nispeten küçük bir üründür ve dünyadaki yıllık meyve üretiminin belki de % 0.2'sini oluşturur. Ticari kivi, yakından ilişkili iki *Actinidia chinensis* ve *A. deliciosa* türünün büyük meyveli seçimleridir.

Kivi, yıllar önce Çin'in Yangtze ovasında doğal olarak yetişmekte olduğu için bölgede bulunan yabancılar tarafından keşfedilmiştir. Yeni Zelanda'nın kuzey kesimlerinde ve California'da üreticiliği yapılmaktaydı. Daha sonra Akdeniz Ülkeleri, Avustralya, Güney Afrika Cumhuriyeti, Şili, ABD, Japonya gibi adı geçen ülkelerde kivi üretilmeye başlanmıştır.

3.1. DÜNYA KİVİ EKİM ALANLARI, ÜRETİM MİKTARLARI

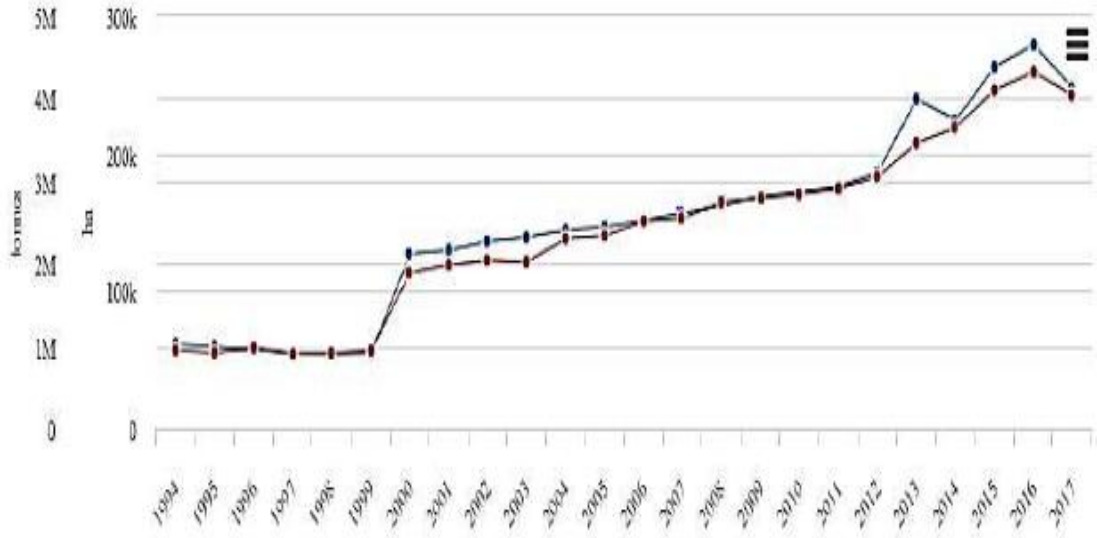
Dünyadaki kivi üretiminde, Çin, İtalya ve Yeni Zelanda önde gelen ülkeler arasındadır. Türkiye'de kivi yetiştiriciliği artarak devam etmektedir. FAO verilerine bakıldığında Türkiye kivi üretiminde 8. Sırada bulunmaktadır FAO'nun 2017 yılı verilerine göre dünyada kivi üretimi 247 793 hektar alanda 4 038 ton olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 3.1. Dünya kivi üretimi (ton) ve alan (Ha) [47].

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Dünya Kivi Üretimi (Ton)	2 728 776	2 819 277	2 914 205	3 275 095	3 447 604	4 101 274	4 323 338	4 038 872
Dünya Kivi Ekim Alanı (Ha)	172 763	175 129	183 136	214 303	219 134	226 977	279 104	247 793

Dünya kivi meyve üretimi birkaç ülkenin elinde yoğunlaşmıştır. Üreten ilk beş üretici ülke %85'lik paya sahiptir. Dünya kivi meyve endüstrisi, artan nüfus, tüketici tercihlerinin değişmesi ve insanlar arasındaki sağlık bilincinin artması nedeniyle yıllar içinde güçlü bir büyüme göstermektedir.

Şekil 3.1. Dünya kivi üretim alanı (ha) ve miktarı (ton) [47].



Ülkelere göre kivi satışları 2017 yılında 2,7 milyar amerikan doları olarak gerçekleştirilmiştir. Genel olarak kivi ihracatının değeri, 2013 yılında 2,1 milyar dolar olup, ihracatçı ülkeler ortalama %31,8 oranında artmıştır. Küresel kivi ihracatının değeri 2016'dan 2017'ye kadar %8,1 oranında değer kazanmıştır. İlk sırada avrupa ihracatçıları, kıtalar arasında, 2017 yılında 1,19 milyar dolar değerinde ve küresel kivi ihracatının %43,9'unu gerçekleştirmiştir. İkinci sırada ise %43,7 ile okyanusya ülkeleri (özellikle yeni zelanda) yer almaktadır. Latin amerika'daki meksika hariç, karayipler (%7), asya (%4,1), kuzey amerika (%1,2), ardından afrika (%0,1) dahil olmak üzere daha küçük oranlarda kivi ihracatçılarıdır.

Çizelge 3.2. Ülkeler bazında kivi üretim miktarları 2017 [47].

ÜLKELER	ÜRETİM (TON)
Çin	2 024 603
İtalya	541 150
Yeni Zelanda	411 783
İran İslam Cumhuriyeti	311 307
Yunanistan	274 600
Şili	224 916
Fransa	65 632
Türkiye	56 164
Portekiz	35 411
Amerika Birleşik Devletleri	30 480
Japonya	24 456
İspanya	21 463
Kore Cumhuriyeti	7 991
İsrail	4 000
Avustralya	2 852
Karadağ	500
Kırgızistan	432
İsviçre	401
Slovenya	400
Bulgaristan	175
Kıbrıs	103
Tunus	34
Kanada	18

Çin kivi meyvesinin en büyük üreticisi konumundadır. Toplam 2.4 milyon ton'luk üretim ile dünyadaki toplam kivi üretiminin %50'sinden fazlasını Çin gerçekleştirmektedir. Kivi güneybatı dağlık bölgelerde ve Çin'deki Shaanxi ve Sichuan illerinde yetiştirilmektedir. Kivi Çin'e özgü olduğundan, diğer uluslara göre daha çok kivi çeşidi üretilmektedir. Kivi üretim alanları sıralaması, Çin, Japonya, Rusya, Kore ve Fransa şeklindedir.

Çizelge 3.3. Ülkeler bazında kivi üretim alanları 2017 [47].

ÜLKELER	ÜRETİM ALANI (TON)
Çin	165 728
İtalya	26 403
Yeni Zelanda	11 705
İran İslam Cumhuriyeti	10 771
Yunanistan	9 200
Şili	8 720
Fransa	3 798
Türkiye	2 744
Portekiz	2 650
Amerika Birleşik Devletleri	1 826
Japonya	1 780
İspanya	1 485
Kore Cumhuriyeti	492
İsrail	177
Avustralya	173
Karadağ	42
Kırgızistan	25
İsviçre	21
Slovenya	20
Bulgaristan	19
Kıbrıs	6
Tunus	6
Kanada	3

Coğrafi olarak, küresel kivi meyve pazarı için Amerika kıtasının kuzey, güney bölgeleri ile Avrupa, Asya kıtasının okyanus kıyıları ayrılmış olup, Asya ülkeleri kivi yetiştiriciliğinde ilk sıralardadır. Tüm bölgeler arasında, Asya Pasifik, tüketim açısından pazardaki en büyük paya sahiptir.

Çizelge 3.4. Kıtalar bazında kivi üretim miktarı 2017 [47].

KİTALAR	YILLAR	ÜRETİM (TON)
Asya	2017	2 429 057
Avrupa		939 732
Okyanusya		414 635
Amerika		255 414
Afrika		34
Asya	2016	2 810 226
Avrupa		849 182
Okyanusya		413 383
Amerika		250 514
Afrika		34
Asya	2015	2 562 406
Avrupa		866 078
Okyanusya		411 610
Amerika		261 147
Afrika		33

Üretim miktarında olduğu gibi üretim alanları yönünden de Asya kıtası birinci durumdadır. 2017 yılı FAO verileri baz alınarak üretim alanları verilmiştir.

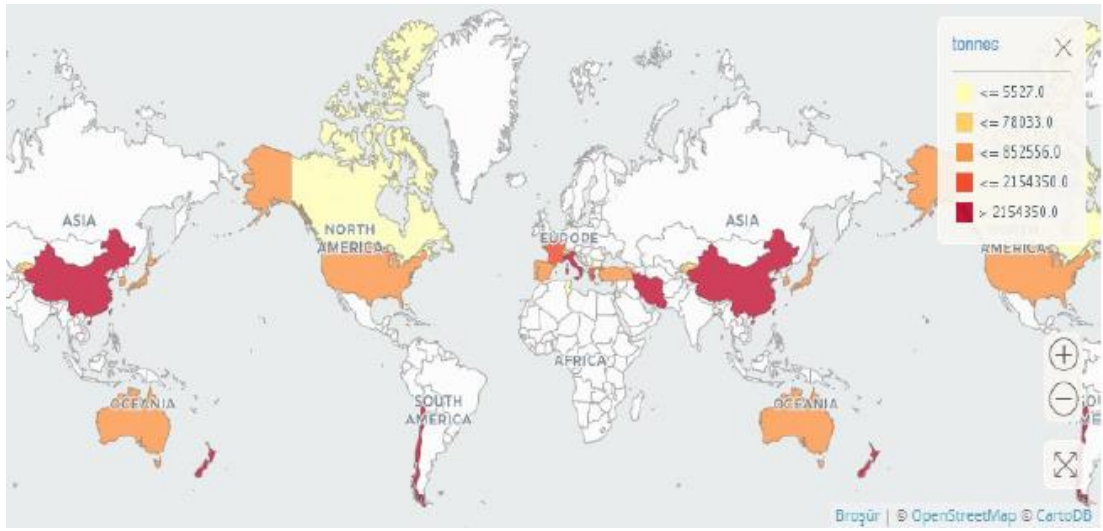
Çizelge 3.5. Kıtalar bazında kivi üretim alanları 2017 [47].

KİTALAR	YILLAR	ÜRETİM ALAN (HA)
Asya	2017	181 786
Avrupa		43 621
Okyanusya		11 878
Amerika		10 503
Afrika		6
Asya	2016	213 045
Avrupa		43 615
Okyanusya		12 069
Amerika		10 369
Afrika		6
Asya	2015	196 895
Avrupa		42 540
Okyanusya		12 235
Amerika		11 300
Afrika		6

Kivi meyvesi üretimi, özellikle 2009 yılından itibaren, üretiminin ve depolanmasının sıkıntı yaratmaması, isteğin yoğun bir şekilde olması gibi nedenlerle artmıştır. Üretim devletler arasında rekabet yaratmıştır. Yakın zaman içerisinde kivi ile ilgili ilk olarak

ticari işletme Yeni Zelanda da oluşturulmuştur. Yeni Zelanda yoğun kivi üretimi ile İtalya' dan sonra gelmektedir. Yeni üretim alanları ile birçok ülke üretim rekabetine katılmışlardır.

Yeryüzünde kivi üretimi 2009 yılından itibaren yukarı doğru ivme kazanmış ve artış göstermiştir. Yeryüzünde en çok kivi üretimi yapan devletler, İtalya, Fransa, Yunanistan, İran, Türkiye, İspanya'dır. Bu devletlerin dört tanesi Avrupa Birliği üyesidir [47].



Şekil 3.2. Dünyada kivi üretenlerin harita üzerindeki yeri [47].

3.2. KİVİ SAĞLIK DEĞERİ

Tek bir kivi etkileyici miktarda lif içerir. İçerdiği antioksidanlar sayesinde düzenli olarak tüketilmesi kalp damar hastalıkları ve bazı kanserlerin başlamasını önleyecektir [48].



Şekil 3.3. Kivi [48].

Kanser. Tüm canlıların genetik bilgisinin taşıyıcısı olan DNA'nın oksidatif hasarı, bazı kanserlerin ortaya çıkmasının olası nedenlerinden biridir. Bir çalışmada, araştırmacılar 3 hafta boyunca günde 1 kivi yiyen deneklerde DNA oksidasyonunda bir azalma ve kanın antioksidan kapasitesinde bir artış gözlemlenildi. Araştırmacılar ayrıca 500 ml (2 bardak) kivi suyu tüketen kişilerin hücrelerindeki DNA'nın oksidasyona ve dolayısıyla ortaya çıkabilecek hasara daha dirençli olduğunu gözlemlenildi³. Bu çalışma, kivi özünün DNA'daki oksidatif hasara karşı korumada C vitamininden (antioksidan gücüyle bilinir) daha etkili olduğunu gösterdi. Bu, kivi meyvesinin antioksidan gücünün yalnızca C vitamini içeriğine atfedilemediğini göstermektedir. Kardiyovasküler hastalıklar, İnsanlarda yapılan bir araştırma, kivin kardiyoprotektif potansiyelini göstermiştir. Araştırmacılar, yaklaşık 1 ay boyunca günde 2 veya 3 kivi tüketiminin, trombosit agregasyonunda bir azalmaya ve ayrıca kardiyovasküler hastalıkla ilişkili 2 risk faktörü olan kan trigliseritlerinde bir azalmaya yol açtığını gözlemlenildi. Hiperlipidemik bireylerde düzenli kivi tüketimi, lipit profilini (iyi ve kötü kolesterol oranı) iyileştirmeye ve C ve E9 vitaminlerinin kandaki düzeylerini artırmaya yardımcı olabilir. Kabızlık, Kivi, diğer şeylerin yanı sıra diyet lifi içeriği sayesinde kabızlık bozukluğu olan hastalarda etkili olabilir¹⁰. İyileştirme, Sıçanlarda yapılan bir araştırma, kivi meyvesinin geleneksel bir antimikrobiyal krem uygulamaktan daha iyi yara iyileşmesini desteklediğini göstermiştir. Kivi, anjiyogenezi modüle etme kapasitesi ve antibakteriyel özellikleri sayesinde, düşük bir maliyetle kronik ülserlerin tedavisinde de etkili olabilir¹¹. Belirli hastalıkların önlenmesinde veya tedavisinde bu meyvenin tüketimini önermeden önce kivi meyvesine atfedilebilecek çeşitli sağlık yararlarını doğrulamak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulacaktır. Bununla birlikte, birçok ileriye dönük ve

epidemiyolojik çalışma, yüksek miktarda meyve ve sebze tüketiminin, kardiyovasküler hastalık, belirli kanserler ve kronik hastalık riskini azaltarak sağlığın korunmasına katkıda bulunduğunu desteklemektedir.

Antioksidanlar Kivi, fenolik asitler, flavanlar (epikateşin, kateşin), prosiyanidinler ve flavonoller (quercetin, kaempferol) dahil olmak üzere birçok fenolik bileşik içerir 1. Bitkilerde bulunan bu bileşikler antioksidan özelliklere sahiptir. Vücuttaki serbest radikalleri nötralize ederek belirli kanserler, kardiyovasküler hastalıklar ve çeşitli kronik hastalıklar dahil olmak üzere çeşitli hastalıkların başlangıcını önlemeye yardımcı olabilirler. Kivi ne içerir.

Lifler iki kivi 5 gramdan fazla lif veya günlük önerilen porsiyonun yaklaşık% 15'ini sağlar. Lif bakımından zengin bir diyetin kabızlığı önlemenin yanı sıra kardiyovasküler hastalıkları önlemeye, tip 2 diyabet ve iştahı kontrol etmeye yardımcı olabileceği bilinmektedir [48].

Kivi, tanım gereği bir meyvedir: Yenilebilir bir ette bulunan çok sayıda tohum içerir. Kivinin Latince adı Actinidia'dır ve esas olarak iki Actinidia türü vardır: Actinidia chinensis ve Actinidia deliciosa. Kivi sadece yenmesi hoş bir meyve değil, aynı zamanda son derece zengin bir çeşitli vitamin kaynağıdır. Kivi, portakaldan% 50 daha fazla içerdiği için özellikle C vitamini açısından çok zengindir. Kivi ayrıca K ve E vitaminlerini de içerir. Ayrıca önemli bir potasyum ve folat kaynağıdır. Aynı zamanda güçlü bir müshil içerir. Kivi meyvesinin besin kalitesi, bazı besin maddelerinin uzun süre saklanması dahi bozulmaz. Bununla birlikte, alerjik bir yanıtın riskleri küçümsenmemelidir [49].

Çizelge 3.6. Kivinin ortalama bileşimi (100 g'da) [49].

Bileşenler	(G)
Karbonhidratlar	10.0
Protides	1.10
Lipidler	0.60
Su	83.0
Diyet Lifi.	2.50
Mineraller	(Mg)
Fosfor	37.00
Kalsiyum	27.00
Magnezyum	17.00
Sodyum	4.000
Demir	0.400
Bakır	0.140
Çinko	0.120
Manganez	0.100
Vitaminler	(Mg)
C Vitamini (Askorbik Asit)	80.00
Provitamin A (Karoten)	0.050
B1 Vitamini (Tiamin)	0.010
B2 Vitamini (Riboflavin)	0.040
B3 Vitamini Veya PP (Nikotinamid)	0.400
B5 Vitamini (Panothenic Ac.)	0.230
B6 Vitamini (Piridoksin)	0.130
B9 Vitamini (Folik Asit)	0.037
E Vitamini (Tokoferoller)	3.000
Enerji Alımı	
Kkalori	47

BÖLÜM 4

KURUTMA ÇEŞİTLERİ VE DONDURARAK KURUTMA

4.1. KURUTMA YÖNTEMLERİ

Kurutma, bir katı, yarı-katı veya sıvının içindeki su yada başka bir çözücünün çıkarılmasından oluşan bir kütle transfer işlemidir. Bu işlem genellikle satım öncesi veya paketlenme öncesi, son işlem olarak kullanılır. Bir ürünü kuru olarak adlandırabilmek için, son ürün katı olmalı ve, sürekli bir tabaka halinde (örneğin: kağıt), uzun parçalar halinde (örneğin: odun), partikül halinde (örneğin: tahıl taneleri ve mısır gevreği) yada toz halinde (örneğin: kum, tuz ve süt tozu) olmalıdır. Genelde işlemden önce bir ısı kaynağı ve işlem sırasında çıkan buharı uzaklaştırma için kullanılan bir aracı ekipman kullanılır. Gıda, tahıl, aşı gibi biyolojik ürünlerin kurutulmasında, üründen alınan çözücü genellikle sudur. Kurutma yöntemleri, genel başlık olarak doğal ve yapay kurutma yöntemleri adıyla iki grupta toplanır.

4.1.1. Doğal Kurutma Yöntemleri

Doğal kurutma yöntemleri, en eski kurutma yöntemleridir. Bu kurutma yöntemlerinde ürün, dışarıdan zorlama olmadan doğal çevre şartları kullanılarak kurutulur. En genel ve yaygın olarak kullanılan güneşte kurutma yöntemi doğal bir yöntem olup, ancak beraberinde kontaminasyon başta olmak üzere birçok problem getirmektedir (Şekil 4.1.). Her yerde ve her zaman güneş ısısından faydalanarak kurutma mümkün olmaması, ürünün böcek vb. dış etkiye maruz kalması, kurutmaya birlikte hafif bir fermantasyon meydana gelebilme riski yapay kurutma sistemlerinin zamanla güneşte kurutmaya tercih edilme nedenleri arasında yer almaktadır [50]. Oldukça uzun zaman alan bir metot olması, daha hızlı, hijyenik ve homojen özellik taşıyan endüstriyel boyutlu, farklı kurutma metotlarının gelişimini teşvik etmiştir. Bitki içeriğinde bulunan etken maddelerin zarar görmesi ve bitki bünyesindeki uçucu yağın bitkiden

uzaklaşmasını engellemek amacıyla sıcaklık uygulayarak kurutma yönteminden kaçınılır. Bu nedenle de gölgede kurutulması tercih edilir. Bu kurutma yöntemi bitkinin hava akımı olan fakat güneş almayan bir yerde kurutulması yöntemidir.



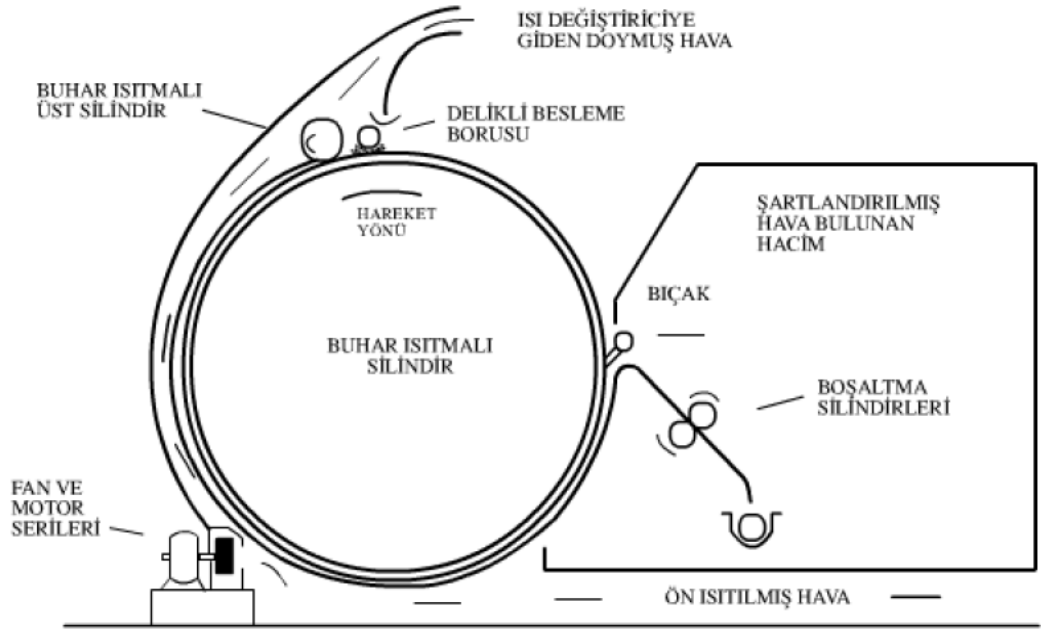
Şekil 4.1. Kivi güneşte kurutma [50].

4.1.2. Yapay Kurutma Yöntemleri

Yüksek kurutma süreleri, kurutma sırasında oluşan istenmeyen etkiler (radyasyon, etken madde kaybı, vitamin kaybı vb.), doğal kurutma yöntemlerinin dezavantajlarıdır. Bu dezavantajları ortadan kaldırmak veya azaltmak için yapay

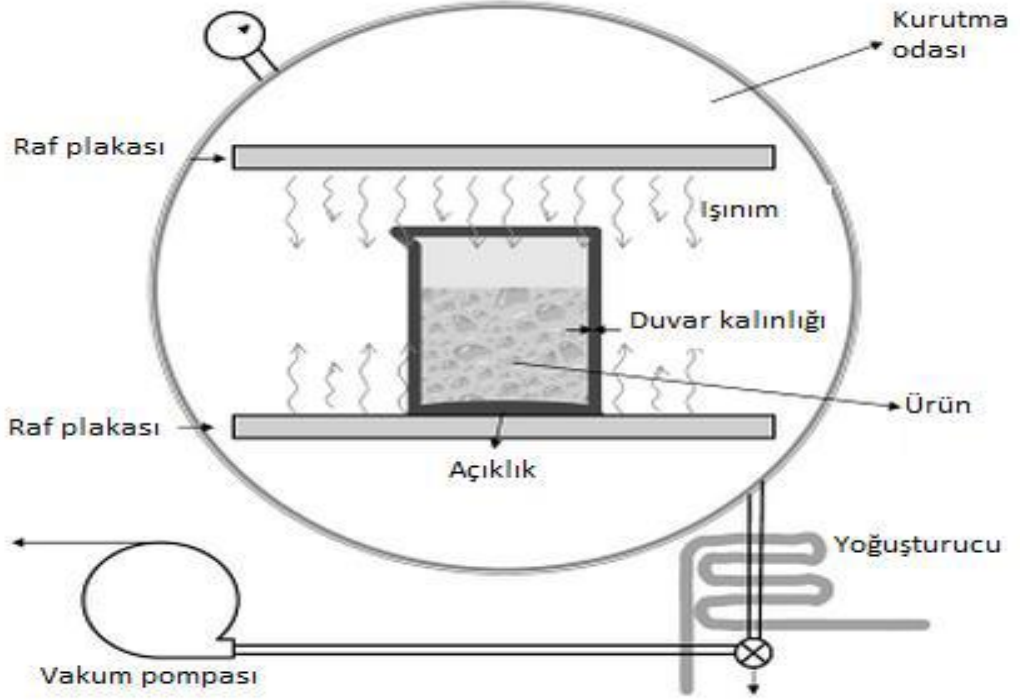
kurutma yöntemleri kullanılmaktadır. Aşağıda bazı yapay kurutma yöntemleri açıklanmıştır.

İletimle Kurutma yönteminde kurutulacak ürünün, ısıtılan yüzeyle doğrudan teması söz konusudur. Doğrudan temas sırasında iletimle olan ısı transferinin etkisiyle ürün kurutulur (Şekil 4.2.). Kurutma silindirleri veya topları, düz yüzeyler, açık kazanlar ve daldırma ısıtıcılar iletimle kurutmaya örnek verilebilir.



Şekil 4.2. İletimle kurutma sistemi [52].

Vakumda kurutma, malzemenin düşük basınç altında kurutma için gerekli ısının azalması gerçeğine dayanan kurutma işlemidir. Bu işler için kullanılan cihazlar vakumlu kurutucu olarak bilinir ve mutfaklarda kullanılabilecek şekilde dizayn edilmiş küçük boyutlardan, örneğin kereste ürünleri için kullanılan oda büyüklüğündeki boyutlara kadar değişebilir (Şekil 4.3.). Kurutma genellikle ısı ile gerçekleşir fakat vakumda kurutma da ısının çok yüksek olmasına gerek kalmadan hızlı bir kuruma elde edilir.



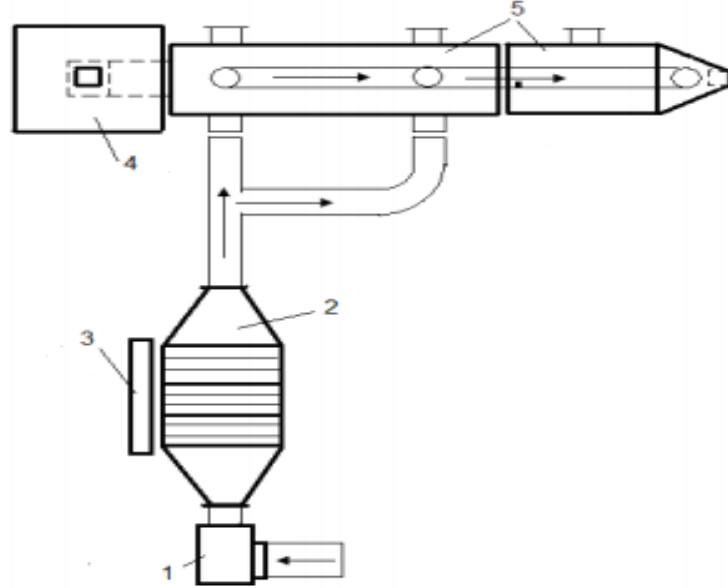
Şekil 4.3. Vakumda kurutma odası [51].

Vakumda kurutmada çok yüksek seviyede kuruma elde edilebilir. Vakumda kurutmanın bir diğer avantajı enerji tasarruflu olmasıdır. Kurutma için düşük enerji gereksinimi olması, kurutmanın maliyet fiyatlarının az olmasını bu da rekabet gücünü artırır. Aynı zamanda bu işlem süre olarak diğer kurutma yöntemlerine göre daha az olma eğilimindedir. Kurutma süresinin daha az olması üretimin artmasıyla direk orantılıdır.

Bu işlemin bir diğer avantajı ise daha az zarar verici kurutma işlemi olmasıdır. Bazı malzemelerde yüksek sıcaklıklarda problemler oluşabilir, örneğin kurutma esnasında sert kösele kabuklar oluşması gibi. Vakumda kurutma da ortam sıcaklığı düşük olduğundan malzemeler bu gibi etkilere maruz kalmazlar bu da ürünün daha iyi kalitede olmasını sağlar.

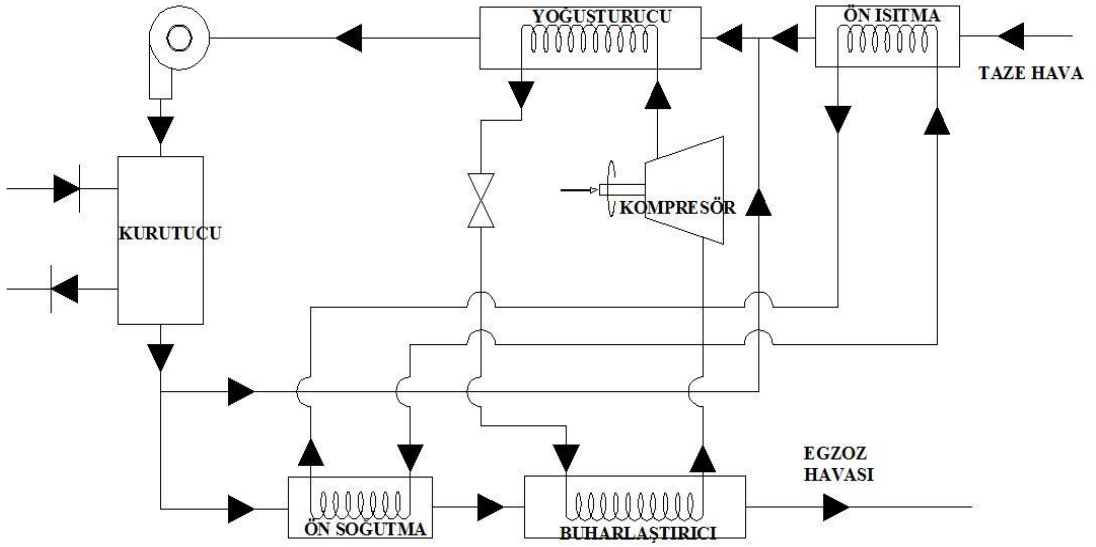
Akışkan yatak kurutucular, biyolojik ürünlerin kurutulmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemlerin en önemli üstünlüğü yatak içinde tanecik karışımının yüksek seviyede olması ve bu nedenle kurutma için daha homojen bir sürecin meydana gelmesidir (Şekil 4.4.). Ürünün aşırı ısıya maruz kalmıyor olması ısıya duyarlı

malzemelerin kurutulmasında akışkan yataklı kurutucunun tercih sebeplerindedir. Ürün taneciklerinin mekanik olarak zarara uğrama riski, şeklinin değişmesi ve taneciklerin topaklaşıp akışkanlığı zorlaştırmaları ise akışkan yataklar için sakınca teşkil etmektedirler [51].



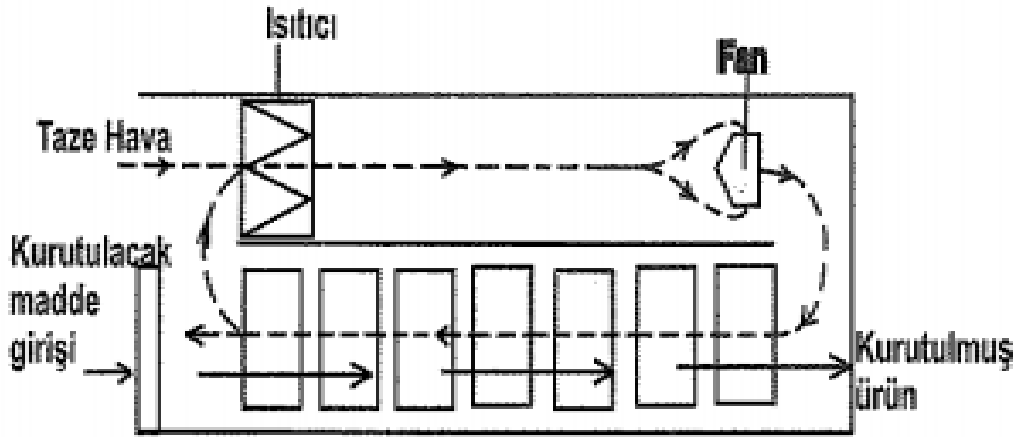
Şekil 4.4. Akışkan yataklı sürekli kurutma sistemi şeması 1. Fan, 2. Isı üretici, 3. Kontrol panosu, 4. Silo, 5. Akışkan yatak sürekli kurutucu [51].

Isı pompalı kurutucu temel olarak, ısıtıcı, kompresör ve yoğuşturucudan oluşmaktadır. Isıtıcıda ısıtılan kuru hava, kompresör yardımıyla kurutma hacmine gönderilir. Kurutma hacminde kurutulmak istenen ürünün içinde nem havaya geçer ve nemli hava yoğuşturucuya yönlendirilir. Yoğuşturucuda, yoğuşan nem sistem dışarı atılır. Hava ise tekrardan ısıtıcıya gönderilerek çevrim tamamlanmış olur. Yoğuşturucuya gelen nemli havanın sahip olduğu enerji geri kazanılarak ısıtıcıda kullanmak amacıyla sisteme tekrar verilir. Bu sistemlerde enerji verimliliği oldukça yüksektir (Şekil 4.5.).



Şekil 4.5. Isı pompalı kurutma sistemi [52].

Tünel tipi kurutucularda, kurutulmak istenen ürün bant vasıtasıyla sürekli hareket ettirilen tepsilerin içine yerleştirilerek, iki ucu açık tünel şeklindeki fırınlardan geçirilir. Bu fırınlarda bantın hareket doğrultusuna paralel şekilde sıcak hava akımı vasıtasıyla kurutma işlemi yapılır. Bu yöntemdeki hava akışı hareket doğrultusunda, aynı yönde veya zıt yönde olabilir. Kurutulacak malzemedeki kurutma oranı, tünelin boyu, bantın hızı ve hava parametleri değiştirilerek ayarlanabilir (Şekil 4.6.).



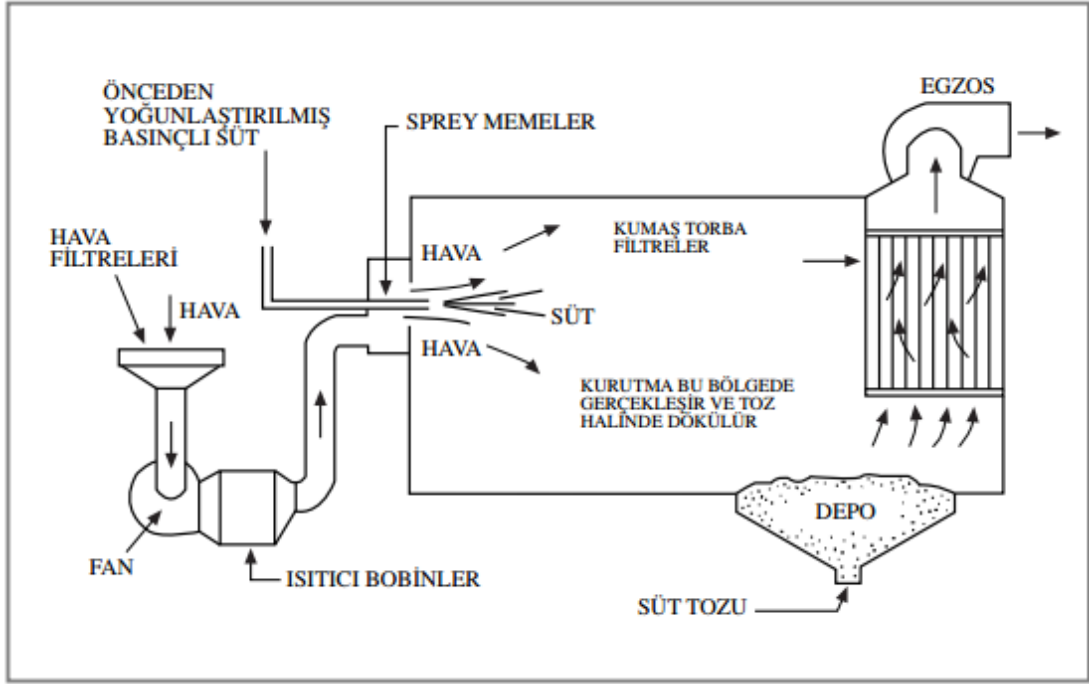
Şekil 4.6. Tünel tipi kurutucu ile kurutma şematığı [53].

Konveyör tipi kurutucular, temel olarak tünel tipi kurutucular ile benzerlik gösterirler. Tünel tipi kurutucular ile aralarındaki temel fark, tünel tipi kurutucularda sıcak hava ürünle aynı doğrultuda hareket ederken, konveyör tipi kurutucularda kurutulacak ürünün hareket yönüne dik doğrultuda akar. Bazı konveyör tipi kurutucu sistemlerinde ızgara tipi tepsiler kullanılarak havanın akışı kolaylaştırılır [52].

Döner kurutucular ile kurutmada, kurutulacak ürün silindirik şekilde tasarlanmış kurutucu haznenin içine gönderilir. Kurutma için gereken sıcak hava kurutma haznesinin alt kısmına verilir. Hava akışı her iki tarafa da olabilir. Sistemde kuruyan malzeme kuru ürün haznesine dolar [53].

Turbo Kurutucu ile Kurutma, tip kurutucularda dairesel şekilde hazırlanan alt alta sıralanmış rafların merkezinde turbo fanlar ve ısıtıcılar bulunur. En üst raftan sisteme giren kurutulacak ürünün süpürücü yardımı ile alt raflara indirilmesi sırasında sıcak havanın ürüne temasıyla kurutma işlemi yapılır. En alt rafta ürün soğumuş ve kurutulmuş olarak alınır. Bu tip kurutucularda kesintisiz kurutma işlemi yapılır.

Sprey (Püskürtmeli) kurutucular ile kurutma yönteminde, süt, kahve, sabun kurutulur. Bu sistemde (Şekil 4.7.) önceden yoğunlaştırılmış ürün yüksek basınçlarda sprey halinde kurutma hacmine gönderilir. Aynı esnada dışardan alınan hava ısıtıcı bobinler yardımıyla ısıtılarak (93-760 °C) kurutma hacmine gönderilir. Kurutma hacminde sıcaklık ile damla halindeki ürünlerdeki su gaz fazına geçirilir. Kurutulmuş ürün toz halinde yer çekimi etkisiyle hacmin alt kısmında bulunan depo ya düşer. Gaz halindeki su buharı filtrelerden geçerek içerisinde kalmış olan üründen arındırılır ve egzoz yardımıyla sistemden atılır [52].



Şekil 4.7. Dönen tip sprey kurutucu [52].

4.2. DONDURARAK KURUTMA

Modern kurutma yöntemleri arasında, liyofilizasyon, yüksek kaliteli susuz ürünler sağlayan ve ürünlerin temel bileşenlerinin daha iyi tüketilmesini sağlayan yeterince düşük sıcaklıkta bir dehidrasyon işlemidir.

Liyofilizasyon, suyun süblimasyon yoluyla uzaklaştırılmasından oluşan bir dehidrasyon sürecidir. Bu tekniğin temel avantajı, bitmiş ürünün üstün kalitesidir. Ancak, işlemin maliyeti göz önüne alındığında, dondurarak kurutma genellikle farmasötikler, bebek maması ve bazı meyve ve baharatlar gibi katma değeri yüksek ürünler için ayrılmaktadır. Bu yüksek maliyetin sebeplerinden biri de sürecin uzun sürmesidir. Aslında, işlemin düşük basıncı ve liyofilize ürünlerin düşük iletkenliği (gözenekli doku nedeniyle), ısı ve malzeme transferini ve dolayısıyla dehidrasyon işleminin süresini önemli ve olumsuz bir şekilde etkiler. Bu büyük kısıtlamaya karşı koymak ve dondurarak kurutmanın ayrıntılarını daha iyi anlamak için birkaç laboratuvar ve pilot ölçekli çalışma yapılmıştır [7].

Liyofilizasyon olarak da bilinen dondurarak kurutma işlemi biyoteknoloji, kimya, eczacılık ve gıda alanlarında yaygın olarak kullanılan bir kurutma yöntemidir. Dondurarak kurutma işlemi; dondurulmuş haldeki üründen düşük basınç altındaki ortamda serbest suyun süblimasyonla ve bağlı suyun ise desorpsiyonla uzaklaştırılması prensibine dayanmaktadır. Dondurarak kurutma işleminde, ürünün yapısındaki suyun katı fazda vakum yardımıyla uzaklaştırılmasıyla ürünün dokusu ve şekli diğer kurutma yöntemlerine göre daha az zarar görmekte ve ürünün yapısında bulunan mineral, vitamin ve aroma gibi değerli bileşenlerin kayıpları minimize edilmektedir. Dondurarak kurutma yöntemi diğer kurutma yöntemleriyle karşılaştırıldığı zaman farklılık göstermekte olup, kurutma işlemi üç temel aşamadan meydana gelmektedir. Bunlar :

- Dondurma işlemi
- Birincil kurutma işlemi (Süblimasyon)
- İkincil kurutma işlemi (Desorpsiyon)

Dondurarak kurutma işleminin ilk aşamasında ürün dondurulmaktadır. Ürünün dondurulması için geleneksel dondurma yöntemlerinden herhangi biri kullanılabilir. Gıdaların yapısında bulunan çözeltilerin özelliklerindeki farklılıklardan dolayı gıdaların donma sıcaklıkları ve süreleri değişiklik göstermektedir. Gıdanın dondurulması sırasında çözelti donmamış olan kısımda zamanla konsantre hale geldiğinden dolayı ürünün donma sıcaklığı çözeltinin tamamı donuncaya dek düşmektedir. Bu yüzden, gıdaların yapısında bulunan bileşenlerden dolayı donma sıcaklıkları saf suyunkinden daha düşüktür. Dondurarak kurutma işleminde elde edilen ürünün rehidrasyon özelliğinde işlem öncesi ürüne uygulanan dondurma hızı oldukça önemli bir parametredir. Kurutma işlemi öncesinde ürün hızlı şekilde dondurulursa küçük ve çok sayıda buz kristalleri meydana gelmektedir. Küçük buz kristallerinin oluştuğu ürünlerin kuruma hızı daha yavaş olmaktadır fakat buz kristallerinin süblimasyonu sırasında ürünün yapısında daha az zarar meydana gelmektedir. Kurutulmuş ürünün rehidrasyon hızı yüksektir ve rehidrasyon tam olarak gerçekleşebilmektedir. Yavaş dondurma işlemiyle birlikte ürün yapısında oluşan buz kristalleri ise daha büyüktür ve ürünün kuruma hızı daha hızlıdır. Büyük buz kristallerine sahip olan ürünlerin kurutulmasıyla birlikte hızlı dondurma işleminin

tersine ürünün yapısında bozulmalar meydana gelmekte ve ürünün rehidrasyon hızı düşük olmaktadır . Gıdaların hızlı şekilde dondurulmasını sağlamak için IQF (Bireysel Hızlı Dondurma, Individual Quick Freezing) tipi veya hava üflemeli dondurucular kullanılabilir. Kurutulacak ürünler, genellikle 0,5-3,0 cm/saat hızla -20°C ile -30°C'ye kadar dondurulabilmektedir. Dondurarak kurutma işleminin ikinci aşaması olan birincil kurutma işlemi, vakum altında ürünün yapısında bulunan suyun katı fazda süblimasyonu prensibine dayanmaktadır. Süblimasyon olayı öncelikle ürünün yüzeyinde gerçekleşmektedir ve yüzeyin kurumasıyla birlikte kuruma işlemi ürün içerisine doğru devam etmektedir. Merkezde en son kalan buz kristallerinin de süblimasyona uğramasıyla ürünün nem içeriği yaklaşık olarak %5'in altına indirilmektedir. Kurutma işleminin belirli süresinden sonra ürünün derinliklerinde kalmış buz kristallerine ısının ulaşması (yalıtkan yapının oluşmasından dolayı) zorlaşmaktadır. Bu yüzden dondurarak kurutma işleminde bir süre sonra kuruma hızı düşmektedir [54].

BÖLÜM 5

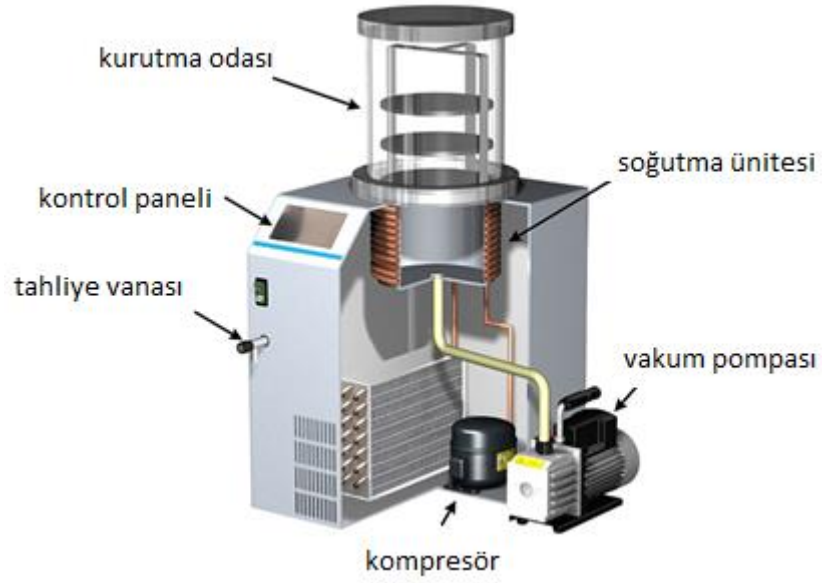
DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çalışmada kivi Şekil 5.1.'de görüldüğü gibi 5 mm ve 7 mm kalınlıklarında her biri 100 g ağırlığında dilimlenmiş ve plastik kaplara yerleştirilmiştir. Her kalınlık için 7 dilim hazırlanmış ve bu dilimler bir gün derin dondurucuya konulmuş ve bu işlemten sonra deneyler yapılmıştır.



Şekil 5.1. 5 mm ve 7 mm kalınlıktaki kivi örnekleri.

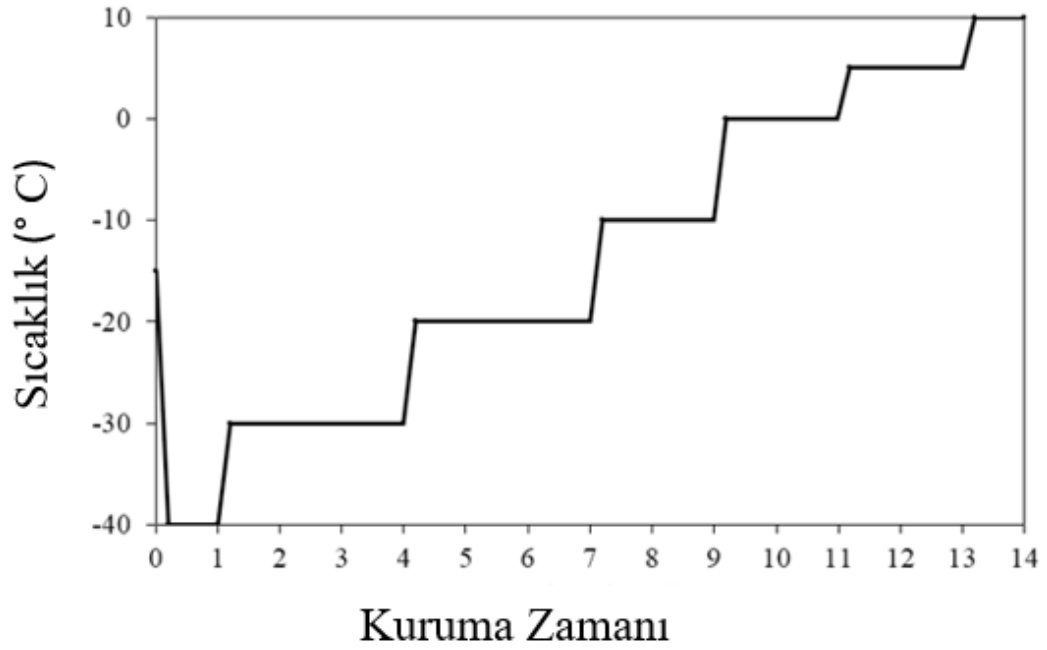
Deneylerde Labogene marka Scanvac Coolsafe model dondurarak kurutma cihazı kullanıldı. Bu cihazda evaporatör sıcaklığının -55°C 'ye düşürülmesi ile kurutma işlemi verimli bir şekilde gerçekleştirilebilir. Dondurarak kurutma cihazı 4×10^{-4} mbar gücünde vakum pompası ekipmanı ile çalışmakta olup deneylerde vakum basıncı 0.01 kPa basınca düşürülmüştür. Şekil 5.2., deneyler için kullanılan dondurarak kurutma cihazının şematik görünümünü göstermektedir.



Şekil 5.2. Dondurarak kurutma cihazının şematik görünümü [55].

Şekil 5.2.'de gösterildiği gibi dondurarak kurutma makinesinin temel prensibi, daha düşük basınç altında donmuş ürünün sıcaklığını artırarak süblimasyon işleminin gerçekleştirilmesine bağlıdır. Burada vakum pompası, kurutma bölmesindeki basıncın düşürülmesine yardımcı olur ve kompresör, donma bölmesinin iç sıcaklığını da dengeler. Dondurarak kurutma işleminde ürün işlem başlangıcında kurutma odasına kondu ve ardından kontrol panelinden sıcaklık ve basınç değerleri ayarlandı.

İşlem başlamadan önce dondurarak kurutma makinesinin kontrol panelinden uygun basınç, sıcaklık ve zaman değerleri ayarlandı. İşlemin süresi her örnek için yaklaşık 14 saat sürdü. Zaman ve sıcaklık değerleri Şekil 5.3.'te görüldüğü gibi düzenlenmiştir. Örnekler derin dondurucudan -15°C 'de alınarak dondurarak kurutma makinesine yerleştirilmiştir. İşlem, ilk 60 dakika boyunca 0.01 kPa basınç altında -40°C sıcaklıkta gerçekleştirildi. İlk saatten sonra basınç sabit tutularak sıcaklık değerleri 180 dakika -30°C , 180 dakika -20°C , 120 dakika -10°C , 120 dakika 0°C , 5 120 dakika için $^{\circ}\text{C}$ ve 60 dakika için 10°C .



Şekil 5.3. Kurutma süresinin bir fonksiyonu olarak sıcaklık değerleri.

7 farklı kivi örneğinin hazırlanmasının nedeni her iki saatte bir kilo kayıplarının ölçülmesidir. Bunun için ilk numune makineye yerleştirildi ve kurutma işlemi başlatıldı. 120 dakika sonra makineden ilk numune çıkarıldı ve ağırlık kaybı 0,001 g çözünürlüklü hassas bir terazi kullanılarak ölçüldü. İlk numune kurutma işleminden sonra ikinci numune makineye koydu ve aynı kurutma parametreleri kullanılarak 4 saat boyunca kurutma işlemi yapıldı. İkinci numune için önceki kilo kaybı hesaplama yöntemi uygulandı.

Bu ardışık kurutma işlemi kivi örneklerinin geri kalanına uygulanmış ve örnekler 6, 8, 10, 12 ve 14. saatlerin sonunda makineden çıkarılmıştır. Bu işlemden sonra numuneler 60 dakika kurutma fırınına bırakılır. Numune kurutma fırınından çıkarıldığında içinde bol miktarda silis jeli bulunan kıvrımlı camdan yapılmış desikatöre 15 dakika bekletilir. Daha sonra kurutulmuş numune kurutucudan çıkarıldı ve ağırlık, değerli bir ölçek kullanılarak ölçüldü. Bu işlem, dondurarak kurutma işlemi tamamlanmış olsa bile ürünlerdeki nem içeriğinin uzaklaştırılmasını amaçlamaktadır. Bu şekilde ürünlerdeki nem oranının doğru ve değerli hesaplanması sağlanabilir.

Ampirik modeller birçok malzeme ve koşula uygulanabilir. Bununla birlikte, çözüm denklemleri çeşitli parametreler ve karmaşık yapılar içerdiğinden bu modellerin kullanımı azalmıştır. Öte yandan, yarı deneysel modeller daha az karmaşık yapılar olmasına rağmen, denklemlerdeki parametreler sadece ilgili ürünle ilgili olduğundan bu modellerin kullanımı sınırlıdır. Deneysel yöntemlerle elde edilen değerlere dayalı olarak kurutma oranını belirlemek için karmaşık denklemlere ihtiyaç yoktur. Ancak yerleşik denklemler yalnızca deneysel örnekler ve deney koşulları için de geçerlidir. Logaritmik kurutma denkleminin yarı deneysel modellerde uygun ve yaygın olarak kullanılan denklem olduğu bilinmektedir [56].

Nem oranı (MR) boyutsuz bir terimdir ve zamanın bir fonksiyonu olarak kiviinin değişimlerinin denklem (5.1) ile hesaplanabileceğini gösterir. Bu noktadan itibaren, kurutma hızı (DR) denklem (5.2) kullanılarak da hesaplanabilir.

$$MR = \frac{M_t - M_d}{M_0 - M_d} \quad (5.1)$$

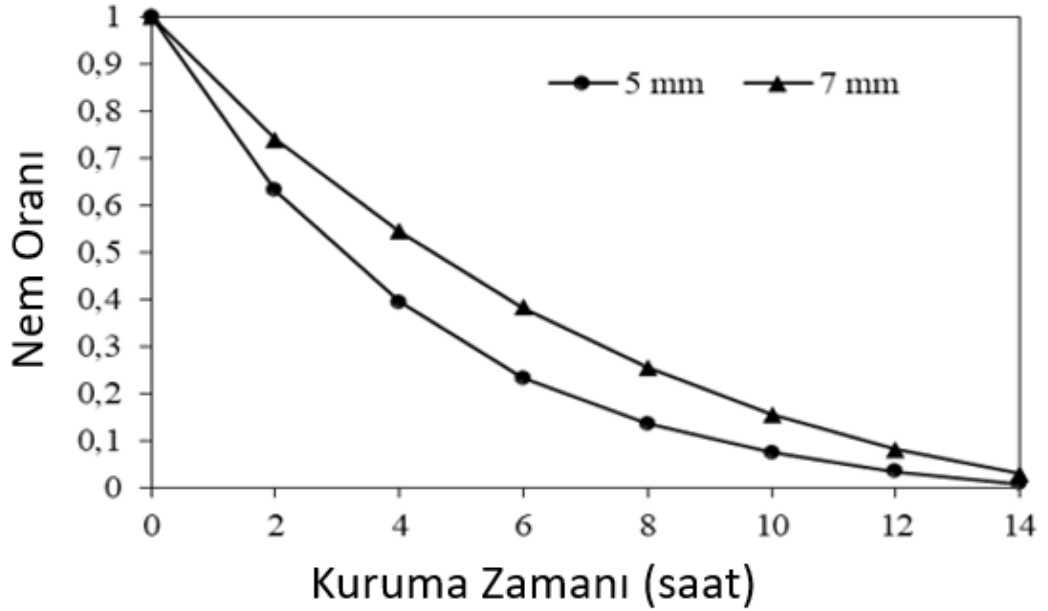
$$DR = \frac{M_{t+dt} - M_t}{dt} \quad (5.2)$$

Denklem (5.1)'de, M_0 , M_t ve M_d sırasıyla ilk nemi, t anındaki nem içeriğini ve dengeli nemi tanımlar. Denklem 1'in sol bölümü, çeşitli t momentlerinde kurutma işleminin Nem Oranı (MR) değerlerini verir. Denklem (5.2)'de DR, M_t ve M_{t+dt} sırasıyla kurutma oranını, t anındaki nem içeriğini ve $t+dt$ anındaki nem içeriğini gösterir [57].

BÖLÜM 6

DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

14 saat sonra dondurarak kurutma işlemi sonucunda 5 mm ve 7 mm kalınlığındaki kivi dilimleri için deneysel nem oranı eğrisi Şekil 6.1.'te gösterilmektedir.



Şekil 6.1. Kurutma süresinin bir fonksiyonu olarak kivi dilimlerinin nem oranı eğrileri.

Tespit edildikten sonra ürünün nem içeriği ve zamana bağlı ağırlık kayıplarının hesaplanması, matematiksel modellere bağlı grafikler oluşturulmuş ve 8 farklı kurutma kinetik modelinin en uygun ve en uygun modeli belirlenmiştir. Bu aşamada kinetik kurutma modelinin belirlenmesi için MATLAB yazılımı kullanılmıştır. Çizelge 6.1. tahmini nem oranını (MR) belirlemek için MATLAB'da kullanılan 8 farklı kinetik kurutma modelini göstermektedir [58].

Çizelge 6.1. Kurutma kinetiği için ampirik ve yarı deneysel denklemler.

Model no	Model adı	Model
1	Newton	$MR = \exp(-kt)$
2	Page	$MR = \exp(-kt^n)$
3	Değiştirilmiş Page I	$MR = \exp[-(kt)^n]$
4	Henderson ve Pabis	$MR = a. \exp(-kt)$
5	Logarithmik	$MR = a. \exp(-kt) + c$
6	İki dönemli eksponential	$MR = a \exp(-kt) + (-a) \exp(-kat)$
7	Wang ve Singh	$MR = 1 + at + bt^2$
8	Difüzyon Yaklaşımı	$MR = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-kbt)$

Denklem (6.3), Denklem (6.4) ve Denklem (6.5), nem arasındaki uyumu kanıtlamak için sırasıyla tahmini değerlerin kök ortalama kare hatalarını (RMSE) ve azaltılmış X-karesini (X^2) ve kinetik modellerin belirleme katsayısını (R^2) hesaplamak için kullanılabilir. deneylerle elde edilen ve istatistiksel bir yaklaşım olarak kinetik modellerle tahmin edilen oranlar [59,60].

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2 \right]^{1/2} \quad (6.1)$$

$$X^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (MR_{exp} - MR_{pre})^2}{N - z} \quad (6.2)$$

$$R^2 = 1 - \left[\frac{\sum (MR_{exp} - MR_{pre})^2}{\sum (MR_{pre})^2} \right] \quad (6.3)$$

Denklem (6.3)'te, kök ortalama kare hatası (RMSE), deneysel değer ile tahmini kinetik model değeri arasındaki sapmayı gösterir. Ayrıca, Denklem (6.4)'te indirgenmiş X-kare (X^2) 'nin azalan davranışının, deneysel ve kinetik model değerleri arasındaki iyi uyumun artışı gösterdiği belirtilmektedir. Ayrıca Denklemde (6.5) belirleme katsayısının (R^2) kapatılması kinetik modelin kullanılabilirliğini belirten bir göstergedir. İstatistiksel yaklaşımın sonuçlarına göre, uygun kinetik modelin katsayıları çoklu regresyon analizi ile belirlenir.

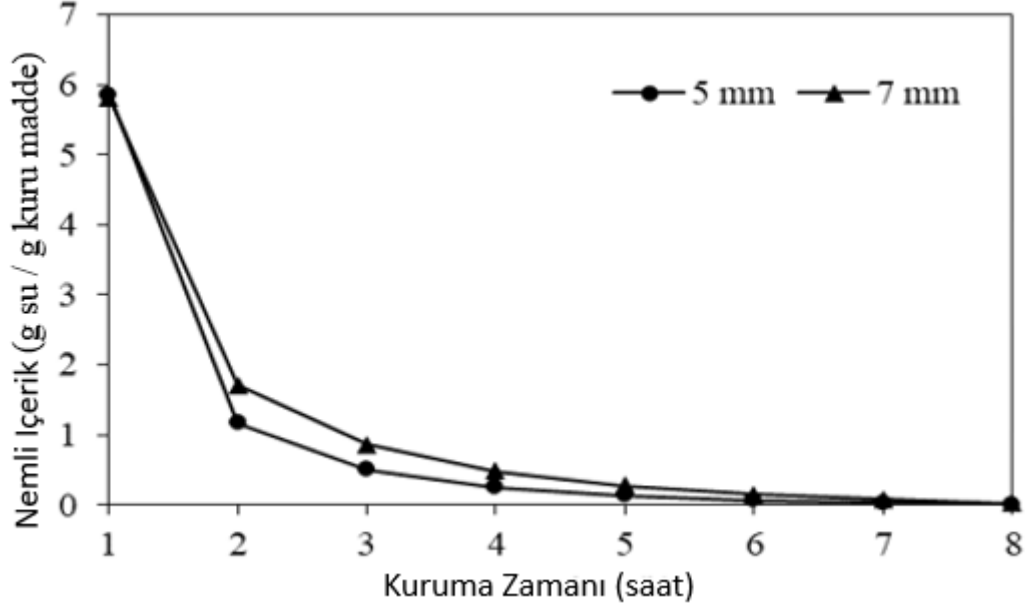
Deney ve kinetik kurutma modellerinden elde edilen sonuçlar ışığında 8 farklı kinetik kurutma modeli uygulanarak uygun ve verimli kurutma modeli belirlenmiştir. Bu belirleme süreci için kriterler R^2 , X^2 ve RMSE değerlerine de bağlıdır.

Çizelge 6.2.'de 8 kinetik kurutma modeli ile hesaplanan R^2 , X^2 ve RMSE sonuçları verilmiştir. Çizelge 6.1.'de görüldüğü gibi R^2 ve X^2 değerleri dikkate alındığında, Logaritmik model hem 5 mm hem de 7 mm kalınlıklar için uygun kinetik kurutma modelidir çünkü Logaritmik modelin R^2 değeri 1'e en yakın değer olarak 0.9999 ve Logaritmik modelin 5 mm ve 7 mm kalınlıkları için X^2 değerleri, 0'a en yakın değerler olarak sırasıyla 8.261×10^{-6} ve 1.705×10^{-5} 'tir. Ayrıca, 5 mm ve 7 mm kalınlık için kök ortalama kare hata (RMSE) değerleri 0.002865'tir. 0'a en yakın değerler sırasıyla 0.004146 ve Logaritmik modelin uygunluğunu gösteren diğer bir destekleyici faktördür.

Çizelge 6.2. Kurutma kinetik modelleri ile hesaplanan sonuçlar.

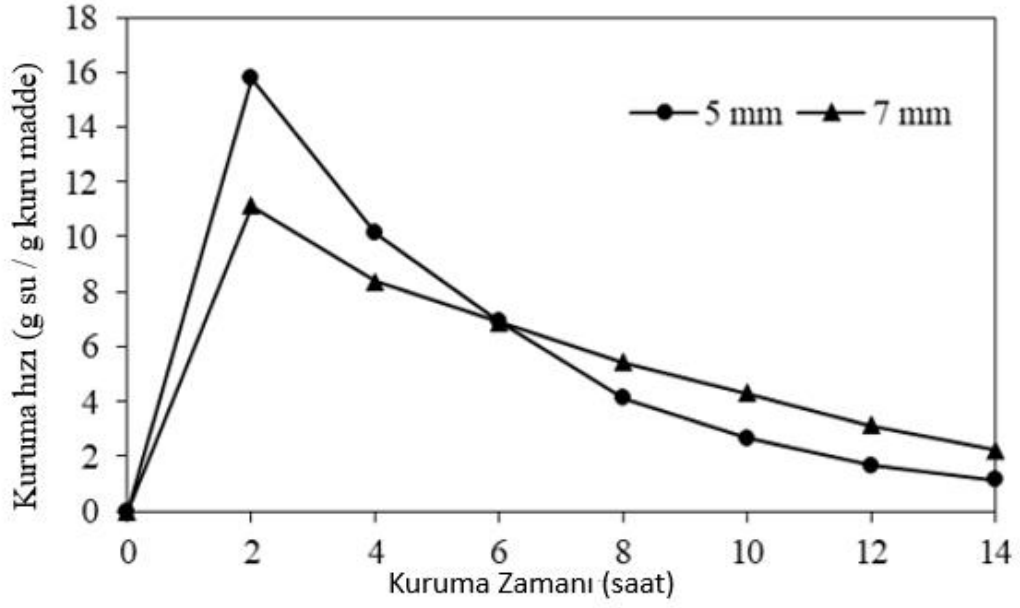
Model adı	Numune Kalınlığı (mm)	Model parametreleri	R ²	X ²	RMSE
Newton	5	k: 0.2436	0.9979	2.528×10 ⁻⁴	0.0159
	7	k: 0.1722	0.9882	1.380×10 ⁻³	0.03717
Page	5	k: 0.2094 n: 1.092	0.9994	8.286×10 ⁻⁵	0.009103
	7	k: 0.1159 n: 1.209	0.997	4.134×10 ⁻⁴	0.02035
Değiştirilmiş Page I	5	k: 0.2348 n: 1.108	0.9992	1.093×10 ⁻⁴	0.02035
	7	k: 0.1669 n: 1.221	0.9969	4.224×10 ⁻⁴	0.02059
Henderson ve Papis	5	a: 1.010 k: 0.2458	0.9981	2.75×10 ⁻⁴	0.01657
	7	a: 1.028 k: 0.1769	0.9894	1.44×10 ⁻³	0.03797
Logaritmik	5	a: 1.042 c: -0.04043 k: 0.221	0.9999	8.261×10⁻⁶	0.002865
	7	a: 1.189 c: -0.1888 k: 0.1228	0.9999	1.705×10⁻⁵	0.004146
İki dönemli eksponential	5	a: 1.549 k: 0.2955	0.9995	7.442×10 ⁻⁵	0.008627
	7	a: 1.729 k: 0.2326	0.9969	4.448×10 ⁻⁴	0.02111
Wang ve Sing	5	a: -0.1699 b: 0.007291	0.9995	1.747×10 ⁻³	0.0418
	7	a: -0.1285 b: 0.004282	0.9969	1.570×10 ⁻⁴	0.01254
Difüzyon Yaklaşımı	5	a: -12.98 b: 0.9693 k: 0.3585	0.9974	8.007×10 ⁻⁵	0.008947
	7	a: -11.49 b: 0.951 k: 0.2939	0.9972	4.619×10 ⁻⁴	0.02151

Kuruma süresinin bir fonksiyonu olarak kivi dilimlerinin nem içeriği eğrisi Şekil 6.2'da verilmiştir. Nem içeriği, üründeki su içeriğinin kuru maddeye oranını gösterir. Başlangıçta, nem içeriği ilk 2 saat boyunca hızlı bir düşüş davranışı sergilemiştir. Sonraki dönemden sonra, azalan davranış yavaşladı.



Şekil 6.2. Kuruma süresinin bir fonksiyonu olarak kivi dilimlerinin nem içeriği eğrileri.

Dondurularak kurutulmuş kivi dilimlerinin zamana bağlı olarak kuruma hızı şekil 6.2. Dondurularak kurutma işleminin başlangıcında, kurutma oranı, ürünün yüzeyindeki yüksek nem konsantrasyonu nedeniyle eğim davranışı sergiler. Daha sonra, kurutma hızı ilk 2 saat içinde hızlı düşüş davranışını gösterdi, çünkü dondurularak kurutma cihazındaki plakanın sıcaklığı yaklaşık $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ idi. ürünün yüzeyindeki nem içeriği (MC) önemli ölçüde kurutuldu.



Şekil 6.3. Kurutma süresinin bir fonksiyonu olarak kivi dilimlerinin kuruma hızı eğrileri.

İlk 2 saatlik kurutma süresi sonunda, dondurarak kurutma cihazında plakanın artan sıcaklığından dolayı kurutma hızı, kurutma işlemi sonuna kadar kademeli olarak azalmıştır. Şekil 6.3'te nem içeriğinin azalmasına paralel olarak kuruma hızının da düştüğü görülmektedir. Farklı kalınlıklar birbirine göre karşılaştırıldığında 7 mm kalınlığındaki numunenin kurutulmasının, içerisinde yüksek miktarda nem barındırması nedeniyle kurutma işlemi sırasında yavaş kuruma davranışı sergilediği gösterilmiştir. Öte yandan 5 mm kalınlığındaki numunenin kurutulması, üründeki nem içeriğinin 7 mm kalınlığından az olması nedeniyle hızlı kuruma davranışı göstermektedir.

Süblimleşme sonucu yüzeyde bulunan su buharı, dondurularak kurutulmuş numunenin kurumuş bölgesinin kılcal damarlar tarafından aktarılmasıyla oluşur. Su buharı, dondurarak kurutma cihazının kondansatörü tarafından çıkarılan numunenin yüzeyine ulaştı. Bu fenomenin nedeni, kondansatör yüzeyindeki kısmi su buharı basıncının, dondurularak kurutulmuş numunenin yüzeyindeki kısmi su buharı basıncından önemli ölçüde daha düşük olmasıdır.

Çeşitli gıdaların ince film kurutma işleminin teorik modeli, Fick'in ikinci yasasının çözümü ile belirlenir [57].

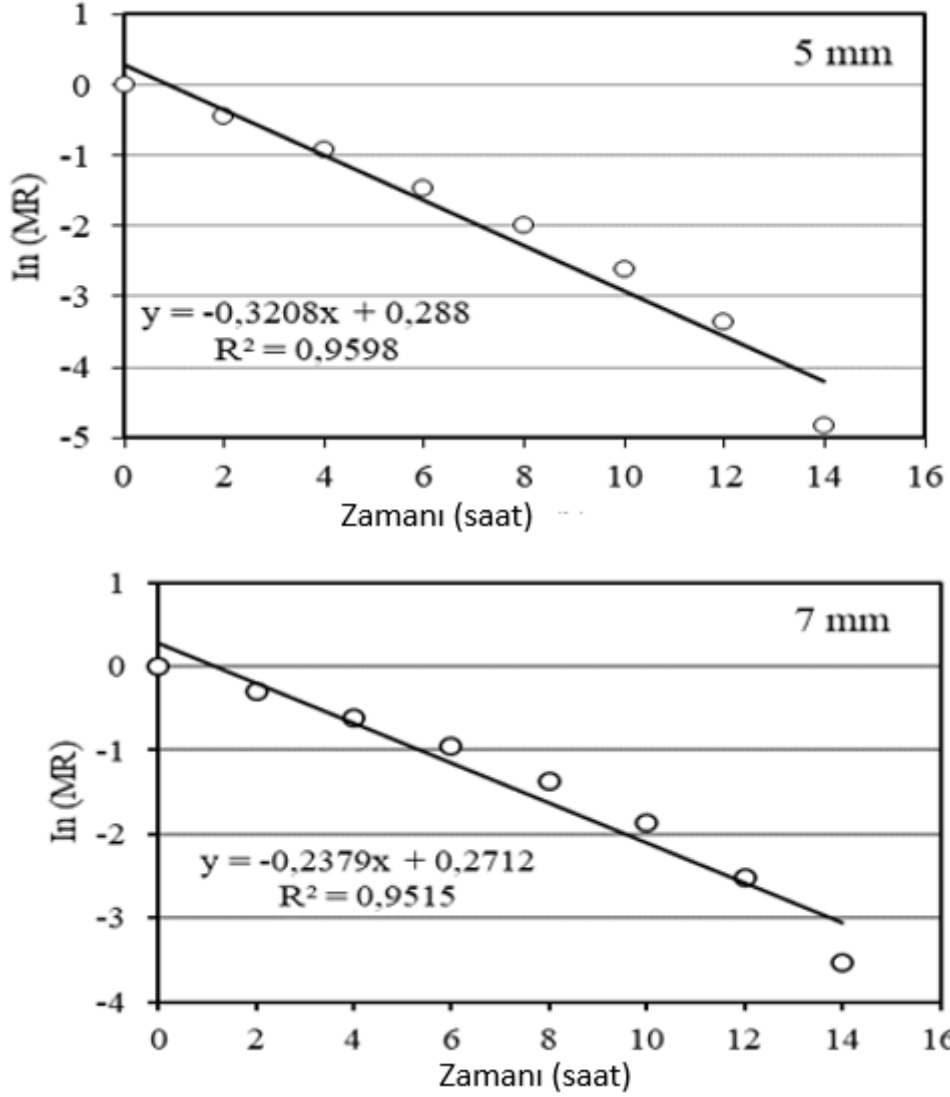
$$\frac{\partial M}{\partial t} = D_{\text{eff}} \nabla^2 M \quad (6.4)$$

Denklem 6.4'dan Denklem 6.5, kartezyen koordinat sistemi için difüzyon katsayısını sabit tutarak ve uygun sınır koşullarını kullanarak basitleştirerek hesaplanabilir.

$$MR = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{\pi^2 D_{\text{eff}} t}{4L^2}\right) \quad (6.5)$$

Denklem 6.6'de, D_{eff} efektif yayılımı [m^2 / s] tanımlar; t , [s] kuruma süresini gösterir; L , numunelerin yarı kalınlığını göstermektedir, [m]; ve n , pozitif bir tam sayıyı belirtir [57].

Etkili yayılma (D_{eff}) değerleri, deneysel kurutma verileri $\ln(MR)$ cinsinden çizilerek hesaplandı ve zamana karşı grafiği çizildi (Şekil 6.4.).



Şekil 6.4. Kivi numuneleri için dondurarak kurutma süresine karşı Giriş (MR) grafiği.

Denklem 6.5'den, kurutma süresine karşı bir $\ln(MR)$ grafiği, eğimli (K) düz bir çizgi vermelidir:

$$K = \frac{\pi^2 D_{eff}}{4L^2} \quad (6.6)$$

5 mm ve 7 mm kalınlıktaki kivi dilimleri için efektif difüzyivite Denklem 8 ile hesaplanabilir. 5 mm kalınlık için $2,25 \times 10^{-10} \text{ m}^2 / \text{s}$ ve 7 mm kalınlık için $3,28 \times 10^{-10} \text{ m}^2 / \text{s}$ olarak hesaplanmıştır. yanı sıra. Literatürde gıda ürünleri için efektif difüzyivite katsayısı 10^{-12} ile $10^{-8} \text{ m}^2 / \text{s}$ arasında değişmelidir ve kivi ürünleri için hesaplanan

efektif difüzyon katsayılarının literatürle iyi bir uyum içinde olduğu tespit edilmiştir [61].

BÖLÜM 7

SONUÇ

Tüm gıda saklama yöntemleri arasında kurutma, uzun raf ömrü, saklama kolaylığı ve kütlenin (nakliye) azaltılması nedeniyle çok avantajlı bir işlem olmaya devam etmektedir. Kurutma performansının iyileştirilmesi ile ilgili olarak geçmişte pek çok teorik ve deneysel araştırma yapılmıştır. Literatürde önerilen birçok model ampirik parametreleri içerir.

Bu çalışmada ortalama 100 g kütlede 5 mm ve 7 mm kalınlığında dilimlenmiş kivi meyvesi için dondurarak kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 6.6'de görüldüğü gibi 5 mm ve 7 mm kalınlıktaki dilimlenmiş kivi meyvelerinin soba ve desikatör ile nem içeriğinin belirlenmesi sonucunda sırasıyla 85.225 g su / g kuru madde ve 85.813 g su / g kuru madde nem içeriği olduğu tespit edilmiştir.

Toplam 14 saatlik dondurarak kurutma işleminin sonunda. Buna ek olarak 8 farklı kurutma modeli için MR ve DR değerleri hesaplanarak her iki saatte bir kütle kayıpları ölçülerek uygun kinetik kurutma modeli belirlenmiştir. Uygun kinetik kurutma modeli Logaritmik modeldi çünkü R^2 değeri yaklaşık 0.9999, X^2 değerleri 5 mm ve 7 mm kalınlıklar için yaklaşık 8.261×10^{-6} ve 1.705×10^{-5} , 5 mm ve 7 mm için RMSE değerleri sırasıyla yaklaşık 0.002865 ve 0.004146 idi.

Ayrıca nem içeriği ve kuruma hızı dikkate alındığında 7 mm kalınlığındaki kivi diliminin kuruma hızının yüksek nem oranı nedeniyle daha yavaş olduğu gösterilmiştir. Üstelik 5 mm kalınlığındaki kivi diliminin kuruma oranı, içerisindeki nem oranının az olmasından dolayı daha yüksekti. Nem oranlarına bağlı efektif yayılma katsayıları 5 mm kalınlığındaki kivi dilimi için $2,25 \times 10^{-10} \text{ m}^2 / \text{s}$, 7 mm kalınlığındaki kivi dilimi için $3,28 \times 10^{-10} \text{ m}^2 / \text{s}$ olarak hesaplanmıştır. Etkili yayılma katsayılarının, literatürde gıda ürünleri için $10^{-12} - 10^{-8} \text{ m}^2 / \text{s}$ olarak sunulan sınırlar içinde olduğu gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Cristina, Ratti, “Advances In Food Dehydration”, 1st Edition., *CRC Press*, Floride, 209-235 (2019).
2. P. Peter. “Lyophilisation et congélation concentration. Technologie de transformation des aliments”, principes et pratiques 4e éd., *Woodhead Publishing*, Royaume-Uni, 929–940 (2017).
3. J. Jclepro. “Optimisation De La Lyophilisation A L’aide D’une Approche Dévaluation Du Cycle De Vie : Etude De Cas De Fraises”, *Journal Of Cleaner Production*, 168 (3): 211-232 (2017).
4. Ratti, C. “Air chaud et lyophilisation des aliments de grande valeur : une revue.”, *Journal of Food Engineering*, 49 (4) : 311-319 (2001).
5. Varma, N. “Analyse De La Dynamique Des Fluides Computationnelle Du Processus Et De L’équipement De Lyophilisation.”, Master These, *Master Of Science En Aéronautique and Astronautique of The Université Purdue West Lafayette*, Indiana, 30-50 (2014).
6. Tang, X, Et Pikal, M, “Design of Freeze-Drying Processes for Pharmaceuticals: Practical Advice” *Pharmaceutical Research*, 21(2): 191-200 (2004).
7. Wolff, E., Gibert, H, “Développements Technologiques Nouveaux En Lyophilization”, *Journal of Food Engineering*, 8: 91-108 (1998).
8. Jayaraman, ve Das Gupta, “25 Drying of fruits and vegetables”, *Journal of The Science of Food And Agriculture*, 90 (8): 1323–1326 (2006).
9. Cerci, K.N.; Kavak Akpınar, E. “Experimental determination of convective heat transfer coefficient during open sun and greenhouse drying of apple slices.” *J. Therm. Eng*, 2: 741–747 (2016).
10. Togrul, I.T.; Pehlivan, D. “Modelling of drying kinetics of single apricot.” *J. Food Eng*, 58: 23–32 (2003).
11. Nimmol, C.; Devahastin, S.; Swasdisevi, T.; Soponronnarit, S. “Drying and heat transfer behavior of banana undergoing combined low-pressure superheated steam and far-infrared radiation drying”, *Appl. Therm. Eng*, 27: 2483–2494 (2007).
12. Sacilik, K.; Elicin, A.K. “The thin layer drying characteristics of organic apple slices.” *J. Food Eng*, 73: 281–289 (2006).

13. Kavak Akpınar, E.; Midilli, A.; Bicer, Y. “Single layer drying behavior of potato slices in a convective cyclone dryer and mathematical modelling”, *Energy Convers. Manag*, 44: 1689–1705 (2003).
14. Arslan, D.; Ozcan, M.M. “Study the effect of sun, oven and microwave drying on quality of onion slices”, *LWT Food Sci. Technol*, 43: 1121–1127 (2010).
15. Brasiello, A.; Iannone, G.; Adiletta, G.; De Pasquale, S.; Russo, P.; Di Matteo, M. “Mathematical model for dehydration and shrinkage: Prediction of eggplant’s MRI spatial profiles”, *J. Food Eng*, 203: 1–5 (2017).
16. Proietti, N.; Adiletta, G.; Russo, P.; Buonocore, R.; Mannina, L.; Crescitelli, A.; Capitani, D. “Evolution of physicochemical properties of pear during drying by conventional techniques, portable-NMR, and modeling”, *J. Food Eng*, 230, 82–98 (2018).
17. Gorinstein, S.; Haruenkit, R.; Poovarodom, S.; Park, Y.; Vearasilp, S.; Suhaj, M.; Ham, K.; Heo, B.; Cho, J.; Jang, H.G. “The comparative characteristics of snake and kiwi fruits”, *Food Chem. Toxicol*, 47: 1884–1891 (2009).
18. Dalvand, M.J.; Mohtasebi, S.S.; Rafiee, S. “Study on effective structural parameters on drying rate of kiwi fruits in a solar EHD dryer”, *Int. J. Multidiscip. Sci. Eng*, 3: 66–70 (2012).
19. Mohammadi, A.; Rafiee, S.; Keyhani, A.; Emam-Djomeh, Z. “Estimation of thin-layer drying characteristics of kiwifruit (cv. Hayward) with use of page’s model”, *Am. Eurasian J. Agric. Environ. Sci*, 3: 802–805 (2008).
20. Wang, H.; Ng, T.B. “Isolation of an antifungal thaumatin-like protein from kiwi fruits”, *Phytochemistry*, 61: 1–6 (2002).
21. Kaya, A.; Aydın, O.; Dincer, I. “Experimental and numerical investigation of heat and mass transfer during drying of Hayward kiwi fruits (*Actinidia deliciosa* Planch)”, *J. Food Eng*, 88: 323–330 (2008).
22. Singh, N.J.; Pandey, R.K. “Convective air-drying characteristics of sweet potato cube (*Ipomoea batatas* L.)”, *Food Bioprod. Process*, 90: 317–322 (2012).
23. Guine, R.P.F.; Fernandes, R.M.C. “Analysis of the drying kinetics of chestnuts”, *J. Food Eng*, 76: 460–467 (2006).
24. Karim, M.A.; Hawlader, M.N.A. “Drying characteristics of banana: Theoretical modelling and experimental validation”, *J. Food Eng*, 70: 35–45 (2005).
25. Maskan, M. “Kinetics of color change of kiwi fruits during hot air and microwave drying”, *J. Food Eng*, 48: 169–175 (2001).

26. Velic, D.; Planinic, M.; Tomas, S.; “Bilic, M. Influence of airflow velocity on kinetics of convection apple drying”, *J. Food Eng*, 64: 97–102 (2004).
27. Folletta P. A., et al., “New associations and host status: Infestability of kiwifruit by the fruit fly species *Bactrocera dorsalis*, *Zeugodacus cucurbitae*, and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae),” *Crop Protection*, 115: 113–121 (2019).
28. Cassano A., et al., “Integrated membrane process for the production of highly nutritional kiwifruit juice,” *Desalination*, 189: 21–30 (2006).
29. Latocha P., et al., “Antioxidant activity and chemical difference in fruit of different *Actinidia* sp,” *International Journal of Food Science and Nutrition*, 61 (4): 381–394 (2010).
30. Dias M., et al., “Chemical composition and bioactive properties of byproducts from two different kiwi varieties,” *Food Research International*, 127: 108-753 (2020).
31. Özdemir M.B., et al., “Modeling of a convective-infrared kiwifruit drying process,” *International journal of hydrogen energy*, 42: 18005–18013, (2017).
32. Ercisli S., et al., “Adventitious root formation of kiwifruit in relation to sampling date, IBA and *Agrobacterium rubi* inoculation,” *Plant Growth Regulation*, 41: 133–137 (2003).
33. Tavarini S., et al., “Antioxidant capacity, ascorbic acid, total phenols and carotenoids during harvest and after storage of Hayward kiwifruit,” *Food Chemistry*, 107: 282–288 (2008).
34. Simal S., et al., “Mathematical modelling of the drying curves of kiwi fruits: influence of the ripening stage,” *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85: 425–432 (2005).
35. Beirao-da C.S., et al., “Influence of moderate heat treatments on physical and chemical characteristics of kiwifruits slices,” *European Food Research and Technology*, 226: 641–651 (2008).
36. Kunzek H., et al., “The significance of physicochemical properties of plant cell wall materials for the development of innovative food products,” *European Food Research and Technology*, 214: 361–376 (2002).
37. Goula A.M. and Adamopoulos K.G., “Retention of ascorbic acid during drying of tomato halves and tomato pulp,” *Drying Technology*, 24: 57–64 (2006).
38. Uddin M.S., et al., “Kinetics of ascorbic acid degradation in dried kiwifruits during storage,” *Drying Technology*, 19 (2): 437–446 (2001).
39. Orikasa T., et. al, “Drying characteristics of kiwifruit during hot air drying,” *Journal of Food Engineering*, 85: 303–308 (2008).

40. Mohammadi I., et al., “Effect of air recirculation and heat pump on mass transfer and energy parameters in drying of kiwifruit” *Slices Energy*, 170: 149–158, (2019).
41. Femenia A., et. al., “Effects of air-drying temperature on the cell walls of kiwifruit processed at different stages of ripening, LWT,” *Food Science and Technology*, 42: 106–112 (2009).
42. Zhou X., et al., “Combined radio frequency-vacuum and hot air drying of kiwifruits: Effect on drying uniformity, energy efficiency and product quality,” *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 56: 102-182 (2019).
43. Simal S., et al., “Use of exponential, Page’s and diffusional models to simulate the drying kinetics of kiwi fruit,” *Journal of Food Engineering*, 66: 323–328 (2005).
44. Maskan M., Drying, “Shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying,” *Journal of Food Engineering*, 48: 177–182 (2001).
45. Variyenli H.I., “Güneş enerjisi destekli düz ve hapsedici yüzeyli kurutma fırınlarının performanslarının kivi kurutarak karşılaştırılması,” *Politeknik Dergisi*, 21 (3): 723-729 (2018).
46. Kaya A., and Al., “Experimental and numerical investigation of heat and mass transfer during drying of Hayward kiwi fruits (*Actinidia Deliciosa* Planch)”, *Journal of Food Engineering*, 88: 323–330 (2008).
47. Özgür, Eydemir, “Kastamonu İlinde Kivi Yetiştiren İşletmelerin Sosyo-Ekonomik Durumu”, Yüksek Lisans Tezi, *Tekirdağ Namik Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekirgağ, 19-26 (2019).
48. Internet : Santé Canada, “2010 Fichier canadien sur les éléments nutritifs” https://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche.aspx?doc=kiwi_nu#:~:text=Les%20chercheurs%20ont%20observ%C3%A9%20que,risque%20associ%C3%A9s%20aux%20maladies%20cardiovasculaires (2010).
49. Kassardjian, E., Ferguson, A.R., Ferguson, L.R. *Et Al*, “Kiwifruit, your Health Partner”, *Phytothérapie*, 4: 87–92 (2006).
50. Cemeroglu, B., Karadeniz, F. Ve Özkan, M., “Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gıda Teknolojisi Derneği*, Ankara, 77-570 (2003).
51. Doğan, H. ve Ersöz, M. A., “Akışkan yatak sürekli kurutucuda tuz kurutulmasının deneysel incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09)*, Karabük, 1544-1550 (2009).

52. Acartürk, F., Ağabeyoğlu, İ., Çelebi, N., Değim, T., Değim, Z., Doğanay, T., Takka, S. ve Tırnaksız, F., “Modern Farmasotik Teknoloji”, Yüksek Lisans Tezi, *Türk Eczacılar Birliği Eczacılık Akademisi Yayını*, Ankara, 18-47 (2009).
53. Günerhan, H., “Endüstriyel kurutma sistemleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi*, Ankara, 36 (13): 1-10 (2005).
54. Liapis, A.I., Litchfield, R.J., “Optimal Control of Freeze Dryer-I”, *Chemical Engineering Science*, 34(7): 975-981 (1979).
55. İnternet : “Labogene marka Scanvac Coolsafe model dondurarak kurutma”, https://www.google.com/search?q=Labogene+marka+Scanvac+Coolsafe+model+dondurarak+kurutma&hl=fr&sxsrf=ALeKk01QIVVM_AAKVr32mXHSyAUwPE-ZXw:1611681547340&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjW0PrQjbruAhWKyIUKHUR1A78Q_AUoAXoECA4QAw&biw=1366&bih=657 (2020).
56. Sadikoglu H., et al., “Optimal control of the primary and secondary drying stages of bulk solution freeze drying in trays,” *Drying Technology*, vol. 16, pp. 399-431 (2007).
57. Acar B., et al, “Freeze-Drying Kinetics And Diffusion Modeling Of Saffron (Crocus Sativus L.),” *Journal of Food Processing and Preservation*, 39: 142 – 149 (2015).
58. Menges H.O. and Ertekin C., “Mathematical modeling of thin layer drying of Golden apples,” *Journal of Food Engineering*, 77: 119-125 (2006).
59. Gálvez A.V., et al., “Empirical modeling of drying process for apple (Cv. Granny Smith) slices at different air temperatures,” *Journal of Food Processing Preservation*, 32: 972–986 (2008).
60. Rayaguru K., et al., “Mathematical modelling and quality parameters of air-dried betel leaf (Piper betle L.),” *Journal of Food Processing Preservation*, 35: 394–401 (2011).
61. Zogzas N.P., et al., “Moisture diffusivity data compilation in foodstuffs,” *Drying Technology*, 14: 2225–2253 (1996).

ÖZGEÇMİŞ

Abdillahi ROBLEH GUINALEH 1994 yılında Cibuti’de doğdu; ilk, orta, lise öğrenimini Cibutide tamamladı. Cibuti Devellet Lisesi mezun oldu. 2013 yılında Cibuti Üniversitesi Fen bilimleri Fakültesi, Fizik-Kimya, seçenek Fizik Bölümü’nde öğrenime başlayıp, Temmuz 2017 yılında mezun oldu. 2018 yılında Karabük Üniversitesi Türkiçe öğrenime başladım. Şubat 2019 başında Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında Bölümde öğrenime başladım.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : 100 yıl mahalesi 1024 sokak No :3 konak apt kat 3 daire 1 /Karabük Merkez

Tel : (534) 9878607

E-posta : abdillahiroble2013@gmail.com