

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PATATESİN FARKLI KURUTMA
ŞARTLARINDAKİ KURUTMA
KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Gülay MENGEŞ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI
KONYA, 2005

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PATATESİN FARKLI KURUTMA ŞARTLARINDAKİ KURUTMA
KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Gülay MENGEŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

Bu tez 14/12/2005 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
oy birliğiyle kabul edilmiştir

Prof. Dr. Fikret DEMİR

(Üye)

Prof. Dr. Kazım ÇARMAN

(Üye)

Yrd. Doç. Dr. Haydar
HACİSEFEROĞULLARI

(Danışman)

ÖZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
PATATESİN FARKLI KURUTMA ŞARTLARINDAKİ KURUTMA
KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Gülay MENGEŞ
Selçuk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Haydar HACISEFEROĞULLARI
2005, **Sayfa:** 64

Jüri: Prof. Dr. Fikret DEMİR
Prof. Dr. Kazım ÇARMAN
Yrd. Doç. Dr. Haydar HACISEFEROĞULLARI

Bu çalışmada, patatesin farklı hava sıcaklığı ve ön işlem şartlarında gösterecekleri kurutma karakteristikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Denemelerde hava sıcaklığı olarak 60 °C, 70 °C ve 80 °C, hava hızı olarak 2 m/s alınmıştır. Patates örnekleri, kurutma öncesi ön işlem olarak 20x10x4 mm, 12.5x12.5x12.5 mm ve 25x12.5x12.5 mm boyutlarında kesildikten sonra kurutulmuşlardır. Elde edilen verilerden yararlanılarak istatistiki değerlendirmeler yapılmıştır.

Denemeler sonucunda, hava sıcaklığının ve uygulanan ön işlemin patatesin kuruma hızı üzerine olan etkisi belirlenmiştir. Patateslere ait kuruma sabiti (k) değerleri 20x10x4 mm boyutundaki patates örneklerinde 1,997...3.787, 12.5x12.5x12.5 mm boyutundaki patates örneklerinde 0,851...1,341 ve 25x12.5x12.5 mm boyutundaki patates örneklerinde 0,601...0,833 arasında bulunmuştur.

ANAHTAR KELİMELE: Patates, hava sıcaklığı, hava hızı, ön işlem, kuruma hızı, kuruma sabiti

ABSTRACT
MS THESIS

**THE DETERMINATION OF DRYING CHARACTERISTICS AT
CONDITIONES DIFFERENT DRYING OF POTATO**

Gülay MENGEŞ

Selçuk Universty

Graduate School of Naturel and Applied Sciences

Department of Agricultural Machinery

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Haydar HACISEFEROĞULLARI

2005, **Pages:** 64

Jury: Prof. Dr. Fikret DEMİR

Prof. Dr. Kazım ÇARMAN

Assist. Prof. Dr. Haydar HACISEFEROĞULLARI

In this study the drying characteristics of potato which is grown Niğde region for different air temperature and pretreatments were determined. In the trials, air temperatures as 60 °C, 70 °C, 80 °C and air velocities as 2.0 m/s were taken. Potato samples that cut at dimensions 20x10x4 mm, 12.5x12.5x12.5 mm and 25x12.5x12.5 mm were dried. Statistical evaluations were done from data which taken trials.

In the trials result, the effects on potato drying velocity of air temperature and applied pretreatment were determined. Drying coefficient(k) values for samples of potato were found 1,997...3.787 (20x10x4 mm); 0,851 ...1,341(12.5x12.5x12.5 mm) ;0,601...0,833(25x12.5x12.5 mm) respectively.

KEY WORDS: Potato, air temperature, air velocity, pretreatment, drying velocity, drying coefficient

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın yüksek lisans tezi olarak planlanıp yürütülmesinde ve sonuçların değerlendirilmesinde destek ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd.Doç.Dr.Haydar HACISEFEROĞULLARI'na teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışma süresince yardımlarını gördüğüm Tarım Makinaları Bölümü Öğretim Üyesi hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

KONYA, 2005

Gülay MENGEŞ

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Cizelge No</u>	<u>Sayfa No</u>
1.1. Türkiye’de Yıllar İtibariyle Sebze Üretim Değerleri	1
1.2. Yıllar İtibariyle Yumru Sebzelerin Üretim Değerleri	2
1.3. Kurutulmuş Ürünlerin İhracat Miktarları Ve Gelirleri	2
4.1. Tek Hız Kademesinde Dairesel Kanalda Ölçülen Hız Değerleri	26
4.2. Denemelerin Gerçekleştiği Kurutma Havası Koşulları	29
5.1.Denemelerde Kullanılan Havanın Isıtma Öncesi ve Sonrası Belirlenen Bazı Psikometrik Özellikleri	30
5.2. Farklı Kurutma Koşullarında,Patates Örneklerinin Sabit+Azalan Hızla Kuruma Evrelerine Ait Alınabilir Nem Oranı (Y)–Kuruma Süresi (T) İlişkisini Belirleyen Regresyon Denklemleri	38

EK ÇİZELGE LİSTESİ

Ek Çizelge No

Sayfa No

1. 20x10x4 mm Boyutundaki Patates Örneklerinin Kurutulması Sonucunda Elde Edilen Ortalama % Ağırlık Azalması Değerlerinin Çeşitli Parametreler İçin Varyans Analiz Sonuçları.....46
2. 20x10x4 mm Boyutundaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Kurutma Havası Sıcaklıklarına Yapılan Duncan Testi Sonuçları 46
3. 20x10x4 mm Boyutundaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Kuruma Zamanlarına Yapılan Duncan Testi Sonuçları 46
4. 20x10x4 mm Boyutundaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Sıcaklık x Zaman İnteraksiyonuna Yapılan Duncan Testi Sonuçlar 46
5. 12.5x12.5x12.5 mm Boyutundaki Patates Örneklerinin Kurutulması Sonucunda Elde Edilen Ortalama % Ağırlık Azalması Değerlerinin Çeşitli Parametreler İçin Varyans Analiz Sonuçları 47
6. 12.5x12.5x12.5 mm Boyutundaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Kurutma Havası Sıcaklıklarına Yapılan Duncan Testi Sonuçları 47
7. 12.5x12.5x12.5 mm Boyutundaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Kuruma Zamanlarına Yapılan Duncan Testi Sonuçları... 47
8. 12.5x12.5x12.5 mm Boyutundaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Sıcaklık x Zaman İnteraksiyonuna Yapılan Duncan Testi Sonuçları edilen sonuçlar 48
9. 25x12.5x12.5 mm Boyutundaki Patates Örneklerinin Kurutulması Sonucunda Elde Edilen Ortalama % Ağırlık Azalması Değerlerinin Çeşitli Parametreler İçin Varyans Analiz Sonuçları 48

10. 12,5x12,5x12,5 mm Boyutundaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Kurutma Havası Sıcaklıklarına Yapılan Duncan Testi Sonuçları	48
11. 25x12,5x12,5 mm Boyutundaki Şeklindeki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Kuruma Zamanlarına Yapılan Duncan Testi Sonuçları	49
12. 25x12,5x12,5 mm Boyutundaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Sıcaklık x Zaman İnteraksiyonuna Yapılan Duncan Testi Sonuçları	49
13. 20x10x4 mm 12,5x12,5x12,5 mm ve 25x12,5x12,5 mm Boyutlarındaki Patates Örneklerinin Kurutulması Sonucu Elde Edilen Ortalama % Ağırlık Azalması Değerlerinin Varyans Analiz Sonuçları	50
14. 20x10x4 mm 12,5x12,5x12,5 mm ve 25x12,5x12,5 mm Boyutlarındaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Kurutma Havası Sıcaklığına Yapılan Duncan Testi Sonuçları	50
15. 20x10x4 mm 12,5x12,5x12,5 mm ve 25x12,5x12,5 mm Boyutlarındaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Ön İşlem Değerlerine Yapılan Duncan Testi Sonuçları	50
16. 20x10x4 mm 12,5x12,5x12,5 mm ve 25x12,5x12,5 mm Boyutlarındaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Kuruma Zamanlarına Yapılan Duncan Testi Sonuçları	50
17. 20x10x4 mm 12,5x12,5x12,5 mm ve 25x12,5x12,5 mm Boyutlarındaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Ön İşlem x Sıcaklık İnteraksiyonuna Yapılan Duncan Testi Sonuçları	51
18. 20x10x4 mm 12,5x12,5x12,5 mm ve 25x12,5x12,5 mm Boyutlarındaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Ön İşlem x Zaman İnteraksiyonuna Yapılan Duncan Testi Sonuçları	51

19. 20x10x4 mm 12,5x12,5x12,5 mm ve 25x12,5x12,5 mm Boyutlarındaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Sıcaklık x Zaman İteraksiyonuna Yapılan Duncan Testi Sonuçları	51
20. 20x10x4 mm 12,5x12,5x12,5 mm ve 25x12,5x12,5 mm Boyutlarındaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Ön İşlem x Sıcaklık x Zaman İteraksiyonuna Yapılan Duncan Testi Sonuçları	52
21. Patates Örneklerinde 60 °C Sıcaklık İçin Yaş Ağırlık Esasına Göre Hesaplanan Ortalama % Nem Değişimi Değerleri.....	53
22. Patates Örneklerinde 70 °C Sıcaklık İçin Yaş Ağırlık Esasına Göre Hesaplanan Ortalama % Nem Değişimi Değerleri.....	54
23. Patates Örneklerinde 80 °C Sıcaklık İçin Yaş Ağırlık Esasına Göre Hesaplanan Ortalama % Nem Değişimi Değerleri.....	55
24. Patates Örneklerinde 60 °C Sıcaklık İçin Kuru Ağırlık Esasına Göre Hesaplanan Ortalama % Nem Değişimi Değerleri.....	56
25. Patates Örneklerinde 70 °C Sıcaklık İçin Kuru Ağırlık Esasına Göre Hesaplanan Ortalama % Nem Değişimi Değerleri.....	57
26. Patates Örneklerinde 80 °C Sıcaklık İçin Kuru Ağırlık Esasına Göre Hesaplanan Ortalama % Nem Değişimi Değerleri.....	58
27. Patates Örneklerinde 60 ° C Sıcaklık İçin Ortalama Alınabilir Nem Oranı (A.N.O) Değerleri.....	59
28. Patates Örneklerinde 70 °C Sıcaklık İçin Ortalama Alınabilir Nem Oranı (A.N.O) Değerleri.....	60
29. Patates Örneklerinde 80°C Sıcaklık İçin Ortalama Alınabilir Nem Oranı (A.N.O) Değerleri.....	61
30. Patates Örneklerinde 60 °C Sıcaklık İçin Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleri.....	62
31. Patates Örneklerinde 70 °C Sıcaklık İçin Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleri.....	63
32. Patates Örneklerinde 80 °C Sıcaklık İçin Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleri.....	64

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Sekil No</u>	<u>Sayfa No</u>
2.1. Sorpsiyon eğrisinin kurutmanın statüğü açısından anlamı	4
2.2. Tarım Ürünlerinin Kinetik Kuruma Eğrileri	5
3.1. Hava sıcaklığının ve bağıl nemin çeltiğin kurutma süresine etkisi.....	10
3.2. Çeşitli faktörlerin sarımsak kurutmaya etkileri.....	13
3.3.Çeşitli faktörlerin soğanın kuruma karakteristiklerine etkileri	15
3.4. Siklon Tipi Kurutucunun Şematik Gösterimi	17
4.1. Nem ölçme cihazı.....	20
4.2. Sıcaklık ve hava hızı ölçü cihazı.....	21
4.3. Deneme düzeninin şematik görünüşü	23
4.4. Deneme düzeninin genel görünüşü	23
4.5. Kurutucu kanal kesitinde hız ölçüm noktaları	25
5.1. 2.0 m/s hava hızında kurutulan 20x10x4 mm boyutundaki patates örneklerinin kurutma havası sıcaklığına bağılı olarak gösterdikleri % nem değışimi.....	32
5.2. 2.0 m/s hava hızında kurutulan 12.5x12.5x12.5 mm boyutundaki patates örneklerinin kurutma havası sıcaklığına bağılı olarak gösterdikleri % nem değışimi	34
5.3. 2.0 m/s hava hızında kurutulan 25x12.5x12.5 mm boyutundaki patates örneklerinin kurutma havası sıcaklığına bağılı olarak gösterdikleri % nem değışimi	34
5.4. 60°C sıcaklıkta ve 2.0 m/s hava hızı değërlerinde kurutulan farklı boyutlardaki patates örneklerinin gösterdikleri % nem değışimi.....	35
5.5. 70°C sıcaklıkta ve 2.0 m/s hava hızı değërlerinde kurutulan farklı boyutlardaki patates örneklerinin gösterdikleri % nem değışimi.....	35

- 5.6. 80°C sıcaklıkta ve 2.0 m/s hava hızı değerlerinde kurutulan farklı boyutlardaki patates örneklerinin gösterdikleri % nem değişimi.....36
- 5.7. Farklı kurutma koşullarında elde edilen ve genel kurutma denklemi ile tahmin edilen alınabilir nem oranı değerlerinin zamana göre değişimi.....40

İÇİNDEKİLER

ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÇİZELGE LİSTESİ	iv
EK ÇİZELGE LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	viii
İÇİNDEKİLER	x
1. GİRİŞ	1
2. KURUMA MEKANİZMASI	4
2.1. Kurumanın Statiği ve Kinetiği	4
2.1.1. Kurumanın statiği	4
2.1.2. Kurumanın kinetiği	5
3. KAYNAK ARAŞTIRMASI	9
4. MATERYAL VE METOT	19
4.1. Materyal	19
4.1.1. Araştırmada kullanılan ürün	19
4.1.2. Araştırmada kullanılan araçlar ve ölçüm cihazları	19
4.1.3. Deneme düzeni	22
4.2. Metod	24
4.2.1. Örneklerin hazırlanması	24
4.2.2. Deneme düzenin çalışması	23
4.2.3. Kurutucu kanal kesitinde hız ölçümü	25
4.2.4. Hava sıcaklığının, hava hızının ve bağıl nemin ölçülmesi	26
4.2.5. Ürün neminin belirlenmesi	27
4.2.6. Deneme materyali ürünlerin kuruma değişkenlerinin belirlenmesi	28
4.2.6.1. Deneme materyali ürünlerin kuruma değişkenlerinin belirlenmesi	28
4.2.6.2. Deneyisel kuruma sabitlerinin belirlenmesi	28

4.2.6.3. Ürüne ait kuruma karakteristiklerinin belirlenmesinde dikkate alınan parametreler	29
5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	30
5.1. Patates Örneklerinin Kurutulmasında Ürün Neminin Kurutma Havası Sıcaklığı ve Kurutma Öncesi Uygulanan Ön İşleme Bağlı Olarak Gösterdiği Değişim	30
5.1.1. Kurutmada kullanılan hava sıcaklığının deneme materyali ürünlerin kuruması üzerine etkileri	31
5.1.2. Kurutma öncesi uygulanan ön işlemin Patates Örneklerinin kuruması üzerine etkisi	34
5.2. Farklı Koşullarda Kurutulan Deneme Materyali Ürünlere Ait Kuruma Sabiti Değerleri	37
6. KAYNAKLAR	42
EK ÇİZELGELER.....	46

1. GİRİŞ

Tarımsal ürünlerin uzun süre saklanabilmeleri için kurutma, soğutma, kimyasal maddelerle muamele gibi bazı işlemlerden geçirilmeleri gerekmektedir. Bunlar içerisinde uygulama alanı en geniş olan yöntem kurutmadır (Ergüneş 1990).

Çağlar boyunca insanların, doğayı kontrol etmedeki başarısı artınca, doğanın ürünler üzerindeki kötü etkisi de ortadan kalkmıştır. Tarımsal ürünlerin kurutulmasında kaydedilen ilerlemeler, insanların daha verimli üretim yapmada attıkları en önemli adımlardan birisidir (Toksoy 1983).

Türkiye, sebze üretim potansiyeli ve ülke çapındaki yaygınlığı bakımından zengin ve kendisine yeterli bir seviyededir. Çizelge 1.1 ve 1.2’de Türkiye’de üretimi yaygın olarak yapılan sebze türlerinin yıllara göre üretim değerleri verilmiştir.

Çizelge 1.1. Türkiye’de Yıllar İtibariyle Sebze Üretim Değerleri (ton) (Anonymous 1999, 2000, 2001, 2002 ve 2003)

Ürün	1999	2000	2001	2002	2003
Lahana	621.000	622.000	610.000	620.000	629.000
Ispanak	200.000	205.000	210.000	220.000	220.000
Pırasa	314.000	308.000	300.000	290.000	305.000
Kabak	263.000	260.000	305.000	280.000	295.000
Patlıcan	976.000	924.000	945.000	955.000	935.000
Bamya	24.500	27.500	30.000	31.000	35.500
Domates	8.956.000	8.890.000	8.425.000	9.450.000	9.820.000
Sivri biber	1.069.000	1.090.000	1.150.000	1.340.000	1.370.000
Dolmalık biber	393.000	390.000	410.000	410.000	420.000
Fasulye	471.000	514.000	490.000	515.000	545.000
Bezelye	55.000	48.000	60.000	69.000	54.000
Havuç	239.000	235.000	230.000	235.000	405.000

Çizelge 1.2. Yıllar İtibariyle Yumru Sebzelerin Üretim Değerleri (Anonymous 1998, 1999, 2000, 2001 ve 2002)

Soğan				Sarımsak		
Yıllar	Alan(ha)	Üretim (ton)	Verim (kg/ha)	Alan(ha)	Üretim (ton)	Verim (kg/ha)
1998	105 000	2 270 000	21 619	11 000	80 000	7 273
1999	113 000	2 500 000	22 124	11 600	86 000	7 414
2000	100 000	2200 000	22 000	11 350	81 000	137
2001	99 500	2 150 000	21 608	11 000	83 000	7545
2002	90 000	2 050 000	22 778	9 000	75 000	8333

Patates				Hayvan Pancarı		
Yıllar	Alan(ha)	Üretim (ton)	Verim (kg/ha)	Alan(ha)	Üretim (ton)	Verim (kg/ha)
1998	203 000	5 250 000	25 862	2 600	120 000	46 154
1999	220 000	6 000 000	27 273	2 700	122 000	45 185
2000	205 000	5 370	26 195	3 100	140 000	45 161
2001	200 000	5 000	25 000	3 150	150 000	47 650
	198 000	5 200 000	26 297	3 300	160 000	45 154

Kuru ürün şeklinde ihraç edilen sebze ve meyvelerin ülke ekonomisine olan katkıları şüphesizdir. Bunlardan bazıları lahana, bamya, kabak, soğan, sarımsak, havuç, pırasa, patates, şeftali, üzüm, kayısı, incir ve defne yaprağıdır. Çeşitli kurutulmuş ürünlerin ihracat miktarları ve elde edilen gelirleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.3. Bazı Kurutulmuş Ürünlerin İhracat Miktarları ve Gelirleri (Ertekin 2002)

Ürün		1998	1999	2000
Sebzeler	Ton	3825	4196	4598
	1000\$	14344	14284	14835
Üzüm	Ton	193142	188943	201744
	1000\$	211937	202970	196995
Kayısı	Ton	49870	55402	70252
	1000\$	119190	126169	110379
Erik	Ton	554	936	1189
	1000\$	602	898	1109
İncir	Ton	37024	40238	43066
	1000\$	71168	70278	68038
Mantar	Ton	68	21	35
	1000\$	1972	2490	999

Sebze ve meyveler için uygulanacak kurutma yöntemleri şüphesiz büyük önem taşımaktadır. Uygun kurutma tekniklerinin kullanılmasıyla ihracat gelirlerini artırmak mümkün olacaktır. Ülkemizde kurutma işlemi genellikle güneşe sererek yapılmaktadır. Güneşte kurutmada hijyenik koşulları kontrol etme imkanı bulunmamakta ve kurutulan ürünler açık alanda çeşitli böcek, kuş ve benzeri canlıların zararına uğramakta ve ayrıca

ürün tozlanmaktadır. Bu nedenle de ürünlerin kalitesi düşmekte ve pazar değeri azalmaktadır.

Yapay kurutmada, güneşte kurutmanın bir çok olumsuz yönleri ortadan kaldırılmış olmaktadır. Bu yöntem ile kurutmada sağlanabilecek bazı avantajları şöyle sıralayabiliriz:

- Kurutma süresi büyük oranda kısalmaktadır. Doğal koşullarda 1-2 hafta süren kurutma işlemi yapay kurutucularda 20-24 saate inebilmektedir,
- Daha temiz ve kaliteli ürün alınabilmektedir,
- Yapay kurutma ile vitamin kayıpları en aza inmektedir (Winkler 1962).

Yapay kurutma yönteminin bu üstünlüklerine karşın kuruluş ve işletme masraflarının yüksek olması kullanım alanını büyük ölçüde sınırlandırmaktadır (Ergüneş 1990).

Uygun bir kurutma açısından kurutucularda, kurutmaya etkili faktörlerin ürünün özelliğine bağlı olarak kontrol altına alınabilmesi önemlidir. Bu faktörler arasında materyalin şekli, boyutları, kurutulacak materyalin kurutma ortamındaki konumu, fiziksel ve kimyasal yapısı gibi etmenler kuruma üzerine etkili olmaktadır. Ancak bugüne kadar yapılan araştırmalar, bu faktörlerin kuruma sırasında önemli sayılabilecek bir değişim göstermediği ve hava şartlarına oranla ihmal edilebilecek düzeyde olduğunu göstermiştir.

Bir materyalin kuruması üzerine etki eden en önemli dış faktör kurutmada kullanılan hava şartlarıdır. Bu nedenle hava şartları olarak sıralayabileceğimiz havanın sıcaklığı, nemi, ve hava hızının farklı değerleri için materyalin göstereceği değişimi incelemek bize o materyalin kuruma karakteristikleri hakkında yeterli bilgi verebilmektedir (Ergüneş 1990).

Bu çalışmadaki temel amaç, farklı boyut ve farklı kurutma sıcaklıklarında kurutulan patates örneklerinin kuruma kinetiğini incelemek ve patateslerin tüm kuruma periyodu boyunca göstereceği özellikleri bilinir hale getirerek, bu amaçla geliştirilmesi düşünülecek yapay kurutucuların tasarımı için temel doneleri ortaya koymaktır. Ayrıca bu konuda yapılacak çalışmalar için bir katkı sağlayacağı düşüncesi hedeflenmiştir

2. KURUMA MEKANİZMASI

2. 1. Kurumanın Statiği ve Kinetiği

Kurutma, nemli materyal ile çevresi arasında gerçekleşen karmaşık bir nem alıp-verme işlemidir (Ertekin 2002). Bu işlem sırasında materyalin nemi, çevresindeki katı veya akışkan (sıvı veya gaz) fazdaki ortama geçer. Kurutma işlemlerinde çevre ortamı olarak genellikle hava kullanılmaktadır. Bu nedenle kurutma nemli materyal ile hava arasındaki bir ilişki olarak ele alınabilmektedir (Demir ve Günhan 2002).

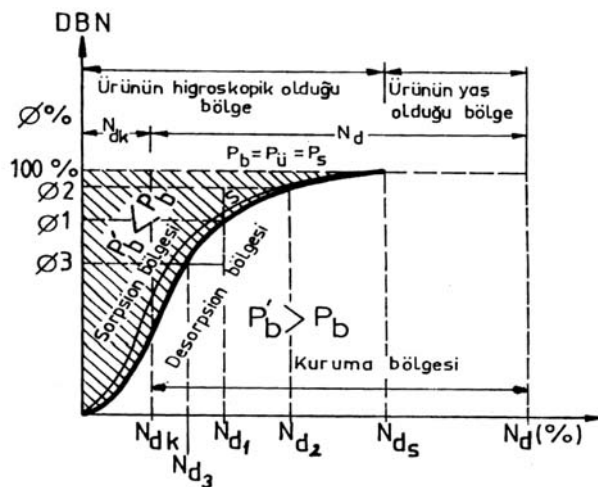
Kuruma sırasında materyal neminde meydana gelen değişimler ve etkili unsurlar, statik ve kinetik açılarından incelenebilir.

2. 1. 1. Kurumanın statik

Hava ile materyal arasındaki nem dengesi, zaman dikkate alınmadan irdelenmektedir. Nem dengesi iki olayla gerçekleşebilir:

- a- Desorpsiyon (materyalin çevre havasına nem vermesi)
- b- Sorpsiyon (materyalin çevreden nem alması)

Denge durumunda; havada bulunan su buharının kısmi basıncı (P_b) ile ürünün yüzeyinde bulunan suyun buhar basıncı (P_u) birbirine eşittir. Materyalin yüzey sıcaklığı yaklaşık çevre havası yaşı termometre havası sıcaklığına eşit olduğundan ürünün yüzeyinde bulunan suyun buhar basıncı ile (P_u), havanın yaşı termometre sıcaklığındaki su buharının kısmi buhar basıncı (P'_b) eşit alınabilmektedir. Bu nedenle denge durumunda materyalin ulaştığı nem (N_d), havanın kısmi buhar basıncına yani bağıl nemine (ϕ) bağlıdır.

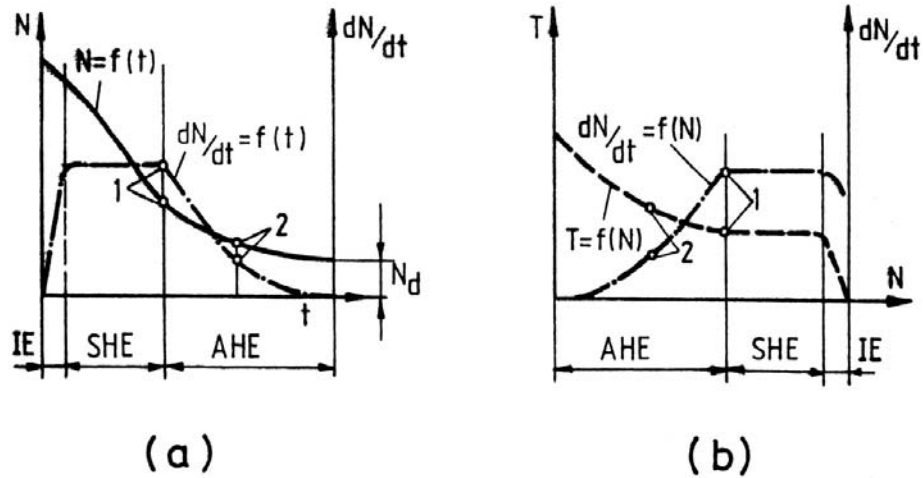


Şekil 2.1. Sorpsiyon eğrisinin kurutmanın statik açısından anlamı (Yağcıoğlu 1999)

Herhangi bir materyalin sorpsiyon izoterm eğrisi kurutma açısından incelendiğinde sorpsiyon ve desorpsiyon bölgeleri Şekil 2.1’de gösterildiği gibidir. Şekilde görüldüğü gibi, izotermi denge bağıl nemi (DBN) eksenine ile arasında kalan bölge içindeki her noktada ürünün yüzeyinde bulunan suyun buhar basıncı havada bulunan suyun buhar basıncından daha küçük olduğundan bu bölge, materyalin bünyesine nem aldığı şartları belirtmektedir. İzotermi denge nemi eksenine ile arasında kalan bölge içinde ise durum tam ters olduğundan bu bölge materyalin çevreye nem verdiği şartları belirtmektedir. Tarım ürünlerinde bulunan suyun tümü, kurutma sırasında üründen tamamen alınmadığından gerçek kuruma bölgesi şekilde görülen alandan daha küçüktür. Bu nedenle kuruma bölgesi ürünün ulaşabileceği en küçük denge nemi N_{dk} değerinden geçen bir eksenle başlatılarak gösterilmektedir.

2. 1 .2. Kurumanın kinetiği

Kurumanın kinetiğinde, materyal ile çevresindeki hava arasındaki nem alışverişi, kuruma sürecinde geçen zaman dikkate alınarak incelenir. Şekil 2.2’de tarım ürünlerinin kinetik kuruma eğrileri görülmektedir.



Şekil 2.2. Tarım Ürünlerinin Kinetik Kuruma Eğrileri (Demir ve Günhan 2002)

Yukarıdaki şeklin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere kuruma olayının kinetik olarak incelenmesi sırasında aşağıdaki ilişkiler dikkate alınmaktadır:

- Materyalin nemi ile kuruma süresi: $N=f(t)$
- Kuruma hızı ile materyal nemi: $dN/dt=f(N)$
- Kuruma hızı ile kuruma süresi: $dN/dt=f(t)$
- Materyal sıcaklığı ile nemi: $T=f(N)$

Kuruma olayının gerçekleşmesi sırasında üç evre ile karşılaşmaktadır.

Bu evreler;

- Materyalin ısınma evresi (IE),
- Sabit hızla kuruma evresi (SHE),
- Azalan hızla kuruma evresi (AHE)'dir.

Kuruma başlangıcında görülen ısınma evresi (IE), kurutulacak ürünün sıcaklığı, kurutma ortamının sıcaklığı ile dengeye gelinceye kadar devam etmektedir. Bu evrede kuruma hızı giderek artarak bu evrenin sonunda en yüksek değerine ulaşmaktadır. IE süresi, toplam kurutma süresine göre çok kısa olduğundan kuruma eğrilerinde gösterilmemektedir (Yağcıoğlu 1981 ve Güner 1991).

Sabit hızla kuruma evresinde (SHE), kurutulacak materyalin yüzeyi başlangıçta ince bir su tabakası ile kaplıdır. Öncelikle bu su tabakası buharlaşmaya başlar. Ürünün özelliklerine bağlı olmayan bu buharlaşma tamamen dış hava koşullarınca belirlenmekte ve nem materyalin yüzeyinden, herhangi bir serbest su tabakasının yüzeyinden buharlaşan su ile aynı davranışı göstererek buharlaşmaktadır. Yüzeydeki serbest su tabakası sabit bir kuruma hızı ile buharlaşırken devamlı olarak hücre aralarındaki hava boşluklarının meydana getirdiği kılcal borularla beslenmektedir, diğer bir ifadeyle, sabit hızla kuruma evresi (SHE) boyunca, suyun materyal yüzeyine iletim hızı ile yüzeyden buharlaşan suyun hızı birbirine eşit olmaktadır (Akyurt ve ark.1971).

Sabit hızla kuruma evresi (SHE) boyunca, materyalden yüzeye doğru bir nem taşınması söz konusu olduğundan, materyalin iç katmanlarındaki nem miktarı giderek azalmaktadır. Bu durum nedeniyle, kurumakta olan materyalin yüzeyinden birim zamanda buharlaşarak ayrılan suya eşit miktarda su, artık iç kısımlardan yüzeye taşınamamaktadır. Bunun sonucunda, materyalin yüzeyinin tamamen serbest su ile kaplı olması durumu sona ermektedir. Bu anda materyalin sahip olduğu nem düzeyine birinci kritik nem ve kuruma eğrilerinde bu durumu belirleyen noktaya ise birinci kritik nokta (BKN) adı verilmektedir.

Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı üzere, sabit hızla kuruma evresi (SHE), ısınma evresinin (IE) sona erdiği nokta ile birinci kritik nokta (BKN) arasında yer almaktadır.

Tarım ürünlerinin, özellikle tahılların, hasat sırasında sahip oldukları nem genellikle BKN değerinden daha az olmaktadır. Bu nedenle, sebze ve meyvelerin dışında

kalan çoğu tarım ürününün kurutulmasında sabit hızla kuruma evresine (SHE) rastlanmamaktadır..

Birinci Kritik Nokta (BKN) değerinden sonra, kuruma eğrisinin eğimi azalan yönde hızla değişim göstermektedir. Bu noktadan itibaren, kuruma hızının zaman içinde giderek azaldığı başka bir evre başlamaktadır. Bu evre, birim zaman aralıklarında buharlaşan nem miktarının bir önceki zaman dilimine göre azalma göstermesi nedeniyle, azalan hızla kuruma evresi (AHE) olarak tarif edilmektedir.

Bu evre kendi içersinde, iki aşamada gerçekleşmektedir. Materyalin yüzeyindeki su filmi kaybolmaya başlayınca, kuruma hızı da ıslak alan miktarı ile orantılı olarak azalma göstermektedir. Bu evreye “1. azalan hızla kuruma evresi” denilmektedir. Bu evre sonunda, suyun materyalin iç kısımlarından yüzeye iletim hızı, yüzeyden meydana gelen buharlaşma hızında daha küçük olduğundan, materyalin yüzeyinin tamamen ince su tabakası ile kaplanması durumu ortadan kalkmaktadır. Bu andan itibaren kuruma hızı daha da yavaşlamakta ve bu noktadan itibaren “2. azalan hızla kuruma evresi” başlamaktadır.

Bu evre sonunda, materyal ile çevrenin sıcaklığı eşit duruma gelerek, $N=f(t)$ eğrisi N_d değerine, $dN/dt=f(N)$ eğrisi ise sıfır değerine ulaşarak birbirlerine asimptot olmaktadır.

Azalan hızla kuruma evresi (AHE) sırasında, kuruma hızı değişiminin doğrusallıktan sapmaya başladığı noktaya, ikinci kritik nokta (İKN) ve materyalin bu andaki nem değerine ise “ikinci kritik nem” adı verilmektedir.

Bu evre sırasındaki kuruma olayını incelemek amacıyla;

- Teorik
- Yarı teorik,
- Deneysel yöntemlerle elde edilen çeşitli matematiksel modellerden yararlanmak mümkündür.

Bu modellerin bazı yararlı ve sakıncalı yönlerinin olduğu kuşkusuzdur. Teorik modeller her türlü madde ve koşul için uygulanabilmektedirler. Ancak çözümü için gereken eşitliklerin bir çok parametre ve karmaşık yapı içermesi bu tür modellerin kullanışlılığını azaltmaktadır. Yarı teorik modeller daha az karmaşık olmakla birlikte içerdikleri parametrelerin yalnızca ele alınan ürünlerle ilgili olması, kullanımını kısıtlamaktadır. Deneysel yollarla elde edilen verilere dayanarak kuruma hızının

belirlenmesinde, karmaşık matematiksel eşitlikler yoktur. Ancak elde edilen eşitlikler deneme yapılan materyal ve deneme koşulları için geçerli olmaktadır. Yarı teorik modeller içinde en yaygın kullanım alanı bulunan eşitlik “logaritmik kurutma” denklemi olarak bilinmektedir.

$$\frac{N_t - N_d}{N_0 - N_d} = \exp(-kt) \dots\dots\dots (1)$$

(Ayensu 1997: Tiris ve ark. 1994: Liu ve Bakker-Arkema 1997)

Eşitlikte (N_0) başlangıç nemini, (N_t) t anındaki nemi, (N_d) ise denge nemini ifade etmektedir. Eşitliğin sol tarafında yer alan kısım, kurutmanın farklı t anlarındaki alınabilir nem oranı (ANO) değerlerini vermektedir. k, ise kuruma sabiti olarak adlandırılmakta ve kurutulacak ürün ve kurutma şartlarına göre deneysel verilerden yararlanılarak belirlenmektedir.

3. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Meyve ve sebzelerin değerlendirme şekilleri arasında kurutmanın yeri oldukça eski olmasına rağmen önemini hala sürdürmektedir. Son yıllarda meyve ve sebzelerin kurutulması konusunda yapılan araştırmaları üç ana başlık altında incelemek mümkündür. Bunlardan birincisi kurutma sırasında kurutmanın yapıldığı ortam koşulları (hava sıcaklığı, hava hızı ve havanın bağıl nemi) ile kurutulan materyale ait özelliklerin ele alınarak (boyut vb.) kuruma hızına etkilerinin incelendiği araştırmalardır (Saravacos ve Charn 1962a ve b: Komanowsky ve ark.1970: Labuza ve Simon 1970: Ponting ve McBean 1970: Bowden ve ark. 1983: Mazza 1983: Mulet ve ark. 1987: Puiggali ve ark.1987: Mulet ve ark.1989: Adar 1989: Weitz ve ark. 1989 ve Doğan 1991). İkincisi, kurutma sırasında nem taşınım mekanizmasının irdelenmeye çalışıldığı çalışmalar yer almaktadır (Vaccarezza ve ark. 1974; Vaccarezza ve Chirife 1975). Üçüncüde ise kurutma sırasında kurutulan materyale ait kalite kayıplarının incelendiği araştırmalar yer almaktadır (Schadle ve ark. 1983: Mishkin ve ark. 1984a: Mishkin ve ark. 1984b: Mudahar ve ark. 1989).

Ede ve Hales (1948), yaptıkları çalışmada 60 °C hava sıcaklığında üç farklı boyuttaki patatesi ayrı ayrı kurutarak boyutun patateslerin kuruma süresine etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak boyut farkının kurumanın başlangıcında etkili olduğunu ve ayrıca düşük nem değerlerinde bu etkinin daha da büyük önem kazandığını belirlemişlerdir.

Van Arsdel (1951), 71°C hava sıcaklığı ve 2...5 m/s hava hızı koşullarında patates kurutmuşlar ve hava hızının artmasıyla kuruma hızının hızlandığını, ancak 4 ve 5 m/s hava hızlarındaki deneylerden elde edilen nem–zaman eğrilerinin istatistiki olarak farklı olmadığını belirtmişlerdir.

Saravacos ve Charm (1962b), tünel tipi bir kurutucuda haşlanmış patates dilimlerini 1...2,5 m/s hava hızı ve 55...71 °C hava sıcaklığında kurutarak farklı hava hızı ve hava sıcaklıklarının kuruma hızına etkisini incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre 55°C...71 °C sıcaklık aralığında patates dilimlerine ait difüzyon katsayılarının $2,58 \times 10^{-10}$... $6,36 \times 10^{-10}$ m²/s arasında olduğu bulunmuştur. Ayrıca aynı araştırmada kuruma hızı üzerinde etkili olan etmenlerin örnek boyutu ve sıcaklık olduğunu belirtmişlerdir.

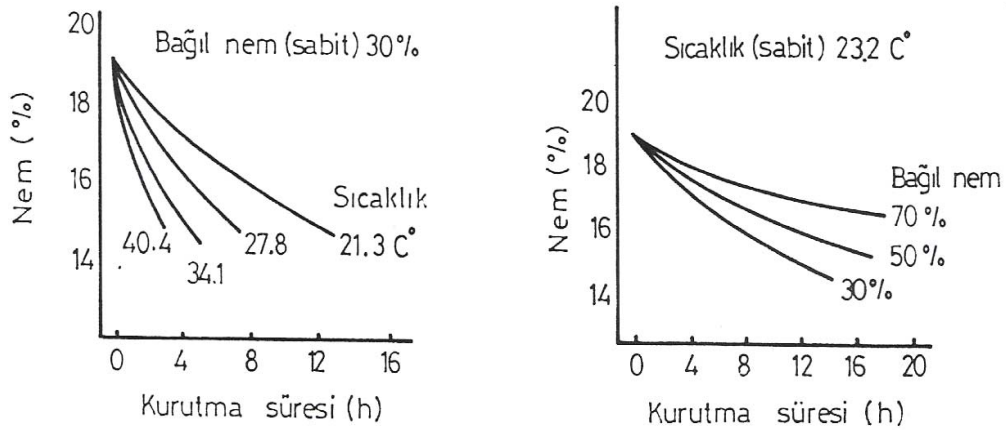
Ültanır (1972), levha tipi deney modeli güneş enerjili kurutucuyla çeşitli meyve ve sebzeler yanında biberde kurutmuştur. Bu kurutucuda hava dolaşımı, doğal konveksiyonla

ve küçük bir elektrikli vantilatörle sağlanmıştır. Araştırmacı, biberlerin kurutma öncesi doğranması ve haşlanmasının kurutma süresini kısalttığını bildirmiştir.

Akyurt ve Selçuk (1973), güneş enerjili bir kurutucu tasarlayarak meyve ve sebze kurutmuşlardır. Kurutma düzeneği genel olarak bir güneş toplayıcısı ile bir kurutma odacığından oluşmaktadır. Çevre havası bir vantilatör yardımıyla güneş toplayıcısına alınmakta, burada ısıtılarak bir kanal yardımıyla kurutma odacığına iletilmektedir.

Coleman (1978), araştırmalarında yeşil biberi, klasik sıcak havalı ve doğrudan güneş ışıını alan kurutucularla kurutarak C vitamini düzeyini araştırmışlardır. Sıcak havalı kurutucularda kurutulan biberlerde C vitamini düzeyinin daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Yamashita (1982), çeltik kurutulmasında yaygın olarak kullanılan kurutucuları ve çeltiğin kurutulmasında etkili olan faktörleri incelemiştir. Bu faktörler arasında yer alan kurutma havası sıcaklığı ve bağıl nemin çeltiğin kuruma süresine etkisini Şekil 3.1’de görüldüğü gibi açıklamış ve sabit bir bağıl nemde kurutma havası sıcaklığının artmasıyla (sabit sıcaklıkta), kurutma bağıl neminin azalmasının, kuruma hızını arttırdığını bildirmiştir.



Şekil 3.1. Hava sıcaklığının ve bağıl nemin çeltiğin kurutma süresine etkisi (Yamashita 1982)

Mazza (1983), havuç örneklerine haşlama, kükürtleme, nişastalama ve sodyum klorür çözeltilerine daldırma işlemlerinin, kuruma hızına etkilerini incelemiştir. Araştırma sonuçlarına göre haşlanarak kurutulan örneklerde kuruma hızı artarken kükürtleme ve nişastalama işlemleri kuruma hızını etkilememiştir. Aynı araştırmada örneklerin sodyum klorür çözeltisine daldırma işleminin kuruma hızını azalttığını belirtmiştir.

Doğantan ve Tuncer (1988), kırmızı biberin fiziksel, kimyasal ve karakteristik kuruma özelliklerinin belirlenmesi amacıyla bir çalışma yapmışlar, ayrıca üreticinin kendi olanak ve becerisiyle imal edip kullanabileceği bir biber kurutucusu tasarlamışlardır. Yöre koşullarına uygunluğu dikkate alınarak, güneş enerjisinden yararlanılması yoluna gidilmiş, böylece kurutma masrafları az, maliyeti ucuz, taşınabilir bir kurutucu tipi geliştirilerek uygulamadaki geçerliliği araştırılmıştır. Araştırmacılar, geliştirdikleri kurutucu ile yaptıkları denemeler sonucunda, biber için optimum kurutma sıcaklığını 55°C, bunun yanında özellikle biberlerin kurutma öncesi kesilerek kurutulmasıyla, kurutma süresinde %60 oranında bir azalma olduğunu gözlemlemişlerdir.

Mulet ve ark. (1989), 5 ve 15 mm boyutundaki havuç dilimlerini farklı sıcaklıkta (30 °C...70 °C) kurutma havası kullanarak kurutmuşlardır. Araştırma sonucunda difüzyon katsayısını, hava sıcaklığının, örnek sıcaklığı ve ortamın nem miktarının fonksiyonu şeklinde ifade eden bir eşitlik bulmuşlardır.

Doğantan ve Tuncer (1989), yaptıkları çalışmalarında kontrollü şartlar altında, laboratuvar tipi bir kurutucuda, kırmızı biberin kurutma karakteristiklerini belirlemeye çalışmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre Kahramanmaraş kırmızı biberi için kurutma havası sıcaklığının en fazla 60 °C olması gerektiği, özellikle 65 °C hava sıcaklığında biberde yanma olacağı belirlenmiş, bunun yanında optimum hava hızının 0.5 m/s olması gerektiğini ve kurutmadan önce biberlerin yarılmasıyla, kurutma zamanının önemli ölçüde azalacağını vurgulanmışlardır.

Sittiphong ve ark. (1989), kabuklu ve kabuksuz soya fasulyeleri ile fındıkların kurutma karakteristikleri üzerine farklı kurutma havası sıcaklığı ve hava hızlarının etkilerini incelemişlerdir. Deneme sonuçları, kurutma havası sıcaklığı artışının, hava hızı artışından daha fazla kurutma hızını artırdığını göstermiştir. 0.18 m/s hava hızında, fındıkların kuruma zamanı 40°C kurutma havası sıcaklığında 17 saat iken, bu süre 60°C kurutma havası sıcaklığında 9 saate kadar inmiştir. Ayrıca araştırma sonucunda %70 bağıl nem ve 30°C kurutma havası sıcaklığında her iki türde de denge nemi değerleri yaklaşık olarak %12 olarak bulunmuştur.

Ben-Mobrouk ve ark. (1990), hava ısıtmalı, fanlı laboratuvar tipi kurutucuda, tarımsal ürünlerin ince tabakalı formda kurutulması üzerine çalışmışlardır. Çalışmaları sonucunda tarımsal ürünlerin, hava bağıl nemi, hava sıcaklığı ve hava hızı gibi hava akış parametrelerinin değişik değerleri için, kurutma karakteristik eğrilerini belirlemişlerdir.

Tuncer (1990), araştırmasında sebzelerin yüksek frekanslı mikrodalga manyetik alanının etkisine konulunca, ürünün gösterdiği davranış ve uğradığı değişikliklerin belirlenmesini ve en uygun kurutma yönteminin deneysel olarak bulunmasını amaçlamıştır. Araştırma sonuçlarına göre; mikrodalga alanına konulan pırasa, kırmızı ve yeşil biber, patlıcan, soğan ve patatesin uygun mikrodalga güç kademesi seçilerek, mikrodalga ile sebzelerin reaksiyona girmesini önleyen düzenlemelerle hiç bir kalite kaybı olmaksızın, konveksiyonlu kurutmaya kıyasla, 1/5 -1/12 arasında değişen daha kısa sürede kurutmanın mümkün olabileceğini belirlemiştir.

Kachru ve Singh (1994), ön işleme tutulmuş (çizme ve ıslatma) yeşil fasulyelerin farklı kurutma havası sıcaklığı ve hava hızlarında kurutma karakteristiklerini incelemiştir. Kurutma havası sıcaklıkları 20-55°C, hava hızları ise 0.8-2 m/s arasında seçmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, yeşil fasulyelerin kurutma öncesi ön işleme tutulmasının, kurutma zamanını önemli oranda kısalttığını ve ön işleme tutulmuş fasulyelerin nem içeriğinin %55'den %10'a indirmek için ortalama 6 saat süre gerektiğini göstermiştir. Aynı zamanda araştırmacılar, çalışmalarında ürün nem içeriği ve kurutma zamanı arasındaki ilişkiyi bütün hava sıcaklığı ve hava hızı değerleri için elde ederek bunları grafikler halinde vermişlerdir.

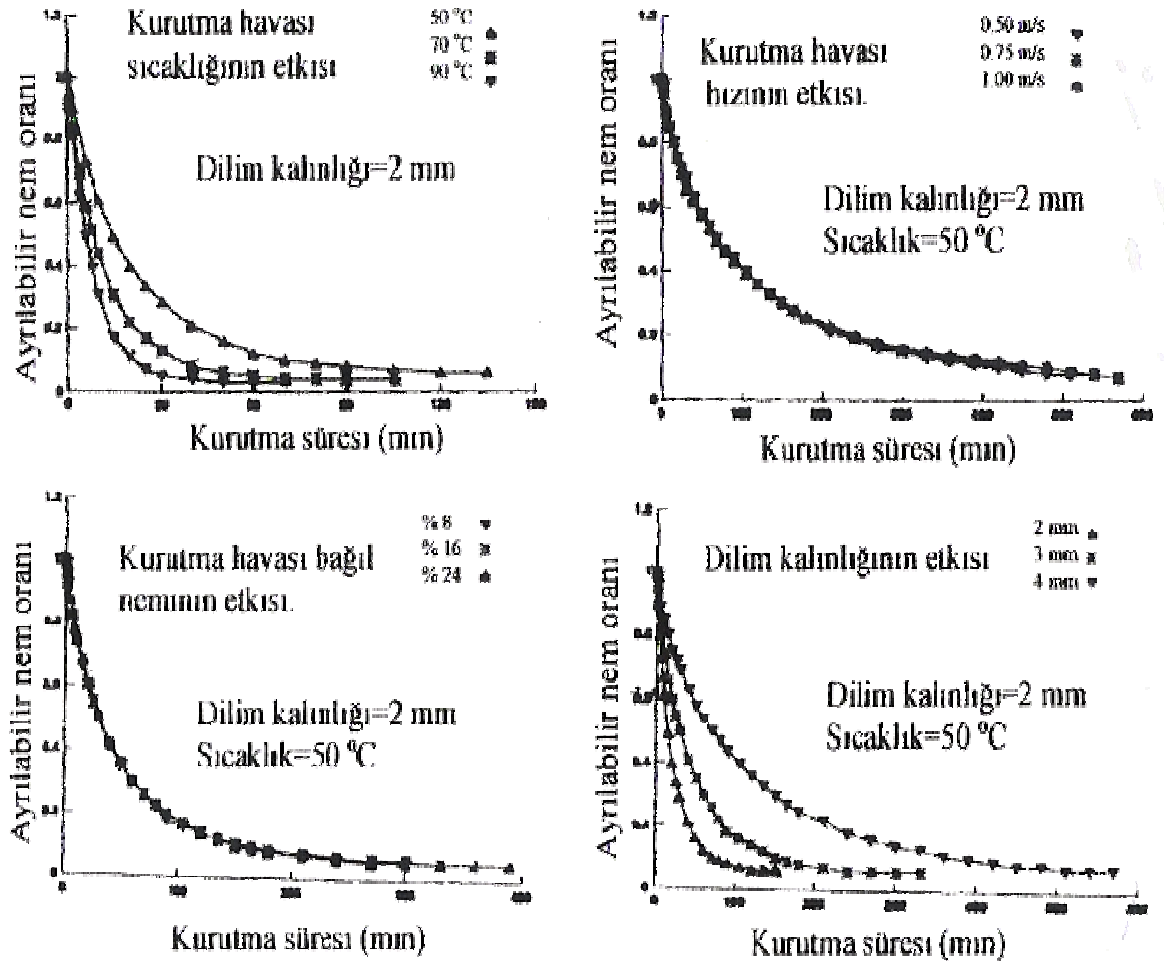
Ergüneş ve Özgöz (1995), sera içinde ve dış ortamda fasulye, biber ve soğanın kuruma karakteristiklerini belirlemiştir. Denemeler süresince fasulye ve biberleri bütün ve kıyılmış halde, soğanı ise sadece kıyılarak kurutmuşlardır. Sonuçta, sera içerisinde ve kıyılarak kurutulan ürünlerin kuruma sürelerinin normal olarak kurutulan ürünlere göre daha kısa olduğu belirlemiştir. Her ürün için ayrı ayrı kuruma sabiti değerleri hesaplanmış ve exponential modelin kurumayı daha iyi ifade ettiği belirtmişlerdir. Ayrıca çalışmalarında kurutulan ürünlerin dehidrasyon özelliklerini araştırılmışlar ve sera içerisinde kıyılarak kurutulan soğanın dehidrasyon yeteneğini daha iyi bulmuşlardır.

Nehru ve ark. (1995), çalışmalarında *pleurotus florida* mantarlarını günlük 2.5 kg kurutma kapasiteli bir güneşli kurutucuda test etmişlerdir. Denemeler öncesinde, mantarlara aşağıda sıralanan ön işlemler uygulanmıştır.

- %0.5 potasyum metabisülfat (15 dakika)
- %0.5 sodyum benzota (15 dakika)
- Buhara tutma ve sonra su ile soğutma (3 dakika)
- Hiçbir ön işlem uygulanmamış

Araştırma sonuçlarına göre; mantarların nem içeriğini %92.6'dan, %10'a indirmek için gerekli kurutma zamanı ortalama 5.5-6.5 saat olarak bulunmuştur. En iyi damak tadı kalitesi, 15 dakika %0.5'lik potasyum metabisülfat çözeltisine bandırılmış mantar örneklerinde elde edilmiştir.

Madamba ve ark.(1996), yapmış oldukları çalışmada kurutma havası sıcaklığı 50-90°C, bağıl nemi %8-24, hava hızı 0.5-1.0 m/s ve dilim kalınlığı 2-4 mm arasında değiştirilerek sarımsağın kurutma karakteristiklerini belirlemişlerdir. Sonuçlar özellikle düşük sınırlardaki bağıl nem değerlerinde, sıcaklık ve dilim kalınlığı kurutma için önemli faktörler olduğunu ve hava hızının kuruma hızına önemli bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Sarımsağın kuruma hızına olan etkilerini Şekil 3.2'de görüldüğü gibi verilmiştir.



Şekil 3.2 .Çeşitli faktörlerin sarımsak kurutmaya etkileri

Elustondo ve ark.(1996), Soğan dilimlerinin kalınlıklarının kurumaya etkilerini incelemişler ve dilim kalınlıklarının azalması ile kurutma süresinin azalacağını belirlemişlerdir.

Pal ve Chakraverty (1997), 45⁰, 50⁰, ve 60⁰C kurutma havası sıcaklığı ve 0.9 ve 1.6 m/s hava hızı koşullarında ön işlemin mantarın kuruma karakteristiklerine ve bunların kaliteye etkilerinin belirlendiği çalışmalarında, yıkanan ve sınıflandırılan örnekleri 3 dakika süreyle buharda haşlamışlar ve ardından %0.5'lik sodyum metasülfid ve %0.5'lik sitrik asit solüsyonuna 5 dakika süreyle daldırılarak ön işleme tabi tutmuşlardır. Araştırma sonuçlarına göre ürünün yeniden su alma oranı ön işlem uygulanmayan örneklerde, diğerlerinden daha yüksek olarak gerçekleştiğini ve ayrıca bu işlemin sıcak su ile yapılması soğuk suya göre değerinin arttığını görmüşlerdir. Yeniden su alma işleminden sonraki mantarların yapı ve görünüşleri ön işlem görmeyen mantarlarda daha iyi, buna karşın ön işlem uygulanan örneklerin renk ve tatları daha iyi olduğu ve yüksek sıcaklıklarda kurutmanın renk bozulmasına neden olduğunu saptamışlardır. Kuruma süresi ve kalite dikkate alındığında 50⁰C kurutma havası sıcaklığı ve 0.9 m/s hava hızında hem ön işlem görmüş hem de görmemiş mantarlar için iyi kaliteli kuru ürünler sağlanabileceğini belirtmişlerdir.

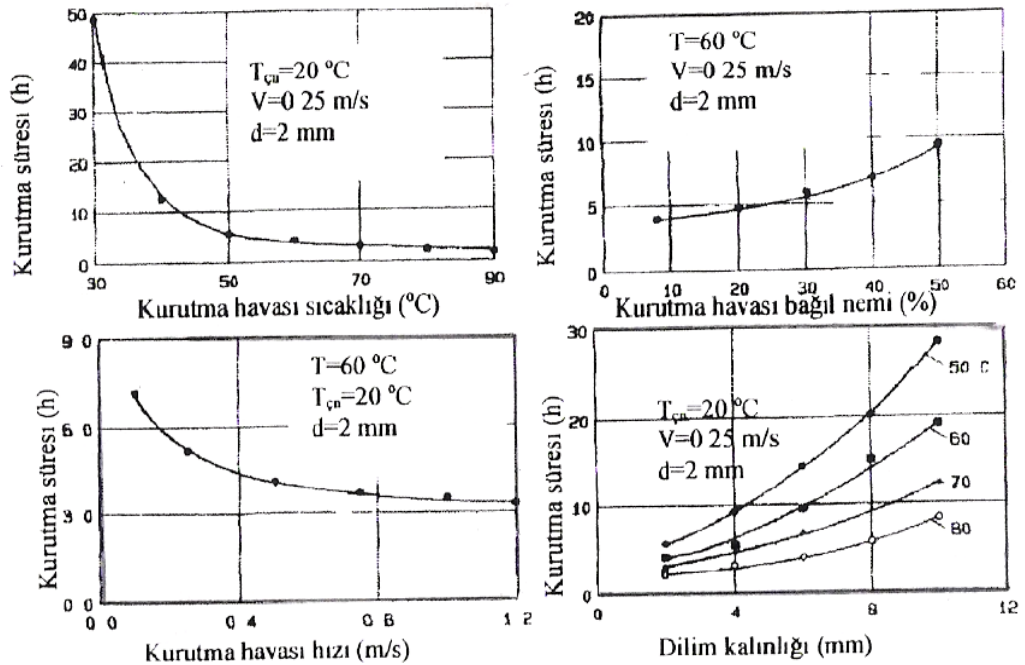
Okuyan (1997), güneş enerjisiyle, meyve ve sebzelerin kurutulması üzerine geliştirilen farklı teknolojik sistemleri incelemiş ve bu sistemlerin önemini ortaya koymuştur.

Lin ve ark.(1998), Taze fasulyenin kurutulmasına uygulanan ön işlemin ve kurutma havası sıcaklığın etkilerinin belirlendiği çalışmalarında, hiçbir ön işleme tabi tutmadan, 100 °C sıcaklıkta 15 saniye süreyle 40 g/l'lik NaOH çözeltisine daldırma, bir dakika 85 °C sıcaklıktaki saf suda haşlama ve bir dakika süreyle buharda haşlama ön işlemlerini uygulamışlardır. Sonuçlara göre su veya buharda haşlama yöntemi birbirine çok yakın ve en kısa kurutma süresi bu ön işlemlerde gerçekleştiğini görmüşler ve kurutma havası sıcaklığının kurutma süresine etkili önemli bir faktör olduğunu ortaya koymuşlardır.

Sarsavadia ve ark.(1999), çalışmalarında çapları 55-70 mm arasında değişen beyaz soğanları 50, 60, 70 ve 80 °C sıcaklık, 0.25, 0.50, 0.75 ve 1,0 m/s hava hızı ve %10, %15 ve %20 bağıl nem koşullarında kurutarak, bu parametrelerin kurumaya etkilerini incelemişlerdir. Kurutma havası sıcaklığının artması ile kurutma için gerekli süre azaltılmış ve kurumanın başlangıcında yüksek sıcaklıklarda kuruma hızının fazla, kuruma

işleminin ilerlemesi ile kuruma hızının azaldığı ayrıca kurutma havası hızının ve havanın mutlak neminin artması ile kurutma işlemi daha kısa sürede tamamlandığını saptamışlardır.

Adam ve ark (2000), çalışmalarında, soğanları elle soyup elektrikli dilimleme makinesi ile dilimlemişler ve kurutma havası sıcaklığı, bağıl nemi ve hızının, ayrıca dilim kalınlığının soğanın kuruma karakteristiklerine ve kalite kriterlerine etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, kurutma havası sıcaklığının 65°C'nin üzerine çıkmasının kalitede azalmaya neden olduğunu, kurutma havası hızının hem kuruma davranışına hem de kaliteye önemli etkisinin bulunmadığını, hava hızının 0.5 m/s'den fazla olmasının, kurutma süresi ve renge etkisinin önemli olmadığından dolayı, enerji tasarrufu açısından bu değerın üzerine çıkılmaması gerektiğini bildirmektedirler. Bununla beraber 0.1 m/s'nin altındaki hava hızları kurutma süresinin önemli düzeyde etkilediğini, yeniden su alma kapasitesinin 75 °C sıcaklıkta, 25 °C sıcaklıktakinden daha hızlı olduğunu ancak alınan su miktarında bir değişme olmadığını, kalite açısından 60 °C en uygun sıcaklık olduğunu ve 2- 4 mm'lik dilim kalınlığının kalite kriterleri açısından en uygun değerler olduğunu saptamışlardır. Çeşitli faktörlerin soğanın kuruma karakteristiklerine olan etkilerini Şekil 3.3'de görüldüğü gibi belirtmektedirler.



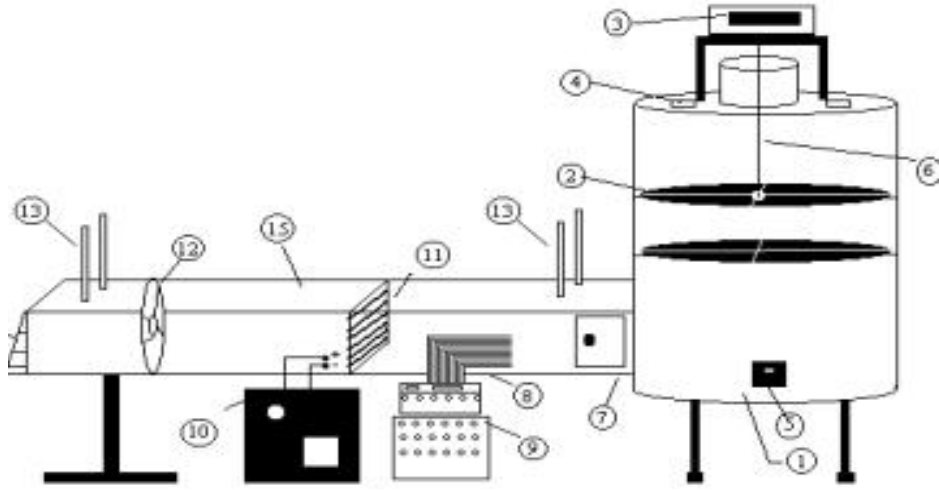
Şekil 3. 3. Çeşitli faktörlerin soğanın kuruma karakteristiklerine etkileri

Yaldız (2001), çalışmasında havuç ve pırasanın kuruma karakteristiklerinin belirlenmesini ve kuruma süresinin belirli bir anında ürünün nem içeriğinin saptanması için mevcut kuruma modellerinin uygulanabilirliğini amaçlamıştır. Bu ürünler 30, 40, 50, 60 ve 70 °C kurutma havası sıcaklıklarında ve 0.5, 1.0 ve 1.5 m/s kurutma havası hızlarında kurutularak kurutma süreleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler Newton, Page, Geliştirilmiş Page, Henderson ve Pabis, Logaritmik, iki terimli, iki terimli eksponansiyal, Wang ve Singh, Thompson, Difüzyon Yaklaşım, Verma ve ark., Geliştirilmiş Henderson ve Pabis matematiksel modellerine uygulayarak en uygun modeli belirlemiştir.

Akpınar ve Biçer (2002), tarımsal ürünlerin kurutulmasında, siklon tipi bir kurutucunun kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Siklon tipi kurutucuda, geleneksel kurutma sistemlerinden farklı olarak, örneklerin ısıtılmış hava ile teması, eksenel akış ortamı yerine dönel akış ortamında gerçekleşmiştir. Dönel akış, havanın kurutma odasına alt taraftan açılmal yönde verilerek sağlanmıştır. Deneylerde 12.5x12.5x25 mm ve 8x8x18 mm ebatlarında dikdörtgenler prizması şeklinde kesilmiş patates örnekleri kullanılmıştır. Örneklerin kuruma karakteristiği, kurutma havasının 60...70 °C giriş sıcaklığında ve 1m/s hız şartlarında dönel akış için incelenmiştir. Deney setinde gerekli düzenlemeler yapılarak, deneyler aynı fiziki şartlarda eksenel akış için de tekrarlanmış ve her iki akış kurutma süresi açısından karşılaştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre kurutma havası giriş sıcaklığının artmasıyla, kuruma hızı küçük boyuttaki örneklerde büyük boyuttaki örneklerle göre daha fazla arttığını, örnek boyutu küçüldükçe kuruma hızının arttığını ve dolayısıyla kurutma süresinin azaldığını, dönel akış ortamında kurutulan ürünlerde daha kısa sürede daha düşük nem oranlarına inildiğini belirlemişlerdir. Farklı kurutma havası giriş sıcaklığına bağlı olarak dönel akış ortamında kurutma süresinin, patates örneklerinde 12.5x12.5x25 mm boyutunda 640-740 dakika, 8x8x18 mm boyutunda 400-520 dakika arasında değişim gösterdiğini ve eksenel akışta yapılan deneylerde dönel akışa göre kurutma süresinin yaklaşık 30-40 dakika arttığını belirlemişlerdir. Araştırmada kullanılan siklon tipi kurutucunun şematik şekli Şekil 3.2’de görülmektedir.

Akpınar ve Biçer (2003), kabağın kuruma davranışını siklon tipi bir kurutucuda deneysel olarak incelemişlerdir. Deneylerde, 60, 70 ve 80 °C 'lik üç değişik hava giriş sıcaklıkları kullanılırken, seçilen kurutma havası hızları 1 ve 1.5 m/s’dir. Araştırmacılar deneysel sonuçlardan elde edilen kuruma hızı-nem içeriği değişimi eğrilerini lineer olmayan regresyon analiz kullanılarak matematiksel olarak modellemişlerdir. Deney sonuçlarına göre, siklon tipi kurutucuda (Şekil 4.5) dönel akış ortamında kurutulan kabak

örneklerinin kuruma hızının yüksek olduğu görülmüştür. En yüksek kuruma hızı 80 °C kurutma havası giriş sıcaklığında ve 1.5 m/s kurutma havası hızında, en düşük kuruma hızı ise 60 °C kurutma havası giriş sıcaklığında ve 1.0 m/s kurutma havası hızında elde edilmiştir. Farklı giriş sıcaklıklarında ve hızlarında kurutulan örneklerde kuruma hızında, hava hızından ziyade hava sıcaklığının etkisinin daha fazla olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca araştırmacılar, kurutma havası sıcaklığı ve hızı arttıkça, kabak örneklerinin nem içeriğinde belirgin bir şekilde hızlı bir azalmanın görüldüğünü ve kuruma hızının arttığını ifade etmişlerdir.



Şekil 3.4. Siklon Tipi Kurutucunun Şematik Gösterimi (Akpınar ve Biçer 2002)
(1-Kurutma Odası, 2- Tepsiler, 3- Terazi, 4- Gözetleme Camları, 5- İç Sıcaklığı Gösteren Termometre, 6- Tartım Çubuğu, 7- Kumanda Panosu, 8- Termoelemanlar, 9- Dijital Termometre ve Kanal Seçici, 10- Voltaj Transformatörü, 11- Isıtıcılar, 12-Fan, 13- Yaş ve Kuru Termometreler, 14- Klape, 15- Kanal)

Toğrul ve ark. (2005a), yaptıkları çalışmada, 0.5, 1.0 ve 1.5 cm kalınlığında küp şeklinde kesilmiş mantarların kuruma davranışlarını infrared kurutucuda 50, 60, ve 80 °C kurutma havası sıcaklığı değerlerinde incelemişlerdir. Sıcaklığın 50 °C'den 80 °C'ye çıkarılmasıyla 0.5, 1.0 ve 1.5 cm dilim kalınlıklarının kuruma süresinde sırasıyla 170, 140, 104 dakikalık azalma olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca mantar kalınlığının difüzyon katsayısına etkini araştırmışlar ve sonuçta sıcaklık ve kalınlıktaki artışın difüzyon katsayısı artışına sebep olduğunu belirlemişlerdir.

Toğrul ve ark. (2005b), dört farklı kalınlıkta kestikleri muz dilimlerini infrared kurutucuda 50, 60, 70 ve 80 °C sıcaklık değerlerinde kurutarak muz dilimlerinin kuruma kinetiğini incelemişlerdir. Araştırmacılar sonuçta, artan kurutma havası sıcaklığı ile hem kuruma hızının hem de difüzyon katsayısının arttığını, muz dilim kalınlığının artmasıyla da kuruma hızının azaldığını tespit etmişlerdir.

4. MATERİYAL VE METOD

4. 1. Materyal

4. 1. 1. Araştırmada kullanılan ürün

Bu çalışmada, araştırma materyali olarak patates (*Solanum tuberosum*) seçilmiştir. S.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü deneme laboratuvarına getirilen patates örnekleri, gerekli olduğu durumlarda denemeye alınmadan birkaç gün süreyle bir soğutucuda muhafaza edilmiştir. Kurutma denemeleri 2004 hasat sezonunda gerçekleştirilmiştir.

4. 1. 2. Araştırmada kullanılan araçlar ve ölçüm cihazları

Denemelerde kullanılan araçlar ve ölçüm cihazların bazı teknik özellikleri aşağıdaki verilmiştir.

Elektrik Motoru:

Markası : Gamak
 Tipi : AGM BO 40
 Gücü : 0.55 KW
 Devir : 1365 min⁻¹
 Voltaj : 220-380V, (Akım) 2.8/1.6
 Frekans : 50 Hz

Aspiratör (Fan):

Markası : Çubuk
 Tipi: :ÇTÖR-26

Alternatif akım motoru devir kontrol cihazı (Elektronik Varyatör):

Markası : Dinventer
 Tipi: :DIN 1220220B
 Giriş Gerilimi : 200V-240V ± %10
 Giriş Faz Sayısı : 1
 Motor Gücü : 2.2 KW
 Giriş Akımı : 26 A
 Çıkış Akımı : 10 A

Tartımda Kullanılan Ölçüm Cihazı:

Markası	: Shimadzu
Ölçüm Hassasiyeti	: 0.01 g
Ölçüm Aralığı	: 0-1200 g
Voltaj	:16-80 mA
Frekansı	: 50 Hz
Yapım Hatası	: +%0.1

Bağıl Nem Kontrol Cihazı: Bağıl nem ölçüm ve kontrol cihazı ve özellikleri aşağıdaki Şekil 4.1’de görülmektedir.



Şekil 4.1. Nem ölçme cihazı

Özellikleri:

Markası	: Elimko
Tipi	: E-2000
Skala	: 0-100 %RH
Gösterge	: 3 1/2 Digit LED
Çalışma Gerilimi	: 190-240V, 50Hz
Okuma Hassasiyeti	: 0.1

Mikro İşlemcili Sıcaklık Kontrol Cihazı:

Markası	: Elimko
Tipi	: E-200
Skala	: 0-300 °C
Çalışma Gerilimi	: 220 V $\pm$ 10,50 Hz
Okuma Hassasiyeti	: 0.1

Hava Hızı ve sıcaklık ölçme cihazı: Hava hızı ve sıcaklık ölçme cihazı aşağıdaki Şekil 4.2’de görülmektedir.



Şekil 4.2. Sıcaklık ve hava hızı ölçü cihazı

Sıcaklık Ölçer:

Markası	: Elimko
Tipi	: E-RH-T-101
Skala	: 0-300 °C
Çıkış	: 20 mA
Çalışma Gerilimi	: 24 V

Hava hızı ölçer:

Markası	: Testo-term
Ölçüm Aralığı	: 0.4-40m/sn
Hata Sınırı	: % 0.1

Güç Kaynağı:

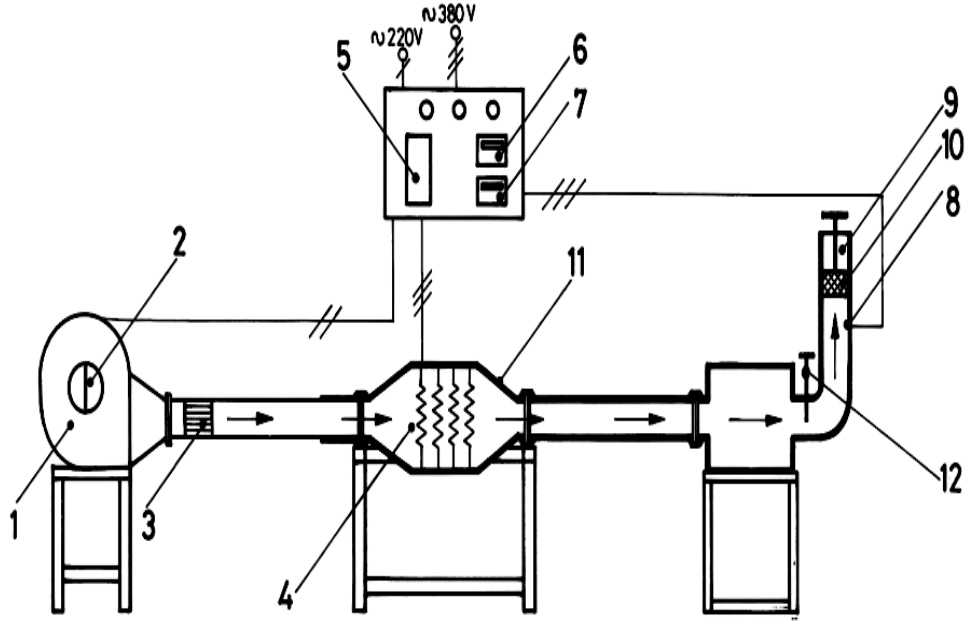
Markası	: Elimko
Tipi	: E-7000-GK
Çıkış Gerilimi	: 2×24 V
Besleme	: 220 V, 50Hz

Kurutma Fırını:

Markası	: Nüve
Tipi	: FN 500
Sıcaklık Sınırı	: 0-250 °C
Hacim	: 120 dm ³
Çalışma Gerilimi	: 120 V-50 Hz

4.1.3. Deneme Düzeni

Kurutma çalışmalarında, kurutmada kullanılacak hava şartlarını kontrollü bir biçimde düzenleyebilen bir deneme düzenine ihtiyaç vardır. Bu amaçla bu çalışmada S.Ü.Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Kurutma laboratuvarında mevcut ve daha önceki araştırmalarda kullanılan kurutma tesisi, denemelerin gerçekleştirilebilmesi için kullanılmıştır. Deneme düzeninin şematik görünüşü Şekil 4.3’de, genel görünüşü ise Şekil 4.4’de görülmektedir.



- | | | | | | |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------------------|---|--------------------|-----------------------------|
| 1. Fan | 3. Difüzör | 5. Varyatör | 7. Sıcaklık Ölçü ve Kontrol Cihazı | 9. Kurutma Bölgesi | 11. İzolasyon |
| 2. Damper Mekanizması | 4. Isıtıcı (4 × 1000 W) | 6. Bağıl Nem Ölçü ve Kontrol Cihazı | 8. Sıcaklık, Hız ve Bağıl Nem Ölçüm Noktaları | 10. Sepet | 12. Hava hızı ayarlama kolu |

Şekil 4.3. Deneme düzeninin şematik görünüşü



Şekil 4.4. Deneme düzeninin genel görünüşü

4. 2. Metod

4. 2. 1. Örneklerin hazırlanması

Kurutma öncesi uygulanan ön işlemin, kurutma hızına olan etkisini belirleyebilmek için deneme materyali patates örnekleri kurutma öncesi ön işleme tabi tutulmuşlardır. Bu amaçla kurutulacak örnekler yıkanıp soyulduktan sonra mekanik kesiciler yardımıyla 20x10x4mm, 12.5x12.5x12.5 ve 25x12.5x12.5mm boyutlarında kesildikten sonra denemeye alınmışlardır (Akpınar ve Biçer 2003; Akpınar ve Biçer 2002 ve Ertekin 2002).

4. 2. 2. Deneme düzeninin çalışması

Deneme düzeni genel olarak üç ana bölümden oluşmaktadır.

-Kurutma havasını sağlayan fan ve hava debisi ayar düzeni,

-Kurutma hava sıcaklığını düzenleyen elektrikli ısıtıcıların ve sıcaklık kontrol ünitesinin bulunduğu kısım,

-Kurutma bölümü

Denemeler sırasında, kurutma için gerekli olan havanın sağlandığı fanın debisi, Dinventer A.C. elektrik motoru devir kontrol ünitesi ile fanın devir sayısı kademeli olarak ayarlanmak suretiyle istenilen değerlerde tutulmuştur. Ayrıca fanın giriş kısmında hava emiş kesitini değiştirebilen bir damper mekanizması yer almaktadır. Fanın havaya kazandırdığı türbülansın azaltılması ve düzenli bir hava akımı sağlamak amacı ile difüzör bulunmaktadır. Hava kanalı içerisinde yer alan ısıtıcılar, havayı istenilen kuru termometre sıcaklığına kadar ısıtılabilir. Isıtıcı bölümünü oluşturan 4x1000 Watt gücündeki devre elemanları birbirlerinden bağımsız olarak devreye girebilmektedir. Bu elemanlardan birisinin devresine seri olarak bağlanan sıcaklık kontrol ünitesi sayesinde bu direnç, sıcaklık değişimine bağlı olarak devreye girip çıkmakta ve ayarlanan sıcaklığın deneme süresince sabit değerlerde kalması sağlanabilmektedir.

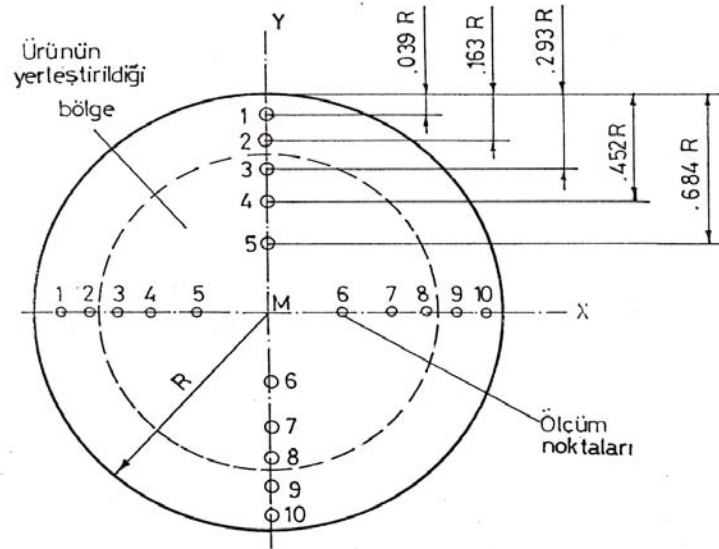
Ürünlerin kurutulduğu kurutma bölümü ise deneme düzeninin son kısmını oluşturmaktadır. Kurutma bölümünün alt kısmında sıcak havanın giriş yaptığı üç kanallı bir hava bölmesi yer almaktadır. Bu üç kanal sayesinde, aynı anda üç örneğin kurutulması gerçekleştirilebilmektedir. Hava bölmelerinden çıkan hava, buradan 105 mm çapında ve 1050 mm uzunluğundaki borularla kurutulacak ürüne iletilebilmektedir. Boruların alt kısmında bulunan damperler yardımıyla havanın borulara istenilen hız değerlerinde

iletilebilmesi sağlanabilmektedir. Kanallardaki hava hızının ayarları bu elemanlar yardımıyla gerçekleştirilmektedir.

Bu kanallarda ısıtılmış hava ile kurutma yapıldığından söz konusu kanalların ve elektriksiz ısıtıcıların bulunduğu bölümün dış yüzeyleri ısı kayıplarına karşı cam yünü ile sarılarak izole edilmişlerdir.

4. 2. 3. Kurutucu kanal kesitinde hız ölçümü

Hava kanallarının kurutma hacmi kesitlerinde, hava kanallarında hız ölçümü ile ilgili standartlarda (Anonymous 1962 ve Handerson ve Perry 1955) belirtildiği şekilde, kanal kesit alanlarının belirli noktalarındaki hava hızları elektronik hava hızı ölçme cihazıyla ölçülmüş ve kanal kesitinin belirli noktalarındaki hız değişimi incelenmiştir. Hız ölçümleri denemelerde kullanılan tek hız kademesi için yapılmıştır. Şekil 4.5’de kurutucu kanal kesitindeki hız ölçüm noktaları, tek hız kademesi için dairesel kanalda ölçülen hız değerleri ise Çizelge 4.1’ de verilmiştir.



Şekil 4. 5. Kurutucu kanal kesitinde hız ölçüm noktaları (Anonymous 1962)

Çizelge 4. 1. Tek Hız Kademesinde Dairesel Kanalda Ölçülen Hız Değerleri

ölçüm noktaları	Hız Kademesi	ölçüm noktaları	Hız Kademesi
	2 m/s		2 m/s
x eksen		Y eksen	
1	1.70	1	1.80
2	1.80	2	1.90
3	1.90	3	1.90
4	1.90	4	2.00
M	2.00	M	2.10
5	2.00	5	2.00
6	2.00	6	2.00
7	2.00	7	2.00
8	1.90	8	1.90
9	1.80	9	1.90
10	1.80	10	1.70

Çizelge 4.1'deki değerler incelenecek olursa, kanal kesiti içerisindeki hava akış hızında önemli bir değişiklik görülmemektedir. Özellikle ürünün yerleştirildiği bölgede oldukça düzenli bir hava akışı gözlenmektedir.

4. 2. 4. Hava sıcaklığının, hava hızının ve bağıl nemin ölçülmesi

Kurutma denemelerinin yapıldığı laboratuvarında ortam havasının sıcaklığı ve bağıl nemi, biri fanın emiş kesitine yakın olmak üzere iki farklı yerden testo-term ve Elimko marka elektronik sıcaklık ve bağıl nem ölçme cihazlarıyla ölçülmüştür.

Kurutma havasının sıcaklığının ve bağıl neminin ölçülmesinde kurutma bölgesinin hemen altına monte edilen ve Elimko firmasınca imal edilen nem ve sıcaklık ölçüm ve kontrol cihazları kullanılmıştır.

Hava hızları ise testo-term marka elektronik hava hızı ölçme cihazı ile denemeler süresince sürekli olarak kontrol edilmiştir.

Denemelerde kullanılan nem ölçme cihazı Şekil 4.1'de ve sıcaklık ve hava hızı ölçü Şekil 4.2'de görülmektedir.

4. 2. 5. Ürün neminin belirlenmesi

Ürünün ilk nemini belirlemek amacıyla kurutma fırını yöntemi kullanılmıştır (Ergüneş 1990 ve Yağcıoğlu 1999). Örnekler vakumlu etüvde 100 mm Hg'yi aşmayan basınç altında ve 70 °C sıcaklıkta sabit ağırlığa gelene kadar bekletilerek meydana gelen ağırlık değişmesinden yararlanmak suretiyle patates örneklerinin sahip oldukları ilk nem değerleri hesaplanmıştır.

Denemeler sırasındaki nem değişimini belirlemek amacıyla, denemelerin yapılmaya başlandığı andan itibaren kurutulmakta olan örnekler, belli zaman aralıklarında alınıp, kurutma ortamının hemen yanına yerleştirilen Shimadzu marka dijital bir terazi ile 0.01 gram hassasiyette sürekli olarak tartılmıştır. Tartım işlemi, kuruma hızına bağlı olarak denemenin başlarında daha sık, sonlarına doğru daha geniş aralıklarda gerçekleştirilmiştir.

Kurutma işlemine üründe herhangi bir ağırlık kaybının görülmediği denge nemi (N_d) değerine ulaşıldıktan sonra son verilmiştir. Daha sonra örneklerin farklı zamanlardaki nem miktarları, yaş baz ($\%N_{yb}$) ve kuru baz ($\%N_{kb}$) ağırlık esasına göre aşağıda verilen eşitliklerle hesaplanmıştır (Ayık 1985, Erdoğan 1984 ve Yağcıoğlu 1999).

$$\Delta W = W_1 \frac{N_1 - N_2}{100 - N_2} \dots\dots\dots (2)$$

Eşitlikte; ΔW , üründe meydana gelen ağırlık azalmasını kg, W_1 , kurumadan önceki ağırlık, N_1 ve N_2 sırasıyla ürünün kurumadan önceki ve sonraki nemini (yb) belirtmektedir.

$$\%N_y = \frac{W_s}{W_s + W_k} \cdot 100 \dots\dots\dots (3)$$

$$\%N_k = \frac{W_s}{W_k} \cdot 100 \dots\dots\dots (4)$$

Eşitliklerde; W_s ürünün içerdiği su ağırlığını ve W_k ise kuru madde ağırlığını ifade etmektedir.

Çoğu kez N_{yb} ve N_{kb} değerlerini birbirine dönüştürmek gerekmektedir. Bu amaçla aşağıda verilen eşitliklerden yararlanılmaktadır (Yağcıoğlu 1999).

$$\%N_k = \frac{N_{yb}}{100 - N_{yb}} \cdot 100 \dots\dots\dots (5)$$

$$\%N_y = \frac{N_k}{100 + N_{kb}} \cdot 100 \dots\dots\dots (6)$$

4. 2. 6. Deneme materyali ürünlerin kuruma değişkenlerinin belirlenmesi

4. 2. 6. 1. Kuruma hızının belirlenmesi

Kurumakta olan bir materyalin, birim zamanda kaybettiği nem miktarı, kuruma hızı olarak tanımlanmaktadır (Uz 1978). Kuruma hızının belirlenmesinde farklı iki yöntemden faydalanılmaktadır (Yağcıoğlu 1986).

Birinci yöntemde, materyalin ölçüm yapılan ana kadar kaybettiği nem ile o ana kadar geçen süre dikkate alınmakta ve materyalden buharlaşan nem miktarı, materyalin kuru ağırlığı ve birim buharlaşma yüzey alanı cinsinden ifade edilmektedir.

Kuruma hızının belirlenmesinde yararlanılan ikinci yöntemde ise “Alınabilir Nem Oranı (ANO)” kavramı kullanılmaktadır. Boyutsuz bir terim olan Alınabilir Nem Oranı (ANO), 6 nolu eşitlikte verilmiş bulunan genel kurutma denkleminin sol tarafında yer alan oransal bir büyüklüktür. Bu değer, kurutma sırasında, herhangi bir anda üründe kalan buharlaşabilecek nem miktarının ($N_t - N_d$), üründen buharlaşabilecek tüm nem miktarına ($N_o - N_d$) oranını ifade etmektedir. Bu çalışmada bu yöntem kullanılmıştır.

Denemeler sırasında ürünlere ait belirlenen başlangıç nemi (N_o), herhangi bir t anındaki nem miktarını (N_t), denge nemi (N_d) ve t değerlerinden yararlanılarak hesaplanan alınabilir nem oranı (ANO) değerleri Ek Çizelge 27...29 arasında verilmiştir.

4. 2. 6. 2. Deneysel kuruma sabitlerinin belirlenmesi

Deneme materyali ürüne ait kuruma sabiti (k) değerlerinin hesaplanmasında aşağıda verilen kurutma denkleminde yararlanılmıştır. Yarı teorik modeller içinde en yaygın kullanım alanı bulan 7 nolu eşitlik logaritmik kurutma denklemi olarak bilinmektedir (Yağcıoğlu, 1999).

$$\frac{N_t - N_d}{N_o - N_d} = \exp(-kt) \dots\dots\dots (7)$$

Eşitlikte; N_o başlangıç nemini, N_t herhangi bir t anındaki nem miktarını, N_d denge nemini, k kuruma sabitini, t ise kuruma zamanını ifade etmektedir.

Denemeler sırasında yapılan ölçümlerden elde edilen (N_o), (N_t) ve (N_d) değerleri kullanılarak, farklı t anları için STATİCTİCA istatistik paket programı kullanılarak

gerçekleştirilen regresyon analizi sonucunda farklı sıcaklık ve ön işlem uygulamaları için ürünlere ait ayrı ayrı kuruma sabiti (k) değerleri hesaplanmıştır.

4. 2. 6. 3. Ürüne ait kuruma karakteristiklerinin belirlenmesinde dikkate alınan parametreler

Denemeye alınan 20x10x4mm, 12.5x12.5x12.5 mm ve 25x12.5x12.5 mm boyutlarındaki patates örneklerinin sıcak kurutma havası ile kurutulması sırasında, kurutma havasının farklı sıcaklık (T_1 , T_2 , T_3) ve tek hız kademesindeki kuruma karakteristiklerini belirlemek amacıyla düzenlenen kurutma denemeleri faktöriyel deneme desenine uygun şekilde ve iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmada kuruma zamanı Z sembolüyle gösterilmiştir. Varyans analizleri yarımşar saatlik zaman dilimleri için yapılmıştır ($Z_1=0.5$, $Z_2=1$, $Z_3=1.5$, $Z_4=2$ ve $Z_5=2.5$ saat).

Elde edilen sonuçlar Mstat-C istatistik programında faktöriyel deneme desenine göre varyans analizine tabii tutulmuştur (Düzgüneş ve ark. 1983).

Denemeler aşağıda belirtilen kurutma koşullarında gerçekleştirilmiştir:

Çizelge 4.2.Denemelerin Gerçekleştiği Kurutma Havası Koşulları

Hava Sıcaklığı (°C)	60 (T_1) , 70 (T_2), 80 (T_3)
Hava Hızı (m/s)	2.0
Ön İşlem (mm)	20x10x4 , 12.5x12.5x12.5 , 25x12.5x12.5

5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

5. 1. Patates Örneklerinin Kurutulmasında Ürün Neminin Kurutma Hava Sıcaklığı ve Kurutma Öncesi Uygulanan Ön İşleme Bağlı Olarak Gösterdiği Değişim

Kuruma hızı üzerine bazı iç ve dış faktörler etkili olmaktadır. Dış faktörler olarak, kurutma havasının sıcaklığı, hızı ve bağıl nemi, iç faktörler olarak ise ürünün yapısal özelliklerine bağlı fiziksel ve kimyasal faktörler sayılabilmektedir. Ürünlere kurutma öncesi uygulanan ön işlem ise, kısmen de olsa ürünün yapısı üzerine etkili olduğundan iç faktör olarak kabul edilebilmektedir.

Denemelerde 3 farklı ön işlem uygulanmış patates örnekleri için kullanılan havanın ısıtma öncesi ve sonrası belirlenen bazı psikometrik özellikleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Denemelerde Kullanılan Havanın Isıtma Öncesi ve Sonrası Belirlenen Bazı Psikometrik Özellikleri

Ürün	Kurutma havası sıcaklığı (°C)	Ortam Hava Sıcaklığı			Kurutma Hava Sıcaklığı	
		t_k	t_y	δ	t_k	δ
20x10x4 mm	60	26.7	18.1	40.6	60	6.1
	70	28.3	21.5	39.9	70	4.0
	80	30.2	20.3	28.8	80	2.4
12.5x12.5x12.5 mm	60	26,6	18.8	29.9	60	5.8
	70	28.9	21.6	26.6	70	3.7
	80	27.4	21.0	27.6	80	2.3
25x12.5x12.5 mm	60	26.9	17.1	29.2	60	5.8
	70	23.8	16.1	39.9	70	3.5
	80	29.4	20.9	23.5	80	2.0

t_k : Kuru termometre sıcaklığı (°C) t_y : Yaş termometre sıcaklığı (°C) δ : Bağıl nem (%)

Denemeye alınan patates örneklerinin farklı kurutma havası sıcaklığı (60 °C, 70 °C ve 80 °C), hava hızı (2 m/s) ve farklı ön işlem (20x10x4 mm, 12.5x12.5x12.5 mm, ve 25x12.5x12.5 mm) koşullarında zamana bağlı olarak değişen % nem oranları değerleri, yaş ağırlık esasına göre hazırlanan Ek Çizelgelerde verilmiştir. Bu çizelgelerde yer alan % nem değişimi değerleri 2 tekerrürün ortalaması olarak hesaplanmıştır (Ek Çizelge 21, 22 ve 23). Ürünlerdeki nem içeriği değerlerinin yaş ağırlık esasına göre belirtilmesi uygulamada çok kullanılmakla beraber, kurumakta olan materyaldeki, değişmeyen kuru maddeye göre

nemin, % nem değerleri de kurutma çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu amaçla, deneme materyali patates örneklerinin zamana bağlı olarak farklı kurutma koşullarındaki nem değişimlerini inceleyebilmek için çizelgeler oluşturulmuştur (Ek Çizelge 24, 25 ve 26).

Farklı dış koşulların etkisiyle, kurutulmakta olan ürünlerde meydana gelen nem değişiminin incelenebilmesi için, daha öncede belirtildiği gibi Alınabilir Nem Oranı (ANO) değerlerinden yararlanılmaktadır. Özellikle farklı hava koşullarında kurutulmuş materyallerin kuruma sabiti değerlerinin hesaplanmasında kullanılan matematiksel eşitliklerde yer alması sebebiyle, kabul edilen kurutma koşullarında patates örneklerine ait Alınabilir Nem Oranı (ANO) değerleri ayrı ayrı hesaplanmış ve Ek Çizelge 27, 28 ve 29'da verilmiştir.

Denemeler sırasında farklı boyuttaki her patates örneği için farklı zaman dilimlerinde ölçülen ve örneklerin ilk ağırlıklarının yüzdesi olarak hesaplanan “% ağırlık azalması” değerleri farklı boyuttaki her patates örneği için Ek Çizelge 30,31 ve 32’de görülmektedir.

Ayrıca denemeler sırasında ürünlerin ilk ağırlıklarının yüzdesi olarak hesaplanan % ağırlık azalması değerlerinden yararlanmak suretiyle farklı kurutma koşulları için ayrı ayrı varyans analizleri yapılmış ve kurutma değişkenlerinin kuruma hızı üzerine olan etkileri ortaya konmaya çalışılmıştır. Farklı ön işlem uygulanmış patates örnekleri için yapılan varyans analizi sonuçları Ek Çizelge 1...20 arasında verilmiştir.

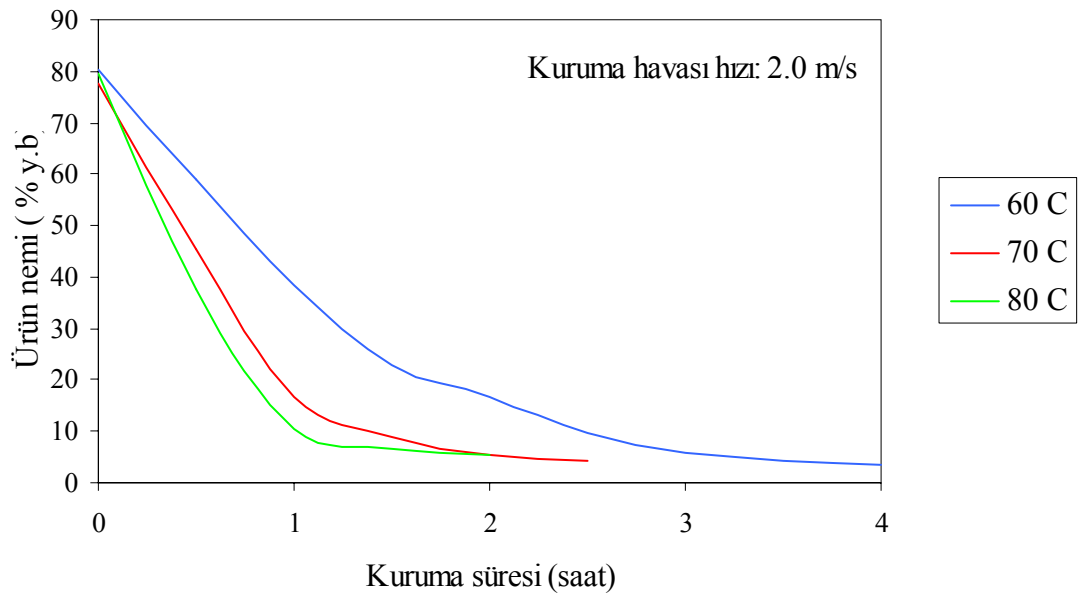
Verilen Ek Çizelgeler genel olarak incelenecek olursa, denemeye alınan patates örneklerinin % nem değerlerinin kurutma havası sıcaklığı ve ürün boyutundaki değişime bağlı olarak azalan bir şekilde değişim gösterdiği açıkça görülmektedir. Denemeler sonucunda patates örneklerinde en kısa kuruma süresine 2 m/s hava hızı kademesinde 80⁰C kurutma havası sıcaklığı ve 20x10x4 mm ön işlem koşulunda, en uzun kuruma süresine ise yine aynı hız kademesinde 60 ⁰C kurutma havası sıcaklığı ve 25x12.5x12.5 mm ön işlem koşulunda ulaşılmıştır. Ön işlem olarak uygulanan örnek boyutundaki azalma nem transferini önemli oranda arttırmakta ve dolayısıyla kuruma süresini kısaltmaktadır.

5. 1. 1. Kurutmada kullanılan hava sıcaklığının deneme materyali ürünlerin kuruması üzerine etkileri

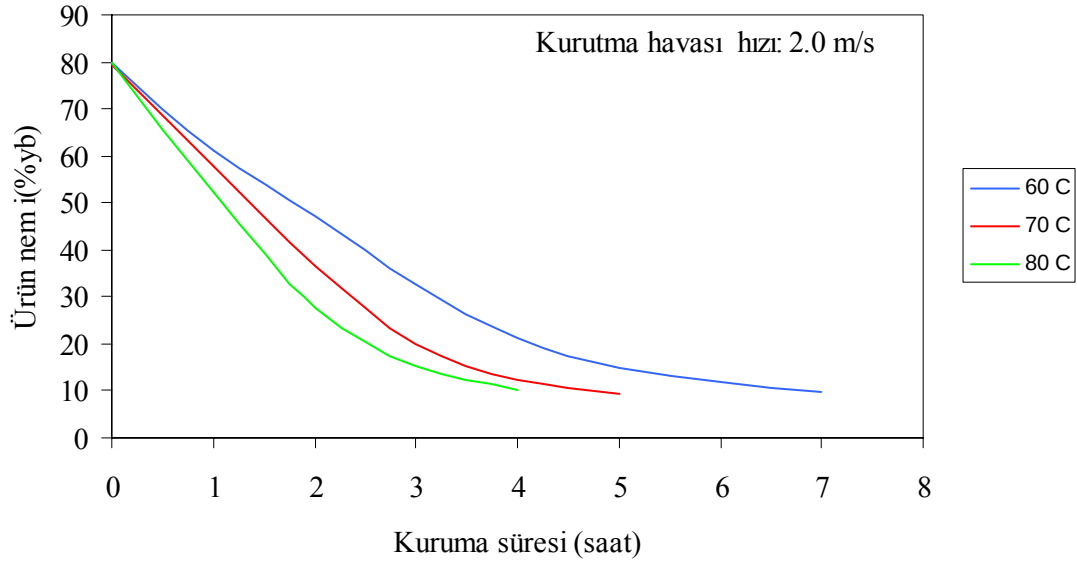
Elde edilen sonuçlara göre, kurutmada kullanılan havanın sıcaklığının artışı, ön işlem uygulanmış diğer bir ifade ile farklı boyutlara sahip patates örneklerinin tümünün kuruma hızı üzerinde gözle görülebilir bir artışa neden olmakta ve örneklerin kuruma süreleri

kurutma havası sıcaklığına paralel olarak azalma göstermektedir. Kurutma havasındaki sıcaklık artışının materyallerin kuruma hızları üzerindeki bu etkisini, sıcaklık artışının doğal bir sonucu olarak kurutma havası bağıl neminin azalmasına bağlayabiliriz. Çizelge 5.1 de kurutma havasına ait değerler incelenecek olursa kurutma havası sıcaklığındaki artışa karşılık bağıl nem değerlerinde azalma görülmektedir. Dolayısıyla sıcaklığın artmasıyla birlikte bağıl nemi düşen ve yüksek bir kurutma potansiyeline sahip olan hava kurutmada daha etkin bir rol üstlenmektedir (Ergüneş 1990 ve Mengeş 1995).

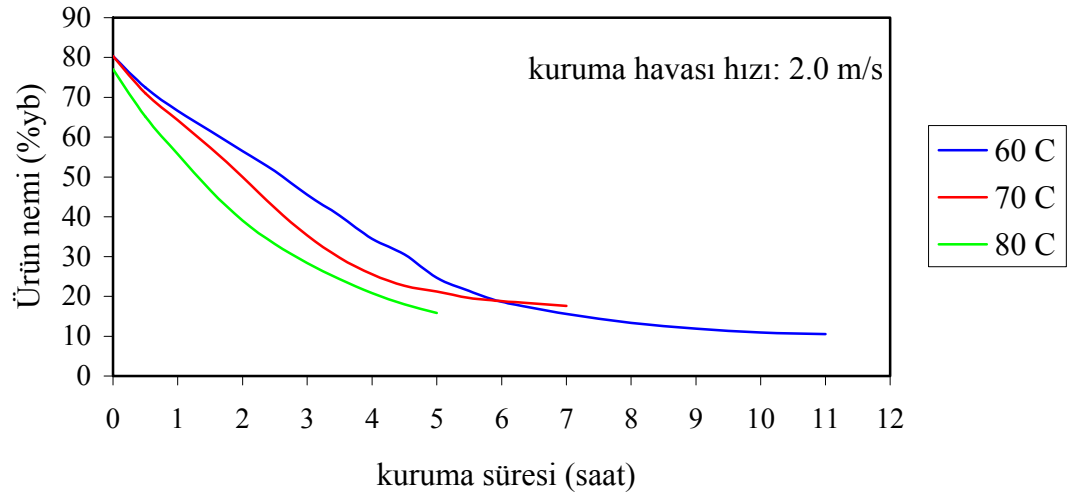
Seçilen hava sıcaklıklarının 20x10x4, 12.5x12.5x12.5 ve 25x12.5x12.5mm boyutundaki patates örneklerinin % nem değişimi değerlerine etkileri, 2.0 m/s hava hızı koşulu için Şekil 5.1, 5.2 ve 5.3 'de verilmiştir.



Şekil 5.1. 2.0 m/s hava hızında kurutulan 20x10x4 mm boyutundaki patates örneklerinin kurutma havası sıcaklığına bağlı olarak gösterdikleri (%) nem değişimi



Şekil 5.2. 2.0 m/s hava hızında kurutulan 12.5x12.5x12.5mm boyutundaki patates örneklerinin kurutma havası sıcaklığına bağlı olarak gösterdikleri (%) nem değişimi



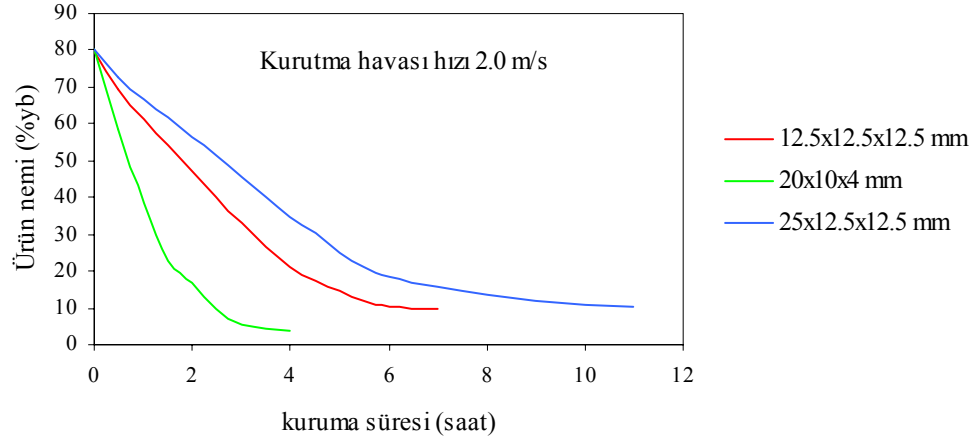
Şekil 5.3. 2.0 m/s hava hızında kurutulan 25x12.5x12.5mm boyutundaki patates örneklerinin kurutma havası sıcaklığına bağlı olarak gösterdikleri (%) nem değişimi

Şekil 5.1, 5.2 ve 5.3 incelenecek olursa, 2.0 m/s hava hızı koşulunda ön işlem uygulanmış bütün patates örneklerinde, hava sıcaklığının artışı ve buna bağlı olarak havanın bağıl neminin düşmesi, örneklerin % nem değişimindeki azalmada belirgin bir hızlanmaya neden olmaktadır. Başka bir ifadeyle, kurutma havası sıcaklığı artışına bağlı olarak kuruma süresi kısalmaktadır. Ele alınan 2.0 m/s hava hızı değerinde ön işlem görmüş bütün örnekler için en hızlı kuruma 80°C de, en yavaş kuruma ise 60°C de gerçekleşmiştir. Örneğin 25x12.5x12.5 mm boyutundaki patates örneklerinde denge nemi değerine 80 °C kurutma havası sıcaklığında 5. saat sonunda ulaşılırken, bu değere 70 °C ve 60 °C sıcaklıklarda sırasıyla 7. ve 11. saat sonunda ulaşılabilmiştir (Ek Çizelge 21, 22 ve 23).

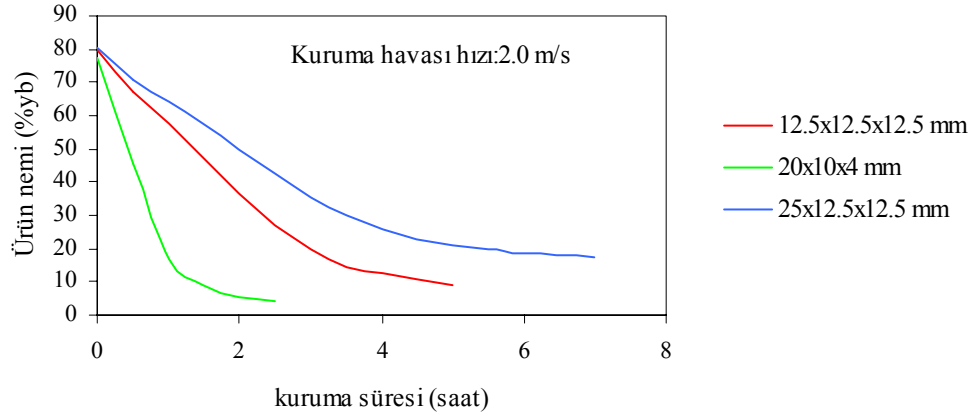
Bu durum ön işleme tabi tutulmuş (20x10x4, 12.5x12.5x12.5 ve 25x12.5x12.5 mm) patates örneklerinin hepsine ayrı ayrı olarak yapılan istatistiki analiz sonuçlarında da açık bir şekilde görülmektedir. Varyans analizi sonuçlarına göre (Ek çizelge 1, 5 ve 9) kurutma havası sıcaklığı, kuruma zamanı ve sıcaklık x zaman interaksyonu istatistiki açıdan, 0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur. Örneklerdeki % ağırlık kayıpları değerleri, kurutma havası sıcaklığının artışına bağlı olarak artmıştır (Ek çizelge 2, 6 ve 10). Sıcaklık x zaman intreksiyonuna yapılan duncan testi sonuçlarına göre, ön işleme tabi tutulmuş tüm patates örneklerinde sıcaklık artışına bağlı olarak % ağırlık kayıp oranlarında bir artış gözlenmiştir (Ek çizelge 4, 8 ve 12). Örneğin, 12.5x12.5x12.5 mm boyutundaki patates örneklerinde kurutmanın ilk 2. saati sonunda, 80°C sıcaklıkta ortalama olarak % 67.19 oranında ağırlık kaybına uğrarken, bu oran 70°C ve 60°C sıcaklık değerleri için sırasıyla ortalama % 61.24 ve % 56 değerine düşmüştür (Ek Çizelge 8). Bu durum kurutma havası sıcaklığının kuruma hızı üzerindeki etkisini açıkça ortaya koymaktadır.

5. 1. 2. Kurutma öncesi uygulanan ön işlemin Patates Örneklerinin kuruması üzerine etkisi

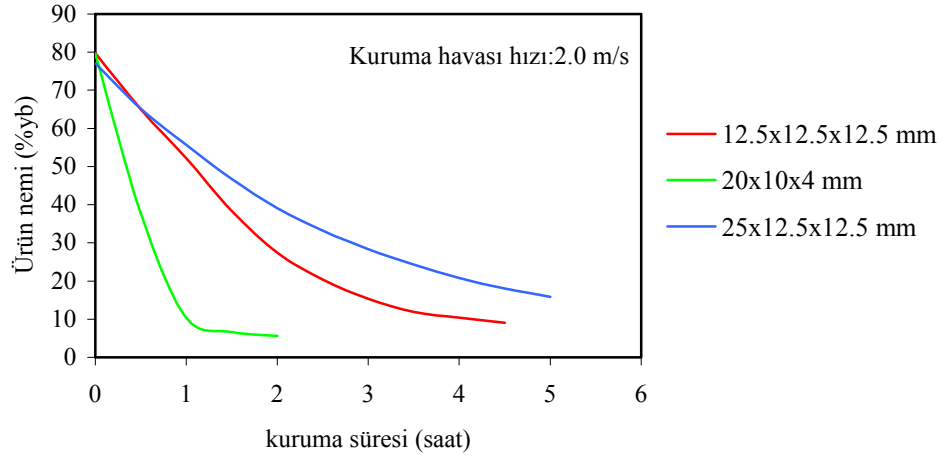
Kurutma denemelerinde deneme materyali patatesler, kurutma öncesi 20x10x4 mm, 12.5x12.5x12.5 mm ve 25x12.5x12.5 mm boyutlarında hazırlandıktan sonra kurutulmuşlardır. 2.0 m/s hava hızı değerinde ve farklı hava sıcaklığı şartlarında, üç farklı boyuta sahip patates örneklerinin zamana bağlı olarak göstermiş oldukları % nem değişimi değerleri Şekil 5.4, 5.5 ve 5.6' da görülmektedir.



Şekil 5.4. 60°C sıcaklıkta ve 2.0 m/s hava hızı değerlerinde kurutulan farklı boyutlardaki patates örneklerinin gösterdikleri (%) nem değişimi



Şekil 5.5. 70°C sıcaklıkta ve 2.0 m/s hava hızı değerlerinde kurutulan farklı boyutlardaki patates örneklerinin gösterdikleri (%) nem değişimi



Şekil 5.6. 80°C sıcaklıkta ve 2.0 m/s hava hızı değerlerinde kurutulan farklı boyutlardaki patates örneklerinin gösterdikleri (%) nem değişimi

Şekil 5.4, 5.5 ve 5.6'nın incelenmesiyle, tüm deneme şartlarında patateslere kurutma öncesi uygulanan ön işlem, kuruma süresini kısaltmaktadır. Örneğin Şekil 5.4'de görüldüğü gibi 2.0 m/s hava hızı ve 60°C kurutma havası sıcaklığında, 20x10x4 mm boyutundaki örneklerde %10 neme ulaşabilmek için gerekli süre 2.5 saat iken, 12.5x12.5x12.5 mm ve 25x12.5x12.5 mm boyutlarındaki patates örneklerinde sırasıyla bu süre, yaklaşık olarak 2.5 ve 4.5 kat artarak 6 ve 11 saate ulaşmaktadır (Ek çizelge 21).

Ön işlem uygulanmış patates örneklerine uygulanan varyans analiz sonuçlarına göre, kurutma sıcaklığı, ön işlem, zaman, sıcaklık x ön işlem, ön işlem x zaman, sıcaklık x zaman ve sıcaklık x ön işlem x zaman etkileşimlerinin istatistiksel açıdan 0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur (Ek çizelge 13).

Ön işlem uygulanmış patates örneklerinde kurutma sıcaklığının artmasıyla (Ek çizelge 14) ve ön işlem x sıcaklık etkileşimine göre, ağırlık kaybı değerlerinde artış gözlenmiştir (Ek çizelge 17).

Ek çizelge 16'da görüldüğü gibi, ön işlem uygulanmış patates örneklerinde, 2.5 saatlik kurutma süresinde ortalama olarak % 68.145 ağırlık kaybı görülmüştür ve bu değer diğer kurutma zamanlarına göre istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

Ön işlem x zaman interaksiyonuna uygulanan Duncan testi sonuçlarına göre, değişik zaman dilimleri için elde edilen ortalama % ağırlık kayıpları incelendiğinde, 1.5 saat sonunda, 25x12.5x12.5 mm boyutundaki örneklerde % 45.907 oranında bir ağırlık kaybı söz konusu iken, bu oran 20x10x4 mm boyutundaki patates örneklerinde % 26.86'lık artışla % 72.76 değerine ulaşmıştı saptanmıştır (Ek çizelge 18)..

Ek çizelge 19'da görüldüğü gibi, ele alınan her yarım saatlik kuruma zamanına bağlı olarak, T_3 (80°C) kurutma sıcaklığı değerinde ve 2.5 saatlik kuruma zamanında %71.643 ağırlık kaybı değeri diğer ağırlık kaybı değerlerine göre istatistiksel açıdan farklılık göstermiştir.

Üçlü interaksiyon sonuçlarına göre, en yüksek ağırlık kaybı değerleri % 78.42 ve % 78.19 olarak, 20x10x4 mm boyutundaki patates örneklerinde, 80 °C (T_3) kurutma havası sıcaklığında tespit edilmiştir (Ek çizelge 20). Bu durumu örneklerdeki boyut küçülmesinin nem transferini önemli oranda artırıcı özelliğine bağlayabiliriz

5. 2. Farklı Koşullarda Kurutulan Deneme Materyali Ürünlere Ait Kuruma Sabiti Değerleri

Materyalden, kuruma koşullarına bağlı olarak meydana gelen % nem azalması veya Alınabilir Nem Oranı (ANO)'nın kuruma zamanına bağlı olarak gösterdiği eğilimin belirlenmesi, deneme koşullarına benzer ortamlarda aynı materyalin belirli zamanlarda ulaşabileceği nemi yada istenilen nem değerine ulaşması için gerekli zamanı belirlemede yardımcı olacaktır. Ancak bunun belirlenmesi için nem değişim eğrilerine ait eğilimlerin bilinmesi gereklidir. Bu eğim değerleri, birim zaman içinde nem yada Alınabilir Nem Oranı (ANO) değerindeki değişme eğilimini belirlemekte ve bu nedenle de kuruma sabiti olarak tanımlanmaktadır (Yağcıoğlu 1981).

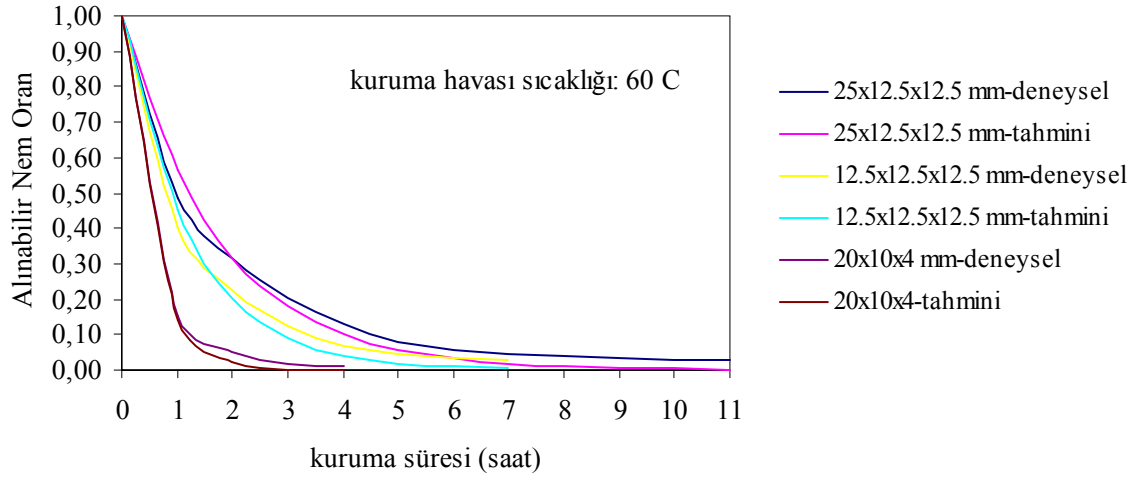
Deneme materyali patates örneklerinin kurutulmasında, her iki evreyi (sabit+azalan) kapsayacak şekilde ortak bir kuruma sabiti (k) değeri elde etmek için (7) nolu eşitlikte yer alan genel logaritmik kurutma denklemi, farklı boyuttaki örneklerin tüm kuruma periyodu için uygulanmış ve deneysel değerlere yapılan regrasyon analizi sonucunda farklı kurutma koşullarında deneme materyali patates örnekleri için elde edilen kuruma sabiti (k) değerleri Çizelge 5.2'de verilmiştir. Ayrıca deneme sonuçlarına göre hesaplanan alınabilir nem oranı ile bu değerleri açıklayan genel kurutma denklemi ile elde edilen alınabilir nem oranı değerlerinin zamana göre değişimi Şekil 5.7 de verilmiştir.

Çizelge 5. 2. Farklı Kurutma Koşullarında, Patates Örneklerinin Sabit + Azalan Hızla Kuruma Evrelerine Ait Alınabilir Nem Oranı (Y) – Kuruma Süresi (t) İlişkisini Belirleyen Regresyon Denklemleri

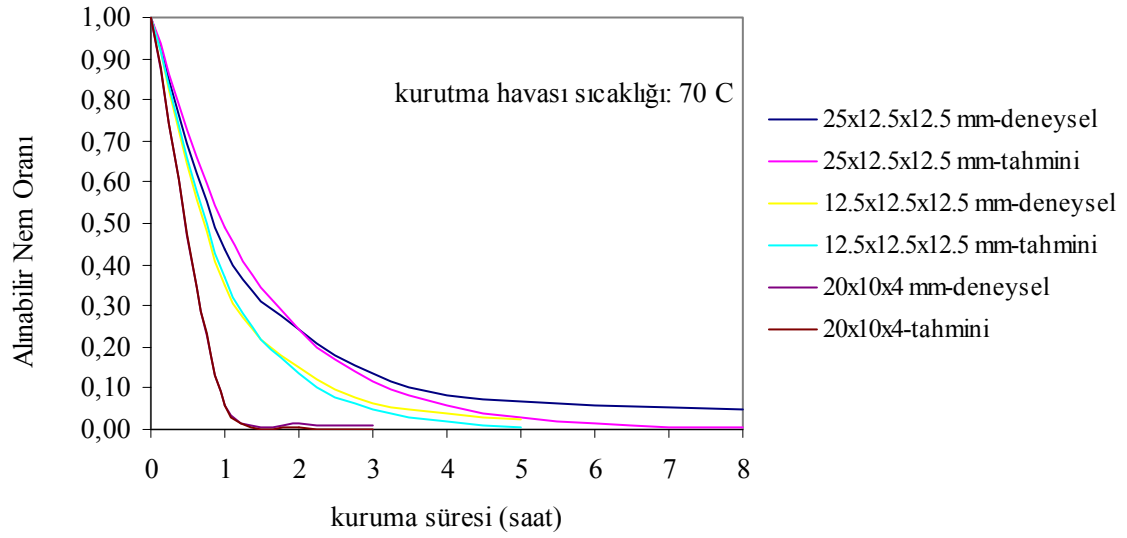
Ürün	Hava Hızı (m/s)	Model	60 ⁰		70 ⁰		80 ⁰	
			k	r	k	r	k	r
20x10x4 mm	2.0 m/s	ANO=exp(-kt)	1,959895	0.99829	2,816358	0.99954	3,691358	0.99969
12,5x12,5 x12,5 mm			0,791174	0.99570	0.997576	0.99898	1,232359	0.99884
25x12,5x12,5 mm			0,573186	0.99329	0,711791	0.99304	0,854816	0.99369

(k: Kuruma sabiti, r: Korelasyon katsayısı)

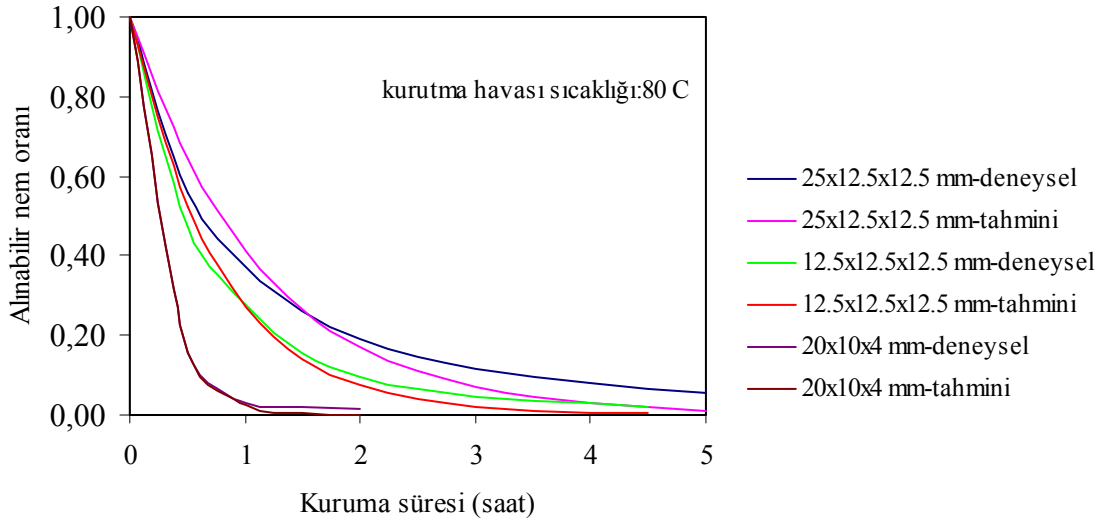
Değişim azalan bir karakter gösterdiği için kuruma sabiti (k) değerleri negatif bulunmuştur. Kuruma sabiti değerleri genel olarak incelenecek olursa, bu değerlerin sıcaklık artışına ve ürün boyutundaki küçülmeye bağlı olarak arttıkları görülmektedir. En yüksek kuruma sabiti (k) değeri (3.691358) 80 °C sıcaklık ile çalışmada 20x10x4 mm boyutundaki patates örneklerinde görülmüştür. En düşük kuruma sabiti değeri (k:0.573186) ise 60 °C sıcaklıkta 25x12.5x12.5 mm boyutundaki patates örneklerinde görülmüştür. Ayrıca Alınabilir Nem Oranı-Kuruma zamanı ilişkisini veren denklemlere ait korelasyon katsayıları (r) incelenecek olursa % 99'un üzerinde olduğu dikkat çekmektedir. Burada, ele alınan regresyon modellerinin deneysel sonuçlarla iyi bir uyum gösterdiği anlaşılmaktadır.



(a)



(b)



(c)

Şekil 5.7. Farklı kurutma sıcaklıklarında (a, b, c) ve ön işlem koşullarında elde edilen deneysel ve tahmini alınabilir nem oranı değerlerinin zamana göre değişimi

Şekil 5.7'nin incelenmesinden görüleceği üzere, deneysel ve regresyon denklemlerinden hesaplanan tahmini alınabilir nem oranı değerleri birbirine yakındır. Dolayısıyla ürünün nem içeriğindeki değişim genel kurutma denklemi ile deneysel verilere yakın olacak şekilde tahmin edilebilir.

Bu çalışma şu başlıklar altında özetlenebilir:

- Kurutmada kullanılan kurutma havası sıcaklığı arttıkça, farklı boyutlardaki patates örneklerinde uzaklaşan nm miktarı artmakta ve bunun sonucu olarak kuruma süreleri kısalmaktadır,
- Patates örneklerinin kurutma öncesi ön işleme tabi tutulması, kuruma hızına büyük oranda etki etmektedir. Başka bir ifadeyle patates örneklerinde boyut küçüldükçe kuruma hızı daha fazla olmaktadır.
- Deneme örneklerinin tümünde, kuruma sabiti değerleri hava sıcaklığı artışına bağlı olarak artış göstermiştir.
- Kuruma sabiti değerleri örneklerdeki boyutların küçülmesiyle birlikte kuruma hızının artmasına bağlı olarak daha büyük değerler göstermiştir

- Patateslere ait kuruma sabiti (k) değerleri 20x10x4 mm boyutundaki patates örneklerinde 1,997...3.787: 12.5x12.5x12.5mm boyutundaki patates örneklerinde 0,851 ...1,341 ve 25x12.5x12.5 mm boyutundaki patates örneklerinde 0,601...0,833 arasında bulunmuştur.

5. KAYNAKLAR

- Adam, E., Mühlbauer W., Esper A., Wolf W., Spies W., 2000. Quality Changes Of Onion (*Allium Cepa* L.) As Affected By The Drying Process. *Nährung*, 44 (1): 32-37
- Adar, L., 1989. Effect of air Temperature and Humidity on the Drying Rate of Macaroni. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Akpınar, E.K., Biçer, Y., (2002). Tarımsal Ürünlerin Kurutulmasında Siklon Tipi Bir Kurutucunun Kullanılabilirliği. *Mühendis ve Makine*, Aralık 2002, Sayı: 515, Ankara.
- Akpınar, E.K., Biçer Y., (2003). Siklon Tipi Bir Kurutucuda Kabağın Kuruma Davranışının İncelenmesi, *G. Ü. Fen Bilimleri Dergisi* 16(1): 159-169
- Akyurt, M., Sevilir, E., Söylemez, E., Selçuk, K., 1971. Güneş Enerjisi ve Bazı Yakıtlarla Meyve ve Sebze Kurutulması. TUBİTAK, Proje No:TOAG-97, Yayın No:299, Ankara
- Akyurt, M., Selçuk, K., 1973. A Solar Dryer Supplemented With Auxiliary Heating Systems For Continous Operation. *Solar Energy* 14, 313-320
- Anonymous, 1962. A.M.C.A. Standart Test Code for Air Moving Devices Air Moving and Conditioning Association Inc.Park Ridge, Illinois,USA
- Anonymous, 1998. Tarımsal Yapı (Üretim, fiyat, Değer). T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara
- Anonymous, 1999. Tarımsal Yapı (Üretim, fiyat, Değer). T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara
- Anonymous, 2000. Tarımsal Yapı (Üretim, fiyat, Değer). T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara
- Anonymous, 2001. Tarımsal Yapı (Üretim, fiyat, Değer). T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara
- Anonymous, 2002. Tarımsal Yapı (Üretim, fiyat, Değer). T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara
- Anonymous, 2003. Tarımsal Yapı (Üretim, fiyat, Değer). T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara
- Ayensu, A. 1997. Dehydration of Food Crops Using A Solar Dryer with Convective Heat Flow. *Solar Energy*, 59 (4-6), 121-126
- Ayık, M., 1985.Ürün İşleme Tekniği ve Makinaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları; 957, Ders Kitabı: 227, Ankara
- Ben-Mobrouk, S., Azzous, S., Belghith, A. 1990. Development of Drying of Agricultural Pnoructs. *Proceedings Of Th 1st World Renewable Energy Congress*, 958-963, Oxford, Pergamon
- Bowden, P.J., Lamond,W.J., Smith, E.A.,1983. Simulation of Near Ambient Grain Drying, I. Comparison of Simulations with Experimental results.*Journal Agricultural Engineering*, 279-300
- Can, A., 2000. Drying Kinetics Of Pumpkinseeds. *Int. J. Of Energy Reserarch*, 24: 965-975
- Coleman , N 1978. Preliminary Evaluations Of Sulfite Preatreatments For Sundried And Hot-Dried, Qeqeenb, Qnoc,, Fya, Bkake Ponk, Boc, 91:146-148.
- Demir, V., Günhan, T. 2002. Tarım Ürünlerinin Kuruma Karakteristik Değerlerinin Belirlenmesi. *Tarım Ürünleri kurutma Tekniği Çalıştayı*, 17-31, İzmir

- Doğan, Z. 1991. Effect of Pretreatment and Air Temperature on the Drying Rate of Cultivated Mushroom. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Üniversitesi, Ankara
- Doğantan, Z. S., Tuncer, K. 1988. Kahramanmaraş Kırmızı Biberinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Saptanarak Doğal Koşullarda ve Plastik Örtü Altı Güneş Toplayıcılarıyla Kurutulması Üzerine Bir Araştırma. Ç.Ü. Fen Ve Mühendislik Fakültesi Dergisi, 1-18, Adana
- Doğantan, Z. S., Tuncer, K. 1989. Kahramanmaraş Kırmızı Biberin Kurutulmasında Önemli Olan Karakteristik Parametrelerin Deneysel Saptanması. Doğa, Tarım ve Ormancılık Dergisi, 42-48, Ankara.
- Düzgüneş, O., Kesici, İ., Gürbüz, F., 1983. İstatistik Metodları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları; 861, Ankara
- Ede, A.J., Hales, K.C. 1948. The Physics of Drying In Heated Air, With Special Reference to Fruits And Vegetables. Dept. Sci. Ind. Research, Food Investigations Spec. Rept., 53
- Elustondo, M. P., Pelegrina A.H., Urbicain M.J. 1996. A Model For The Dehydration Rate Of Onions. J. Of Food Engng. (29): 375-386
- Erdoğan, D., 1984. Doğal Akışlı Güneşli Kurutucular. 2. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Sempozyumu, 224-231, Ankara
- Ergüneş, C., 1990. Çekirdeksiz Üzümün Kuruma Karakteristiklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yayınlanmamış Doktora Tezi, İzmir
- Ergüneş, G., Özgöz, E., 1995. Bazı Sebzelerin Sera İçinde Kuruma Karakteristikleri. Tarımsal Mekanizasyon 16. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, 461-470, Bursa
- Ertekin, C., 2002. Bazı Sebze ve Meyvelerin Kurutulması. Tarım Ürünleri kurutma Tekniği Çalıştayı, 33-57, İzmir.
- Güner, M. 1991. Kurtmanın Bilimsel Temelleri, Kurutma Modelleri ve Güneşli Kurutucular. Ankara Üniversitesi Ziraat fakültesi Yayınlar, Yayın No:1205, Derlemeler:48, Ankara.
- Hendersen, S.M., Perry R.L., 1955. Agricultural Process Engineering. John Willey and Sons, Inc., USA
- Kachru, R., Singh, K., 1994. Drying Characteristics of Pretreated Green Gram (*Phaseolus Aureus*) Drying 1994. Proceeding of the 9th International Drying Symposium, Vol. B, 1093-1104, Australia
- Komanowsky, M., Talley, F.B., Eskew, R.K. 1970. Air Drying of Cultivated Mushrooms. Food Technology, 24, 1020-1024
- Labuza, T.P., Simon, I.B. 1970. Surface Tension Effect During Dehydration, Air Drying of Apple Slices. Food Technology, 24, 712-715
- Liu, Q. ve Bakker-Arkema, F.W., 1997. Stochastic Modelling of Grain Drying: Part 2. Model Development. Journal of Agricultural. Engineering Research, 66, 275-280
- Lin T. M., Durand T. D., Scaman C. H., 1998. Characterization Of Vacuum Microwave, Air And Freeze Dried Carrot Slices. Food Research International, 31 (2), 11-117
- Madamba P.S., Driscoll R.H., Buckle K.A. 1996. The Thin-Layer Drying Characteristics Of Garlic Slices. J. Of Food Engng., (29), 75-97

- Mazza, G. 1983. Dehydration of Carrots, Effects of Pre-Drying Treatments on Moisture Transport and Product Quality, *J.Of Food Technol.*, 18, 113-123
- Mengeş, H.O., 1999. Konya Bölgesi'nde Yetiştirilen Bazı Meyvelerin Kontrollü Şartlar Altında Kuruma karakteristiklerinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, Konya
- Mishkin, M., Saguy, I., Karel, M., 1984a. Optimization Of Nutrient Dehydration During Processing: Ascorbic Acid Degradation İn Potato Dehydration: *J. Of Food Sci.*, (49), 1262-1265
- Mishkin, M., Saguy, I., Karel, M., 1984b. A Dynamic Test For Kinetics Models Of Chemical Changes During Processing: Ascorbic Acid Degradation İn Dehydration Of Potatoes: *J.Of Food Sci.*, (49), 1267-1270
- Mudahar, G.S., Toledo, R.T., Flords, J.D., Jen, J.J., 1989. Optimization of Carrot Dehydration Process Using Response Surface Methodology. *J. of Food Sci.* 54 (3), 714-719
- Mulet, A., Berna, A., Borras, M., Pınaga, F., 1987. Effect of Air Flow Rate on Carrot Drying. *Drying Technology*, 5(2), 245-258
- Mulet, A., Berna, A., Rosello, C., Pınaga, F., 1989. Drying of Carrots. II Evaluation of Drying Models: *Drying Technology*, 7 (4), 641-661
- Nehru, C., Kumar, V., Maheswari, C., Gothandapani, L. 1995. Solar Drying Characteristics of Oyster Mushroom-Research, (4.1), 27-30, India
- Okuyan, C., 1997. Güneş Enerjisiyle Tarımsal Ürün Kurutulması. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Sayı:3, Şanlıurfa
- Pal, U.S., Chakraverty, A., 1997. Thin-Layer Convection-Drying of Mushrooms. *Energy Conversion and Management*, 38 (2):107-113.
- Ponthing, J.D., McBean, D.M., 1970. Temperature and Dipping Treatment Effects on Drying Rates and Drying Times of Grapes Prunes and Other Waxy Fruits. *Food Technology*, 24, 1403-1406
- Puiggali, J.R., Batsale, J.C., Nadeau, J.P., 1987. The Development and Use of An Equation Describe The Kinetics of Air Drying of Hazelnuts. *Lebensm. Wiss.u. Technology.*, 20, 174-179
- Saravacos, G.D., and Charn, S.E., 1962a. A Study of The Mechanism of Fruit and Vegetable Dehydration: *Food Technology*. 16, 78-81
- Saravacos, G.D., And Charn, S.E., 1962b. Effect of Surface Active Agents on the Dehydration of Fruits and Vegetables: *Food Technology*, 16, 91-93
- Sarsavadia, P., Sawhney, R., Pangavhane, D.R., ve Singh, S.P., 1999. Drying Behaviour of Brined Onion Slices. *Journal Food Engineering*, 40, 219-226
- Schadle, E.R., Burns, E.E., Talley, L.J., 1983. Forced Air Drying of Partially Freeze Dried Compressed Carrot Bars. *J.of Food Sci.*, 48, 193-196
- Sittiphong, N., Therdoon, P., Klongpanich, W., Siratanapanta, T., 1989. Drying Characteristics of Soybean and Groundnut. *Grain Postharvest Systems. Proceedings of the Tenth ASEAN Technical Seminar on Grain Postharvest Technology*. 137-147, Thailand

- Tiris, C., Özbalta, N., Tiris, M., ve Dincer, I. 1994. Experimental Testing of A New Solar Dryer. *Int. J. of Energy Research*, 18, 483-490
- Toğrul H., Toğrul İ., İspir A., 2005a. Mantarların İnce Tabaka Kuruma Karakteristiklerinin İncelenmesi.. III. Tarımsal Ürünleri Kurutma Çalıştayı, Antalya
- Toğrul H., Toğrul İ., İspir A., 2005b. İnfrared Kurutucuda Muzun Kuruma Kinetiğinin İncelenmesi. III.Tarımsal Ürünleri Kurutma Çalıştayı, Antalya
- Toksoy, M., 1983. Tahılların Düşük Sıcaklıkta Kurutulması. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İzmir
- Tuncer, K.T., 1990. Kurutmada Yeni Teknolojiler. Yüksek Frekanslı Mikrodalgayla Sebze Kurutma Üzerine Bir Araştırma. 4. Tarımsal Mekanizasyon Ve Enerji Kongresi, 472-480, Adana
- Uz,E.,1978.Tarımsal Ürünleri Kurutma ve Soğutma Tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları,Yayın No:267,Bornova,İzmir
- Ültanır, M.Ö., 1972. Preheated Circulation Solar Dryer. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, 4s, Ankara
- Vaccarezza, L.M., Lombardi, L.J., And Cırife, J. 1974. Heat Transfer Effects on Drying Rate of Food Dehy Dration: *Can. J. of Food Engng.*, 52, Oct., 576-579
- Vaccarezza, L.M., Chirife, J., 1975. On The Mechanism Of Moisture Transport During Air Drying Of Sugar Beet Root. *J. of Food Sci.*, 40,1286-1289
- Van Arsdel, W.B., 1951. Principbes Of The Drying Process, With Special Reference to Vegetable Dehydration. U.S. Dept. Agr. Bur. Cırc. AIC-300
- Yağcıoğlu, A., 1981. Tavuk gübresinin Değişik Hava Koşullarında Kuruma özelliklerinin Saptanması Üzerinde Bir Araştırma.Yayınlanmamış Doçentlik Tezi, Bornova, İzmir
- Yağcıoğlu, A., 1986 .Tarımsal Ürünleri Kurutma Tekniği. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Notları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Taim Makinaları Bölümü, Bornova, İzmir
- Yağcıoğlu A. 1999. Tarım Ürünleri Kurutma Tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 536, İzmir
- Yaldız O., 2001. Havuç Ve Pırasa Kurutulmasında Kurutma Havası Özelliklerinin Kuruma Karakteristiklerine Etkisi. Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi, 412-417, Şanlıurfa
- Yamashita, R., 1982. Postharvesting. Laboratory Of Farm Processing Machinery. Faculty Of Agricultureell, Kyoto University, Kyoto-Japon
- Weitz, D., Lara, M.A., Piacentini, R.D.,1989. Dipping Treatment Effects on Simulated Prune Solar Drying. *Can.Inst.Food Sci.Technol.J.*, 22(2), 133-136
- Winkler, A.J., 1962. General Viticulture. University of California Press 1962,USA.

Ek Çizelge 1. 20x10x4 mm Boyutundaki Patates Örneklerinin Kurutulması Sonucunda Elde Edilen Ortalama % Ağırlık Azalması Değerlerinin Çeşitli Parametreler İçin Varyans Analiz Sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Sıcaklık (T)	2	531.5	265.8	437.66 ^{**}
Zaman (Z)	8	31367.6	3920.9	6457.24 ^{**}
TxZ	16	290.3	18.1	29.88 ^{**}
Hata	27	16.4	0.6	
Toplam	53	32205.8		

^{**} 0,01 seviyesinde önemli

Ek Çizelge 2. 20x10x4 mm Boyutundaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Kurutma Havası Sıcaklıklarına Yapılan Duncan Testi Sonuçları

Hava sıcaklığı	T ₁	T ₂	T ₃
Ağırlık azalması (%)	56.969 _c	60.252 _b	64.628 _a

Ek Çizelge 3. 20x10x4 mm Boyutundaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Kuruma Zamanlarına Yapılan Duncan Testi Sonuçları

Kuruma zamanı	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇	Z ₈	Z ₉
Ağırlık azalması (%)	0,000 _g	40,868 _f	59,442 _e	68,165 _d	72,760 _c	75,218 _b	75,990 _b	76,410 _{ab}	76,992 _a

Ek Çizelge 4. 20x10x4 Boyutundaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Sıcaklık x Zaman İnteraksiyonuna Yapılan Duncan Testi Sonuçları

Hava sıcaklığı	Kuruma zamanları								
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇	Z ₈	Z ₉
T ₁	0,000 _m	32,690	52,320 _l	62,045 _g	68,060 _f	72,690 _e	74,540 _{cde}	73,980 _{cde}	76,395 _{abc}
T ₂	0,000 _m	40,365 _k	58,725 _h	67,900 _f	72,940 _{de}	74,775 _{cde}	75,240 _{bcd}	76,160 _{abc}	76,360 _{abc}
T ₃	0,000 _m	49,550 _j	67,280 _f	74,550 _{cde}	77,280 _{ab}	78,190 _a	78,190 _a	78,190 _a	78,420 _a

Ek Çizelge 5. 12,5x12,5x12,5 mm Boyutundaki Patates Örneklerinin Kurutulması Sonucunda Elde Edilen Ortalama % Ağırlık Azalması Değerlerinin Çeşitli Parametreler İçin Varyans Analiz Sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Sıcaklık (T)	2	397.0	198.5	741.31 ^{**}
Zaman (Z)	9	31645.8	3516.2	1.3.10 ^{4**}
TxZ	18	134.9	7.5	27.98 ^{**}
Hata	30	8.0	0.3	
Toplam	59	32185.7		

^{**} 0,01 seviyesinde önemli

Ek Çizelge 6. 12,5x12,5x12,5 mm Boyutundaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Kurutma Havası Sıcaklıklarına Yapılan Duncan Testi Sonuçları

Hava sıcaklığı	T ₁	T ₂	T ₃
Ağırlık azalması (%)	55.944 _c	59.518 _b	62.225 _a

Ek Çizelge 7. 12,5x12,5x12,5 mm Boyutundaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Kuruma Zamanlarına Yapılan Duncan Testi Sonuçları

Kuruma zamanı	Ağırlık azalması (%)	Kuruma zamanı	Ağırlık azalması (%)
Z ₁	0,000 _i	Z ₆	71.043 _d
Z ₂	38.042 _h	Z ₇	73.535 _c
Z ₃	52.515 _g	Z ₈	75.275 _b
Z ₄	61.480 _f	Z ₉	76.172 _a
Z ₅	67.300 _e	Z ₁₀	76.928 _a

Ek Çizelge 8.12,5x12,5x12,5 mm Boyutundaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Sıcaklık x Zaman İnteraksiyonuna Yapılan Duncan Testi Sonuçları

Kuruma zamanları	Hava sıcaklığı		
	T ₁	T ₂	T ₃
Z ₁	0,000 _r	0,000 _r	0,000 _r
Z ₂	34.405 _q	37.590 _f	42.130 _o
Z ₃	48.005 _n	51.850 _m	57.690 _k
Z ₄	56.005 _l	61.245 _j	67.190 _l
Z ₅	62.000 _j	67.790 _i	72.110 _g
Z ₆	66.405 _i	72.150 _g	74.575 _{def}
Z ₇	70.010 _h	74.500 _{ef}	76.095 _{bcd}
Z ₈	72.600 _g	76,180 _{bcd}	77.045 _{abc}
Z ₉	74.405 _f	76,685 _{abc}	77.425 _{ab}
Z ₁₀	75.605 _{cdef}	77.190 _{abc}	77.990 _a

Ek Çizelge 9. 25x12,5x12,5 mm Boyutundaki Patates Örneklerinin Kurutulması Sonucunda Elde Edilen Ortalama % Ağırlık Azalması Değerlerinin Çeşitli Parametreler İçin Varyans Analiz Sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Sıcaklık (T)	2	358.24	179.12	473.17 ^{**}
Zaman (Z)	10	30951.65	3095.17	8176.44 ^{**}
TxZ	20	147.88	7.39	19.53 ^{**}
Hata	33	12.49	0.38	
Toplam	65	31470.26		

^{**} 0,01 seviyesinde önemli

Ek Çizelge10. 12,5x12,5x12,5 mm Boyutundaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Kurutma Havası Sıcaklıklarına Yapılan Duncan Testi Sonuçları

Hava sıcaklığı	T ₁	T ₂	T ₃
Ağırlık azalması (%)	52.744 _c	56.639 _b	58.304 _a

Ek Çizelge 11. 25x12,5x12,5 mm Boyutundaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Kuruma Zamanlarına Yapılan Duncan Testi Sonuçları

Kuruma zamanı	Ağırlık azalması	Kuruma zamanı	Ağırlık azalması
Z ₁	0.000 _k	Z ₇	67.865 _e
Z ₂	32.343 _j	Z ₈	70.300 _d
Z ₃	45.538 _i	Z ₉	72.250 _c
Z ₄	53.983 _h	Z ₁₀	73.468 _b
Z ₅	60.032 _g	Z ₁₁	74.655 _a
Z ₆	64.417 _f		

Ek Çizelge 12. 25x12,5x12,5 mm Boyutundaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Sıcaklık x Zaman İnteraksiyonuna Yapılan Duncan Testi Sonuçları

Kuruma zamanları	Hava sıcaklığı		
	T ₁	T ₂	T ₃
Z ₁	0.000 _r	0.000 _r	0.000 _r
Z ₂	28.630 _q	32.205 _p	36.195 _o
Z ₃	41.295 _n	45.085 _m	50.235 _l
Z ₄	48.970 _l	53.955 _k	59.025 _j
Z ₅	54.935 _k	60.760 _j	64.400 _{hi}
Z ₆	59.565 _j	65.985 _{gh}	67.700 _g
Z ₇	63.950 _i	69.630 _f	70.015 _{ef}
Z ₈	67.115 _g	72.060 _{cd}	71.725 _{de}
Z ₉	70.040 _{ef}	73.640 _{abc}	73.070 _{bcd}
Z ₁₀	71.745 _{de}	74.615 _{ab}	74.045 _{ab}
Z ₁₁	73.940 _{ab}	75.095 _a	74.930 _{ab}

Ek Çizelge 13. 20x10x4 mm,12,5x12,5x12,5 mm ve 25x12,5x12,5 mm Boyutlarındaki Patates Örneklerinin Kurutulması Sonucu Elde Edilen Ortalama % Ağırlık Azalması Değerlerinin Varyans Analiz Sonuçları

Varyans kaynakları	SD	KT	KO	F
Sıcaklık (T)	2	729.3	364.7	570.58 ^{**}
Ön İşlem (Ö)	2	5415.3	2707.6	4236.63 ^{**}
Zaman (Z)	4	55013.3	13753.3	2,2.10 ^{4**}
T x Ö	4	14.2	3.6	5.56 ^{**}
Ö x Z	8	1673.4	209.2	327.29 ^{**}
T x Z	8	197.4	24.7	38.62 ^{**}
T x Ö x Z	16	106.8	6.7	10.44 ^{**}
Hata	45	28.8	0.6	—
Toplam	89	63178.5	—	—

^{**} 0,01 seviyesinde önemli

Ek Çizelge 14. 20x10x4 mm, 12,5x12,5x12,5 mm ve 25x12,5x12,5 mm Boyutlarındaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Kurutma Havası Sıcaklığına Yapılan Duncan Testi Sonuçları

Hava sıcaklığı	T ₁	T ₂	T ₃
Ağırlık azalması (%)	43.037 _c	46.448 _b	50.010 _a

Ek Çizelge 15. 20x10x4 12,5x12,5x12,5 ve 25x12,5x12,5 Şeklindeki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Ön İşlem Değerlerine Yapılan Duncan Testi Sonuçları

Ön işlem	20x10x4	12,5x12,5x12,5	25x12,5x12,5
Ağırlık azalması (%)	57.037 _a	43.867 _b	38.591 _c

Ek Çizelge 16. 20x10x4 mm, 12,5x12,5x12,5 mm ve 25x12,5x12,5 mm Boyutlarındaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Kuruma Zamanlarına Yapılan Duncan Testi Sonuçları

Zaman	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅
Ağırlık azalması (%)	0.000 _e	43.348 _d	57.061 _c	63.938 _b	68.145 _a

Ek Çizelge 17. 20x10x4 mm, 12,5x12,5x12,5 mm ve 25x12,5x12,5 mm Boyutlarındaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Ön İşlem x Sıcaklık İnteraksiyonuna Yapılan Duncan Testi Sonuçları

Ön işlem	Hava sıcaklığı		
	T ₁	T ₂	T ₃
20x10x4	54.263 _c	56.613 _b	60.234 _a
12,5x12,5x12,5	40.083 _g	43.695 _e	47.824 _d
25x12,5x12,5	34.766 _i	39.035 _h	41.971 _f

Ek Çizelge 18. 20x10x4 mm, 12,5x12,5x12,5 mm ve 25x12,5x12,5 mm Boyutlarındaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Ön İşlem x Zaman İnteraksiyonuna Yapılan Duncan Testi Sonuçları

Ön işlem	Zaman				
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅
20x10x4	0.000 _k	59.442 _e	72.760 _b	75.990 _a	76.992 _a
12,5x12,5x12,5	0.000 _k	38.042 _i	52.515 _g	61.480 _d	67.300 _c
25x12,5x12,5	0.000 _k	32.560 _j	45.907 _h	54.343 _f	60.143 _e

Ek Çizelge 19. 20x10x4 mm, 12,5x12,5x12,5 mm ve 25x12,5x12,5 mm Boyutlarındaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Sıcaklık x Zaman İnteraksiyonuna Yapılan Duncan Testi Sonuçları

Sıcaklık	Zaman				
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅
T ₁	0.000 _k	38.452 _j	52.453 _g	59.838 _e	64.443 _c
T ₂	0.000 _k	43.057 _i	56.993 _f	63.840 _c	68.348 _b
T ₃	0.000 _k	48.535 _h	61.735 _d	68.135 _b	71.643 _a

Ek Çizelge 20. 20x10x4 mm, 12,5x12,5x12,5 mm ve 25x12,5x12,5 mm Boyutlarındaki Patates Örneklerinde Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleriyle Ön İşlem x Sıcaklık x Zaman İnteraksiyonuna Yapılan Duncan Testi Sonuçları

Ön işlem	Sıcaklık	Zaman				
		Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅
20x10x4	T ₁	0.000 _v	52.320 _m	68.060 _f	74.540 _{cd}	76.395 _{abc}
	T ₂	0.000 _v	58.725 _j	72.940 _{de}	75.240 _{bc}	76.160 _{abc}
	T ₃	0.000 _v	67.280 _f	77.280 _{ab}	78.190 _a	78.420 _a
12,5x12,5x12,5	T ₁	0.000 _v	34.405 _{st}	48.005 _{op}	56.005 _{kl}	62.000 _h
	T ₂	0.000 _v	37.590 _r	51.850 _m	61.245 _h	67.790 _f
	T ₃	0.000 _v	42.130 _q	57.690 _{jk}	67.190 _f	72.110 _e
25x12,5x 12,5	T ₁	0.000 _v	28.630 _u	41.295 _q	48.970 _{no}	54.935 _l
	T ₂	0.000 _v	32.855 _t	46.190 _p	55.035 _l	61.095 _{hi}
	T ₃	0.000 _v	36.195 _{rs}	50.235 _{mn}	59.025 _{ij}	64.400 _g

Ek Çizelge 21. Patates Örneklerinde 60 °C Sıcaklık İçin Yaş Ağırlık Esasına Göre Hesaplanan Ortalama % Nem Değişimi Değerleri

Süre (saat)	Patates örnekleri		
	25x12,5x12,5	12,5x12,5x12,5	20x10x4
	X	X	X
0,00	80,3800	79,8700	80,3600
0,25	76,1356	74,1906	69,6898
0,50	72,5089	69,3116	58,8049
0,75	69,3741	65,0457	48,2238
1,00	66,5777	61,2842	38,4969
1,25	66,7722	57,7004	28,0645
1,50	61,5493	54,2436	22,8342
1,75	59,1069	50,1654	24,4034
2,00	56,4565	47,0240	16,7650
2,50	51,4692	40,0766	9,6806
3,00	45,5638	32,8718	5,6669
3,50	40,3223	26,5321	5,6669
4,00	34,4929	21,3414	3,5837
4,50	30,5609	17,4702	
5,00	24,6822	14,6711	
5,50	21,3903	11,6753	
6,00	18,6027	11,6753	
7,00	15,6255	9,7229	
8,00	13,3518		
9,00	11,9310		
10,00	10,9522		
11,00	10,4990		

Ek Çizelge 22. Patates Örneklerinde 70 °C Sıcaklık İçin Yaş Ağırlık Esasına Göre Hesaplanan Ortalama % Nem Değişimi Değerleri

Süre (saat)	Patates örnekleri		
	25x12,5x12,5	12,5x12,5x12,5	20x10x4
	X	X	X
0,00	80,3800	79,5970	77,4500
0,25	75,1189	73,0934	62,1835
0,50	71,0583	67,3044	45,3573
0,75	67,6337	62,3488	29,7246
1,00	64,2688	57,6256	16,6616
1,25	60,9807	52,4959	10,5974
1,50	57,3801	47,3529	8,8549
1,75	53,7085	42,0863	5,3295
2,00	49,9836	36,6563	5,3295
2,50	42,3013	26,7397	5,3295
3,00	35,3698	19,9882	3,5601
3,50	29,7424	14,3451	
4,00	25,5412	12,4854	
4,50	22,6784	10,5524	
5,00	21,1869	9,2393	
5,50	19,6038		
6,00	18,7874		
7,00	17,5744		
8,00	16,7346		

Ek Çizelge 23. Patates Örneklerinde 80 °C Sıcaklık İçin Yaş Ağırlık Esasına Göre Hesaplanan Ortalama % Nem Değişimi Değerleri

Süre (saat)	Patates örnekleri		
	25x12,5x12,5	12,5x12,5x12,5	20x10x4
	X	X	X
0,00	77,0870	79,7720	79,6360
0,25	71,5098	71,4913	59,6321
0,50	66,6998	65,0410	37,7628
0,75	62,1325	58,3401	19,9843
1,00	57,6656	52,1626	10,3697
1,25	53,2529	44,7195	6,6300
1,50	49,0085	38,3239	6,6300
1,75	45,4380	32,4672	6,6300
2,00	41,7180	27,4364	5,6241
2,50	36,1050	20,4183	
3,00	31,4839	15,3550	
3,50	27,6128	11,8705	
4,00	24,2518	10,3867	
4,50	21,6095	8,0628	
5,00	19,4923		

Ek Çizelge 24. Patates Örneklerinde 60 °C Sıcaklık İçin Kuru Ağırlık Esasına Göre Hesaplanan Ortalama % Nem Değişimi Değerleri

Süre (saat)	Patates örnekleri		
	25x12,5x12,5	12,5x12,5x12,5	20x10x4
	X	X	X
0,00	4,0968	3,9677	4,0916
0,25	3,1904	2,8746	2,2999
0,50	2,6376	2,2586	1,4277
0,75	2,2653	1,8609	0,9325
1,00	1,9921	1,5830	0,6263
1,25	2,0359	1,3641	0,3905
1,50	1,6009	1,1855	0,2963
1,75	1,4457	1,0067	0,3248
2,00	1,2969	0,8877	0,2019
2,50	1,0609	0,6689	0,1077
3,00	0,8374	0,4898	0,0606
3,50	0,6761	0,3612	0,0606
4,00	0,5270	0,2715	0,0372
4,50	0,4401	0,2119	
5,00	0,3282	0,1721	
5,50	0,2724	0,1324	
6,00	0,2291	0,1324	
7,00	0,1855	0,1080	
8,00	0,1547		
9,00	0,1358		
10,00	0,1233		
11,00	0,1175		

Ek Çizelge 25. Patates Örneklerinde 70 °C Sıcaklık İçin Kuru Ağırlık Esasına Göre Hesaplanan Ortalama % Nem Değişimi Değerleri

Süre (saat)	Patates örnekleri		
	25x12,5x12,5	12,5x12,5x12,5	20x10x4
	X	X	X
0,00	4,0968	3,9012	3,4346
0,25	3,0191	2,7169	1,6446
0,50	2,4554	2,0589	0,8304
0,75	2,0900	1,6560	0,4235
1,00	1,7989	1,3599	0,2000
1,25	1,5635	1,1051	0,1186
1,50	1,3468	0,8995	0,0980
1,75	1,1608	0,7267	0,0572
2,00	1,0000	0,5787	0,0572
2,50	0,7337	0,3650	0,0572
3,00	0,5479	0,2498	0,0370
3,50	0,4241	0,1675	
4,00	0,3435	0,1427	
4,50	0,2938	0,1180	
5,00	0,2694	0,1018	
5,50	0,2444		
6,00	0,2319		
7,00	0,2136		
8,00	0,2013		

Ek Çizelge 26. Patates Örneklerinde 80 °C Sıcaklık İçin Kuru Ağırlık Esasına Göre Hesaplanan Ortalama % Nem Değişimi Değerleri

Süre (saat)	Patates örnekleri		
	25x12,5x12,5	12,5x12,5x12,5	20x10x4
	X	X	X
0,00	3,3643	3,9436	3,9106
0,25	2,5100	2,5083	1,4774
0,50	2,0030	1,8609	0,6068
0,75	1,6409	1,4011	0,2498
1,00	1,3623	1,0917	0,1157
1,25	1,1394	0,8104	0,0710
1,50	0,9612	0,6220	0,0710
1,75	0,8329	0,4819	0,0710
2,00	0,7159	0,3788	0,0597
2,50	0,5653	0,2569	
3,00	0,4596	0,1818	
3,50	0,3816	0,1348	
4,00	0,3202	0,1160	
4,50	0,2757	0,0881	
5,00	0,2422		

Ek Çizelge 27. Patates Örneklerinde 60 ° C Sıcaklık İçin Ortalama Alınabilir Nem Oranı
(A.N.O) Değerleri

Süre (saat)	Patates örnekleri		
	25x12,5x12,5	12,5x12,5x12,5	20x10x4
	X	X	X
0,00	1,0000	1,0000	1,0000
0,25	0,7787	0,7245	0,5621
0,50	0,6438	0,5692	0,3489
0,75	0,5529	0,4690	0,2279
1,00	0,4863	0,3990	0,1531
1,25	0,4347	0,3438	0,0954
1,50	0,3908	0,2988	0,0724
1,75	0,3529	0,2537	0,0794
2,00	0,3166	0,2237	0,0493
2,50	0,2590	0,1686	0,0263
3,00	0,2044	0,1235	0,0148
3,50	0,1650	0,0910	0,0148
4,00	0,1286	0,0684	0,0091
4,50	0,1074	0,0534	
5,00	0,0801	0,0434	
5,50	0,0665	0,0334	
6,00	0,0559	0,0334	
7,00	0,0453	0,0272	
8,00	0,0378		
9,00	0,0332		
10,00	0,0301		
11,00	0,0287		

Ek Çizelge 28. Patates Örneklerinde 70 °C Sıcaklık İçin Ortalama Alınabilir Nem Oranı (A.N.O) Değerleri

Süre (saat)	Patates örnekleri		
	25x12,5x12,5	12,5x12,5x12,5	20x10x4
	X	X	X
0,00	1,0000	1,0000	1,0000
0,25	0,7369	0,6964	0,4788
0,50	0,5993	0,5277	0,2418
0,75	0,5101	0,4245	0,1233
1,00	0,4391	0,3486	0,0582
1,25	0,3816	0,2833	0,0345
1,50	0,3288	0,2306	0,0285
1,75	0,2833	0,1863	0,0167
2,00	0,2441	0,1483	0,0167
2,50	0,1791	0,0936	0,0167
3,00	0,1337	0,0640	0,0108
3,50	0,1035	0,0429	
4,00	0,0839	0,0366	
4,50	0,0717	0,0302	
5,00	0,0658	0,0261	
5,50	0,0597		
6,00	0,0566		
7,00	0,0521		
8,00	0,0491		

Ek Çizelge 29. Patates Örneklerinde 80 °C Sıcaklık İçin Ortalama Alınabilir Nem Oranı
(A.N.O) Değerleri

Süre (saat)	Patates örnekleri		
	25x12,5x12,5	12,5x12,5x12,5	20x10x4
	X	X	X
0,00	1,0000	1,0000	1,0000
0,25	0,7005	0,6360	0,3778
0,50	0,5564	0,4719	0,1552
0,75	0,4535	0,3553	0,0639
1,00	0,3743	0,2768	0,0296
1,25	0,3109	0,2055	0,0182
1,50	0,2603	0,1577	0,0182
1,75	0,2238	0,1222	0,0182
2,00	0,1905	0,0960	0,0153
2,50	0,1477	0,0651	
3,00	0,1177	0,0461	
3,50	0,0955	0,0342	
4,00	0,0781	0,0294	
4,50	0,0654	0,0223	
5,00	0,0559		

Ek Çizelge 30. Patates Örneklerinde 60 °C Sıcaklık İçin Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleri

Süre (saat)	Patates örnekleri		
	25x12,5x12,5	12,5x12,5x12,5	20x10x4
	X	X	X
0,00	100,00	100,00	100,00
0,25	82,22	78,00	64,81
0,50	71,37	65,60	47,68
0,75	64,07	57,59	37,96
1,00	58,71	52,00	31,94
1,25	59,57	47,59	27,31
1,50	51,03	44,00	25,46
1,75	47,99	40,40	26,02
2,00	45,07	38,00	23,61
2,50	40,44	33,60	21,76
3,00	36,05	29,99	20,83
3,50	32,89	27,40	20,83
4,00	29,96	25,60	20,37
4,50	28,26	24,40	
5,00	26,06	23,60	
5,50	24,97	22,80	
6,00	24,12	22,80	
7,00	23,26	22,31	
8,00	22,66		
9,00	22,29		
10,00	22,04		
11,00	21,93		

Ek Çizelge 31. Patates Örneklerinde 70 °C Sıcaklık İçin Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleri

Süre (saat)	Patates örnekleri		
	25x12,5x12,5	12,5x12,5x12,5	20x10x4
	X	X	X
0,00	100,00	100,00	100,00
0,25	78,86	75,84	59,64
0,50	67,80	62,41	41,28
0,75	60,63	54,19	32,10
1,00	54,92	48,15	27,06
1,25	50,30	42,95	25,23
1,50	46,05	38,76	24,76
1,75	42,40	35,23	23,84
2,00	39,24	32,21	23,84
2,50	34,02	27,85	23,84
3,00	30,37	25,50	23,39
3,50	27,94	23,82	
4,00	26,36	23,32	
4,50	25,39	22,81	
5,00	24,91	22,48	
5,50	24,42		
6,00	24,17		
7,00	23,81		
8,00	23,57		

Ek Çizelge 32. Patates Örneklerinde 80 °C Sıcaklık İçin Ortalama % Ağırlık Azalması Değerleri

Süre (saat)	Patates örnekleri		
	25x12,5x12,5	12,5x12,5x12,5	20x10x4
	X	X	x
0,00	100,00	100,00	100,00
0,25	76,92	70,97	50,45
0,50	65,81	57,87	32,72
0,75	57,87	48,57	25,45
1,00	51,77	42,31	22,72
1,25	46,88	36,62	21,81
1,50	42,98	32,81	21,81
1,75	40,17	29,98	21,81
2,00	37,60	27,89	21,58
2,50	34,30	25,43	
3,00	31,99	23,91	
3,50	30,28	22,96	
4,00	28,93	22,58	
4,50	27,96	22,01	
+5,00	27,22		