

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÜRÜNLERİN KURUMA KARAKTERİSTİK DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

KEVSER ÖZGÜL
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİMDALI

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Şefik Bilir

ÖZET

ÜRÜNLERİN KURUMA KARAKTERİSTİK DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

Kevser ÖZGÜL
Selçuk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof.Dr.Şefik Bilir
2007,50 sayfa

Juri: Prof.Dr.Şefik BİLİR
Prof.Dr. Saim KOÇAK
Yrd.Doç. Dr. Selçuk DARICI

Bu çalışmada, tarımsal ve endüstriyel ürünlerin kurutulmasında, kurutma ortamının şartlarına bağlı olarak kurutma karakteristiklerini belirlemek için bir deney tesisatı tasarlanmış ve kurulmuştur.

Ürüne ve kurutma ortamının çevre şartlarına bağlı olarak değişen, kuruma karakteristiklerinin önceden belirlenmesi amacıyla deney tesisatı debi, sıcaklık ve nem kontrollü olarak tasarlanmıştır. Sistem bir PLC (Programlanabilir Lojik Kontrolör), hava akımını sağlayan fan, nem verme ünitesi, soğutma ünitesi, ısıtma ünitesi, nem alma ünitesi ve deney odasından oluşmaktadır. Deney odasında istenilen hava koşulları, sıcaklık ve nem olarak PLC ünitesine girilerek deney odası sıcaklığı ve nemi ayarlanabilmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Kurutma, kurutucu, konvektif kurutma, tarımsal ürünler

ABSTRACT

Thesis

DETERMINATION OF THE DRYING CHARACTERISTICS OF PRODUCTS

Kevser ÖZGÜL

Selçuk University
Institute of the Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

Supervisor : Prof.Dr.Şefik Bilir
2007,50 Pages

Jury: Prof Dr.Şefik BİLİR
Prof Dr. Saim KOÇAK
Assist.Prof.Dr.Selçuk DARICI

The An experimental setup was designed and established to determine the drying characteristics of agricultural and industrial products. The drying characteristics of products depend on the drying conditions. In order to determine these characteristics, an experimental setup was designed to be able to control flow the rate, the temperature and moisture of the drying air.

The system includes a PLC (Programmable Logic Controller), a fan , humidifying unit, cooling unit, heating unit, dehumidifying unit and testing room.

The required conditions in testing room are adjusted by the PLC unit.

Keywords: Drying, dryer, convective dryer, agricultural products.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın yüksek lisans tezi olarak planlanıp, yürütülmesinde ve sonuçların değerlendirilmesinde daima yardımlarını gördüğüm danışman Hocam Sayın Prof.Dr.Şefik BİLİR'e ve Makina Bölümü Öğretim üyelerine teşekkürü bir borç bilirim.

Gerek deney düzeneğinin yapım aşamasında daima desteğini ve yardımlarını gördüğüm Sayın Yrd.Doç.Dr. Yusuf YILMAZ'a, değerli katkılarıyla yardımlarını eksik etmeyen laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan Sayın Arş.Gör.Ulaş ATMACA'ya deney düzeneğinin hazırlanmasında bana yardımcı olan kıymetli babam A.Ferit ÖZGÜL'e ve Dev-Pet LTD.ŞTİ'ne teşekkürü bir borç bilirim.

Konya, 2007

KEVSER ÖZGÜL

ŞEKİLLER LİSTESİ

1.1.Kurutulması Gereken Bazı Ürünlerin İlk ve Son Nem İçeriği Değerleri.....	13
1.2. Türkiye’de Yıllar İtibariyle Yaş Meyve ve Sebze Üretimi.....	14
1.1.Kurutma Prosesinin Kademeleri Grafiği.....	22
4.1.Deney Tesisatı Şeması.....	33
4.2.Deney Tesisatı.....	34
4.3.Deney Tesisatı.....	35
4.4.Ana Sayfa Ekranı.....	37
4.5.Ayar Sayfası Ekranı.....	39
4.6.Rapor Sayfası Ekranı.....	40
4.7.Sıcaklık ve Nem Değerleri giriş Ekranı.....	41
4.8.Soğutma Ünitesi	42
4.9 .Isıtma Ünitesi	43
4.10.Nem Alma Ünitesi	44
4.11.Deney Odası	45

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	2
ABSTRACT.....	3
TEŞEKKÜR.....	4
ŞEKİL LİSTESİ.....	5
İÇİNDEKİLER.....	6
SEMBOLLER.....	8
1.GİRİŞ.....	9
2.KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	15
3.TEORİK ESASLAR	16
3.1.Kuruma Prosesinin Tanım>.....	19
3.2.Kurutma Proseslerinin Teorisi.....	20
3.3.Hava Sıcaklığının Etkisi.....	26
3.4.Hava Nem Miktar>n>n Etkisi.....	27
3.5.Hava Akış Hızının Etkisi.....	27
3.6.Kurutucu Verimi.....	28
3.7.Kurutma Sistem ve Tesislerinin S>n>flandır>r>lması.....	28
3.7.1.Konveksiyon Tip Kurutucular.....	28
3.7.2.Kondüksiyon Tip Kurutucular.....	29
3.8.Kurutma Yöntemleri.....	29
3.8.1.Kondakt Kurutma.....	29
3.8.2.Konvektif Kurutma.....	30
3.8.3.Işınım ile Kurutma.....	30
3.8.4.Dielektrik Kurutma.....	30
3.8.5.Dondurmalı> Kurutma.....	30
3.8.6.Ozmotik Kurutma.....	30
4. DENEY TESİSATININ TANIMI.....	32
4.1.PLC(Programlanabilir Lojik Kontrolör) Kontrol Ünitesi	36
4.1.1.Ekran Menüsü.....	36
4.1.1.1.Ana Sayfa Menüsü.....	37
4.1.1.2.Ayar Sayfas> Menüsü.....	39

4.1.1.3.Rapor Sayfası Menüsü.....	40
4.1.2.Sıcaklık ve Nem Değerlerinin girilmesi.....	40
4.2.Fan.....	41
4.3.Nem Verme Ünitesi.....	41
4.4.Soğutma Ünitesi.....	42
4.5.Isıtma Ünitesi.....	43
4.6.Nem Alma Ünitesi.....	44
4.7.Deney Odası.....	45
5.SONUÇLAR ve TARTIŞMA.....	47
6.KAYNAKLAR.....	49

SEMBOLLER

F	ürün yüzey alanı,	m^2
h'_D	konveksiyonla kütle iletim katsayısı,	$kg\ s^{-1}\ m^{-2}$
h'	konveksiyonla ısı iletim katsayısı	$W\ m^{-2}\ K^{-1}$
K_y	ürün yüzeyindeki su konsantrasyonu	
K_h	kurutma havasındaki su konsantrasyonu	
k	kuruma sabiti	$1/h$ veya $1/s$
M_s	suyun mol ağırlığı	$kg\ mol^{-1}$
m_s	birim zamanda üründen ayrılan su buharı,	$kg\ s^{-1}$
N	nem miktarı	
n	ürüne ve kurutma şartlarına bağlı deneysel katsayı	
P'_b	ürün yüzeyindeki suyun, havanın T_s sıcaklığındaki buhar basıncı	Pa
R	evrensel gaz sabiti	$J\ mol^{-1}\ K^{-1}$
T_m	hava sıcaklığı	K
T	kurutma havasının kuru sıcaklığı	$^{\circ}C$
T_s	kurutma havasının yaş sıcaklığı	$^{\circ}C$
q''_b	suyun T_s sıcaklığında buharlaşması için gerekli gizli ısı	kJ/kg
W_K	kurutucu içinde birim alana yerleştirilen ürünün kuru madde miktarı	kg/m^2
w_1	havanın kurutucuya giriş mutlak nem değeri	$kg\ su\ buh./kg.\ kr.hv.$
w_2	havanın kurutucuya çıkış mutlak nem değeri	$kg\ su\ buh./kg.\ kr.hv.$

1.GİRİŞ

Kurutma ilk çağlardan beri kullanılan gıda muhafaza yöntemidir. Kurutma ürünün bünyesindeki %90-95 oranındaki sıvının uzaklaştırılması %10-20 oranına düşürülerek ürünün bozulmasına imkan vermeden uzun süre dayanmasını sağlama yöntemidir. Ürünler doğal olarak güneş altında yada yapay olarak kurutucu ile kurutulabilirler. Ürünler kurdukları zaman ağırlıkları ve hacimleri önemli ölçüde azalır. Kurutulmuş ürünlerin ağırlı ve hacimlerinin azalmasından dolayı depolanma ve taşınma maliyeti azalır.

Meyve ve sebzeleri uzun süre saklama yönteminin uygulanmasındaki işlemler şöyledir.

- Ön işlemler
- Kurutma işlemi
- Son işlemler
- Ambalajlama
- Depolama

Kurutma işleminde ön işlemler için; kurutulacak meyveler olgun, sağlam, yarasız, beresiz, çürüksüz olmalı, böcek yemiği bulunmamalıdır. Değişik meyvelerin kurutulmasında uygulanan temel işlemler birbirine benzer olup şöyledir.

- Yıkama
- Yabancı maddelerden ayırma
- Meyvelerin cinsine göre kabul soyma
- Bölme, dilimleme, doğrama
- Çekirdek çıkarma

Kurutulacak sebzelere sebzenin özelliğine göre ayıklama, yıkama, kabuk soyma, doğrama, haşlama, soğutma, kükürtleme vb. ön işlemler uygulanır. Ürünün renginin esmerleşmemesi için haşlama ve kükürtleme önemlidir.

Haşlama işlemi, sıcak su veya buharda, sebzenin türüne göre belli sürelerde yapılır. Kükürtleme işlemi, kurutulacak ürüne SO_2 (kükürt dioksit) verilmesidir. Genellikle bütün meyvelerde renk ve vitamin kaybını önlemek için yapılır. Kükürtleme ile kabukta yarıkçıklar meydana gelmekte, su daha hızlı buharlaşmakta ve meyve daha hızlı kurumaktadır. Ayrıca zararlı böceklerin yumurta ve kurtçuklarını öldürerek meyvelerin daha uzun süre dayanmasını sağlamaktadır. Kükürtleme işlemi iki yöntem ile yapılır. Birinci yöntem kükürtleme odalarında toz kükürt yakılarak elde edilen SO_2 gazı ile temas ettirilir. İkinci yöntem ise belli yoğunluktaki sodyumbisülfid, sodyumsulfid vb. çözeltilere daldırılır veya bu çözeltiler meyveler üzerine püskürtülür. Yakma suretiyle yapılan kükürtleme daha çok kullanılmaktadır. Kurutulmuş meyvelerde bulunması gereken en az ve en fazla SO_2 miktarları yönetmeliklerle sınırlandırılmıştır. (26)

Doğal kurutma, güneş enerjisinden yararlanarak açık havada yapılan kurutma işlemidir. Ürünler güneş enerjisinden yararlanarak açıkta kurutulur iken toz, toprak, yağmur ve sergi yerlerinde dolaşan çeşitli böcek ve hayvanların zararlarına uğramakta, ürün kalitesi olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu zararları en aza indirmek için şu hususlara dikkat etmelidir. (26)

- 1 . Kurutulacak meyveler kurutma olgunluğunda hasat edilmelidir.
2. Hasat usulüne uygun olarak yapılmalıdır.
3. Yabancı maddeler sap, çöp, yaprak, taş vb. ile bereli olanlar ayrılmalıdır.
4. Gerek temizlemek, gerekse tarım ilâç artıklarından arındırmak üzere yıkanmalıdır.
5. Bütün parça ve dilim meyveler ayrı ayrı işleme tabi tutulmalıdır.
6. Kükürtleme usulüne uygun olarak yapılmalıdır.
7. Kükürtleme odaları usulüne uygun olmalıdır.
8. Kurutma toprak üzerinde değil meyvenin cinsine göre yüksek sergilerde yapılmalıdır.
9. Kurutma mahallerinin üzerleri yağmura karşı korunmak üzere tenteli olmalı sergiler raflı olup üst üste yerleştirilmelidir.

10. Kuruyan meyveler temizleme, seçme işlemlerine tabi tutulmalıdır.
11. Meyveler terletilerek nem dengelenmesi sağlanmalıdır.
12. Kükürtlenmeyen meyveler zararlılara karşı fümigasyon yapılır..
13. Meyvenin özelliğine uygun olarak ambalajlanmalıdır.
14. Ambarların serin, havadar, loş, kuru, korumalı olmasına dikkat edilmelidir.

(26)

Güneşte kurutulan meyve ve sebzelerde kısaca değinilen bu olumsuz yönleriyle, ayrıca kurutma süresinin uzun olmasına ve genel olarak kurutulmuş ürün kalitesinin düşük olmasına karşın, güneşte kurutma daha ekonomik bir yöntemdir. Kurutulmuş sebzeler besleyici değerlerini önemli ölçüde kaybederler. Konserve yiyeceklere kıyasla daha az besleyicidirler.(26)

Suni kurutma işleminde Kurutma tesislerinde dışarıdan alınan havanın bir miktarıyla birlikte kurutulacak gıda maddesiyle temas ettirilmesiyle yapılan kurutma işlemidir.

Bileşik kurutma işleminde güneş enerjisi ve çeşitli yakıtlardan yararlanarak yapılan kurutmadır. Güneşli mevsimlerde güneş enerjisinden, güneş enerjisinin yeterli olmadığı günlerde ise katı, sıvı veya gaz yakıtla sıcak hava elde edilmektedir. Bu kurutucular küçük kapasiteli olduklarında köy tipi kurutucular olarak da isimlendirilmektedir.

Kurutma işleminde son işlemler olarak kurutulan sebzeler fümigasyon işlemine tabi tutulur, Fümigasyon, meyve ve sebzeleri zararlılara karşı korumak üzere kapalı ortamda metil bromid vb. maddeler olarak yapılır. 100 m³ hacim için 2-3 kg metil bromid kullanılır. Fümigasyon süresi 24 saattir. Fümigasyon ambar koşullarına göre tekrarlanabilir.(26)

Kurutulan ürünlerin ambalajlanarak saklanması gerekir. Kuru meyveler, ağaç kasalar, polietilen, propilen, selofon torbalar, karton ve metal kutulara ambalajlanmaktadır. Kuru sebzelerin depolanması için nem geçirmez polietilen,

alüminyum kombinasyonlu kutular, mumlanmış kağıt veya karton kutular içinde ambalajlanır. Küçük ambalajlar 10-20 kg lık büyük ambalajlara yerleştirilir.

Tarım ürünleri ve onlardan üretilen diğer besin maddelerinin içerdikleri su miktarının bilinmesi, kuruma süresinin ve depolanma süresinin belirlenmesi için yarar sağlar. Tablo 1.1.de Kurutulması gereken bazı ürünlerin ilk ve son nem içeriği değerleri verilmiştir.

Tablo 1.1 Kurutulması Gereken Bazı Ürünlerin İlk ve Son Nem İçeriği Değerleri

ÜRÜN	İLK NEM İÇERİĞİ (%)	SON NEM İÇERİĞİ (%)	ÜRÜN	İLK NEM İÇERİĞİ (%)	SON NEM İÇERİĞİ (%)
Adaçay›	62	11	Hurma	65	40
Armut	84	25	İncir	77,5	26
Bamya	81	6	Ispanak	80	10
Bezelye	60–70	5–10	Kakule	80	16
Domates	93	7	Kay›s›	85,3	25
Elma	84,8	24	Kiraz	81	30
Erik	78,7	35	K.Biber	90	20
Fasulye	60–70	5–10	Muz	80	15
Fesleğen	80	6	Nane	80	11
Havuç	80–90	5–10	Oğulotu	77	11
Hindistan Cevizi	45–50	5	Patates	77	7
Hint Yerelmas›	70	15	Üzüm	74–81,6	15–18
Sar› Papatya	75	7	Vişne	83,7	25
Sar›msak	80	4	Yerfıstığı	45–50	13
Soğan	84	6	Y.Biber	80	10
Şeftali	75–80	20	Ateş Çiçeği	71	11
Şerbetçiotu	77	8	Kahve	43–48	12
Kakao	50	6–7	Pirekapan	70	10–13
Şeker Kamışı	40–60	20	Maydanoz	83	12
Hint Yerelmas›	70	15	Frenk Maydanozu	80	12
Dereotu	70–80	10	Kadife Çiçeği	72–85	12
Frenk Soğanı	80–85	12	Biberiye	70	10
Kaplanmış H›yar/K›rm›z› Turp Tohumu	36	9	Kekik	72,9	7,5–11,4
Zencefil	87–93	5	Lahana	90-95	5-10

Kurutulan ürünlerin ihraç edilmesi ülkemiz ekonomisine önemli katkıda bulunmaktadır. Türkiye’de yıllar itibariyle yaş meyve üretimleri Tablo 1.2’de görülmektedir.(27)

Ülkemizde ticari amaçla kurutulmuş ürünlerin başında üzüm, kay›s› ve incir gelmektedir. Dünya pazar›nda ki kuru ürün pazar›m›z› art›rmak için; ürün

çeşitliliğinin, depolanma süresinin, kaliteli ürün üretim miktarının arttırılması gerekmektedir. Ürünlerin güneşte kurutulması hem olanaklı hem de elverişli, hijyenik koşullarda değildir. Bu nedenlerle kurutma sektörünün geliştirilmesi ve gerekli finanssal desteğin sağlanması gerekmektedir.

Tablo 1.2 Türkiye’de yıllar itibariyle yaş meyve üretimlerini göstermektedir.
(Miktar:1000Ton)

ÜRÜNLER	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Portakal	842	890	740	970	1.100	1.070	1.250
Mandalin	453	450	365	480	500	560	580
Limon	418	401	270	390	520	460	510
Greyfurt	65	75	55	100	140	130	135
Elma	2.100	2.200	2.550	2.450	2.500	2.400	2.450
Üzüm	3.550	3.700	3.700	3.600	3.400	3.600	3.250
Karpuz,Kavun	5.400	5.800	5.550	5.815	5.275	5.805	5.795
Kayısı	400	250	206	490	335	530	470
Şeftali	340	360	355	410	400	430	460
İncir	300	290	243	255	275	240	235
Kiraz	186	200	215	195	250	230	250
Armut	410	415	400	360	360	380	360
Domates	7.250	7.800	6.600	8.290	8.956	8.890	8.425
Patates	4.750	4.950	5.100	5.250	6.000	5.730	5.000
Kuru Soğan	2.850	1.900	2.100	2.270	2.500	2.200	2.150
Patlıcan	750	850	847	915	976	924	945
Havuç	250	270	240	232	239	235	230
Toplam	36.000	35.000	36.000	39.000	41.200	41.000	42.000

Tablo 1.2: Türkiye’de Yıllar İtibariyle Yaş Meyve ve Sebze Üretimi (Akalın 2003)

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Pelegrina, Elustonolo ve Urbicain (1998), çalışmalarında sebzelerin kurutulması için tasarlanan bir deney düzeneğinden bahsetmişlerdir. Deneylerde kurutucu olarak sıcak hava kullanmışlar ve sebzelerin yerleştirildiği kabin kendi ekseninde döner olarak imal etmişlerdir. Çeşitli ürünler için kurutma eğrileri belirlemişlerdir.

Afzol ve Abe (1998), çalışmalarında patateslerin FIR kurutma altında ışıınım yoğunluğu, ürünlerin kalınlıklarının piem difüzyonlarına etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Difüzyonun ışıınım yoğunluğuyla değiştiğini bulmuşlardır. Ayrıca sabit ışıınım düzeyinde ürün kalınlığının azalmasıyla düfüzitenin arttığını gözlemlemişlerdir.

Sarsanadia, Sawhney ve Ark (1999), çalışmalarında soğan dilimlerinin kurutulmasını deneysel olarak çalışmışlardır. Deneylerinde kurutma havası sıcaklığı 50~80°C arasında dört farklı sıcaklıkta, hava hızı 0.25~1.0 m/sn arasında dört farklı hızda ve hava bağıl neminin %10~20 arasında üç farklı değeri için deneyler yapmışlardır. Non-linear regresyon analizi için Arrhenius tipi regresyon analizi kullanmışlardır.

Sabanez ve Price (1999), çalışmalarında Prunus Domestica bitkisinin kurutma eğrisini hareketli sınır difüzyon modeli ile incelemişlerdir. Modelin nümerik çözümü Filek'in ikinci kanunu esas almışlardır. Model ayrıca deneysel kurutma verileriyle karşılaştırmışlardır. Model deneysel sonuçlara yüksek sıcaklıklarda daha uyumlu olduğu gözlenmiştir. Hem hava akış hızı, hem de cidar direnci modelinin sonuçlarını etkilediği görülmüştür.

Stencl, Otten ve ark (1999), çalışmalarında kuru erikten su buharı dengesi verileri hava sıcaklığı 15~45°C ve su aktivitesi 0.4~0.99 arasında değerler için deneysel olarak incelenmişlerdir. Deneyler için laboratuarda bir düzenek hazırlanmışlardır. Deneyler sonucunda sıcaklık arttıkça su emme kapasitesinin azaldığını bulmuşlardır. Deneysel verilere uygulanmak üzere literatürde olan dört farklı model

uygulanmışlardır. Kuru erikler için modifiye edilmiş Hasley denklemi nem adsorpsiyonu için en uygun model olarak belirlemişlerdir.

Motto ve Pereina (2000), çalışmalarında ısıtılan yüzeyler üzerinde kağıt tabakaların kurutulmasını deneysel olarak incelemişlerdir. Deneplerinde doğal ve zorlanmış hava koşullarını kullanmışlardır. Kağıt tabakalarının başlangıç nem içerikleri, kuruma sıcaklıkları ve hava hızlarının kurutma eğrisi üzerinde etkileri üzerinde farklı koşullar için bir denklem geliştirmişlerdir.

Yoshida ve Miyashita (2002), çalışmalarında ince tabakalı polimer solüsyonların kurutulmasını hem deneysel hem de nümerik olarak incelemişlerdir. Başlangıç koşulları kurutma karakteristiklerini geliştirmek amacıyla değiştirmişler ve deneyler yapılmışlardır.

Sahin, Dincer ve ark (2002), analitik olarak gıda ürünlerinin kurutulması üzerine çalışmışlardır. Kurutma yararını belirlemek için basit bir metot ile çeşitli ürünler için buldukları kurutma zamanları değerleri literatürdeki değerler ile uyum içinde olduğunu ve maksimum $\pm\%10$ hata verdiği görülmüştür.

Demir, Vedat, Günhan, Tuncay (2002), tarım ürünlerinin kurutulması ve kuruma sabitlerinin belirlenmesini deneysel olarak incelemişlerdir.

Zbicinski ve Delag (2002), farklı ürünlerinin kurutma kriterlerinin belirlenmesi için 9m boyunda sprey kurutma tüneli tasarlamışlar ve deneyler yapmışlardır. Spreyin, boyut dağılımı, partikül hızları, sıvı faz kütle yoğunlukları PDA tekniği ile belirlemişlerdir. Çalışmalarında kurutma grafikleri sunulmuş ve karşılaştırmışlardır.

Ruiz-Caberera, Foucat ve Ark (2003), su difüzyonu ile su içeriği arasında bir bağıntı geliştirmişlerdir. Deneylerinde izotermal kurutmaya farklı ürünler üzerinde uygulamışlar ve bir boyutlu su içerik profilleri ile iki boyutlu NMR eğrisini çıkarmışlardır. Çalışmalarında su buharı difüzyon hızının su içeriği azaldıkça arttığını bulmuşlardır.

Doymaz (2004), çalışmasında yeşil fasulyenin ince tabakalı kurutulmasını deneysel ve teorik olarak incelemiştir. Yeşil fasulyelerin nem içerikleri ve kurutma havası değerleri değiştirilerek deneyler yapılmıştır. Deneylerin sonucunda kurutma havası sıcaklığının artırılmasının kurutma zamanını azalttığı görülmüştür. Yeni teorik modeller olan Handerson ve Papis, Lewis ve Page modelleri deneysel kuruma eğrileriyle karşılaştırılmıştır

Dincer ve Hussain (2004), Biot sayısı ve geciktirme faktörü bağıntısını kurutma uygulamalarında kullanmışlardır. Bağıntının geliştirilmesinde literatürdeki değerleri baz almışlar ve nem transfer değişkenleri olan nem difüzyon hızı ve nem transfer katsayılarını geliştirdikleri korelasyondan bulmuşlardır. Bulunan değerler ölçülen değerler ile oldukça uyum içinde olduğu görülmüştür. Kurutma prosesi için kullanışlı bir bağıntı elde etmişlerdir.

Erenturk ve Tabil (2004), çalışmalarında tıbbi amaçla sıkça kullanılan *Echinacea angustifolia* adlı bitkinin köklerinin ince tabakalı kurutması üzerinde çalışmışlardır. Deneylerinde hava 15,30 ve 45°C ve hava hızları 0,3;0,7 ve 1,1 m/s bitki köklerinin 3,6 ve 6 mm değerleri için yapılmışlardır. Deneysel sonuçlara literatürde bulunan dört farklı matematiksel model uygulanmışlardır.

Atlan ve Maskan (2005), çalışmalarında çubuk makarnaların kurutulmasını klasik sıcak hava yöntemiyle sadece mikrodalgayla ve sıcak hava birleşimiyle kurutma deneyleri yapmışlardır. Ürünlerin kuruma oranlarını karakterize edebilmek için deneysel kurutma verilerine difüzyon modeli uygulamışlardır.

Karim ve Hawlader (2005), çalışmalarında gıdaların kurutulması için bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Model sayesinde kurutma işleminin dinamik davranışlarını belirlemişlerdir. Sayısal tekniklerinde kütle transferi ve ısı transferi denklemleri eş-zamanlı olarak çözmüşlerdir.

Doymaz (2005), siyah üzümün ince tabaka kuruma davranışlarını deneysel olarak incelemiştir. Üzümlere ön işlem yapılarak 60°C sıcaklığındaki hava 1.1m/s hızla üflenmiş ve kurutma zamanı 254 saat olarak bulunmuştur. Lewis, Page, Henderson ve Pabis gibi farklı ince tabaka kuruma modelleri incelenmiş ve siyah üzüm için nem değişimi incelenmiştir. Page modelinin siyah üzümün kurutulmasında en uygun model olduğunu belirlemiştir.

3. TEORİK ESASLAR

3.1. Kurutma Prosesinin Tanımı

Tarım ürünlerinin belirgin özelliği yılın belirli dönemlerinde ürün vermeleridir. Bu dönemlerde yoğun olarak elde edilen ürünlerin genelde çok az bir bölümü kısa süre içinde taze olarak tüketilebilir. Bu nedenle ürünlerin önemli bir bölümü tüketilinceye kadar geçecek süre içinde depolamak gerekmektedir. Kurutma ile ürünü depolamak istediğimiz süre içinde ekonomik değerlerini kaybetmeden saklama imkanı elde edilir. Gerçekten de ürünün nemi azaldıkça gerek kendi ve gerekse üzerine bulaşmış bulunan çeşitli mikroorganizmaların metabolizma faaliyetleri yavaşlar, ürünün nem düzeyi, ürünü saklamak istediğimiz süreye bağlıdır. Süre uzadıkça nem düzeyi de azalır. Bu durumda kurutmaya kısaca ürünün bünyesindeki nemin, emin depolama nemi seviyesine indirilmesi olarak tarif edebiliriz. Tarım ürünlerinde bulunan ve kurutma işlemiyle alınacak olan nem temelde bitkinin kendi öz suyu ile çevre şartları nedeniyle ek olarak bulunan nemden oluşmaktadır.

Kurutma, üründen çözücü, dağıtıcı sıvıların uzaklaştırılması işlemidir. Kurutma sırasında akla ilk anda suyun buharlaşma yoluyla uzaklaştırılması gelmektedir.

Kurutma işlemi için kullanılan sistemler, yani kurutucular sanayinin birçok dalında yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin gıda, kimya, tekstil, kağıt, çimento sanayilerinde kullanılmaktadır. Proses sırasında birden fazla değişik kurutucuda birkaç kez kurutma gerektiren ürünler de vardır.

Ürün kalitesini etkilememek kaydıyla, kurutma prosesinin olabildiğince hızlı bir şekilde yapılması sonucu, bu işlem için tüketilen enerji miktarı en aza indirilebilir. Enerji tasarrufu açısından bakıldığında kurutma prosesi iki nedenle çok önemlidir.

1. Kurutma, enerji tüketimi yoğun bir süreçtir ve pek çok sanayi kolunda enerji tüketiminin esas yüzdesini kurutma prosesi için tüketilen enerji oluşturmaktadır.

2. Kurutma prosesleri genellikle çok iyi anlaşılabilmiş prosesler değildir, yeni ve iyi uygulanmış teknolojilerin kullanımı yoluyla önemli miktarda enerji tasarrufu yapmak mümkün olabilmektedir.

3.2. Kurutma Prosesinin Teorisi

Temel esaslar :

Bir malzeme kurutulur iken iki transfer prosesi gerçekleşmektedir. Bunlar ;

- a) Sıvının buharlaştırılması için ısı transferi olur,
- b) Malzeme içinde sıvı veya buhar halinde ve malzeme yüzeyinden ise buhar halinde kütle transferi olur.

Tipik bir kurutma prosesi şekil 1'de gösterilmektedir. Bir ilk sıcaklık yükselmesini (AB) takiben pek çok durumda belli bir zaman süresince sabit hızda buharlaşma gerçekleşir (BC). Bu buharlaşma işlemi, buharlaşma oluşan yüzeydeki ısı transfer miktarının ayarlanması yoluyla kontrol edilebilir. Bu kademedeki malzeme içerisinde buhar veya sıvı şeklinde oluşan kütle transferi yüzeyi sıvıca doygun tutmak için yeterli olmakta ve buharlaşma işleminin hızını etkilememektedir. Bu mekanizma Sabit Hızda Kurutma olarak adlandırılmaktadır. (Demir, Günhan 2002)

Bu periyodu, buharlaşma hızının sürekli olarak değiştiği, Düşen Hızda Kurutma (CD) periyodu takip etmektedir. Bu zaman süresince malzeme yüzeyi sıvıca doygun durumda değildir ve malzeme içinde nem taşınması hızı, buharlaşma hızını kontrol eden bir faktör haline gelmektedir.

Sabit hızda kurutma periyodunun son noktası olan C 'deki nem miktarı malzemenin kritik nem miktarı olarak tanımlanır. Eğer istenen son nem miktarı (kurutma işlemi sonunda kuru malzemenin nem miktarı), kritik nem miktarından yüksek ise, tüm kurutma süreci sıcaklık yükselmesi periyodundan sonra sabit hızda kurutma olarak gerçekleşir. Eğer kurutmaya tabi tutulacak malzemenin başlangıçtaki nem miktarı, kritik nem miktarından daha düşükse, tüm kurutma süreci azalan hızda kurutma olarak gerçekleşir.

Kurutulan malzemeye ait bu hızlar ;

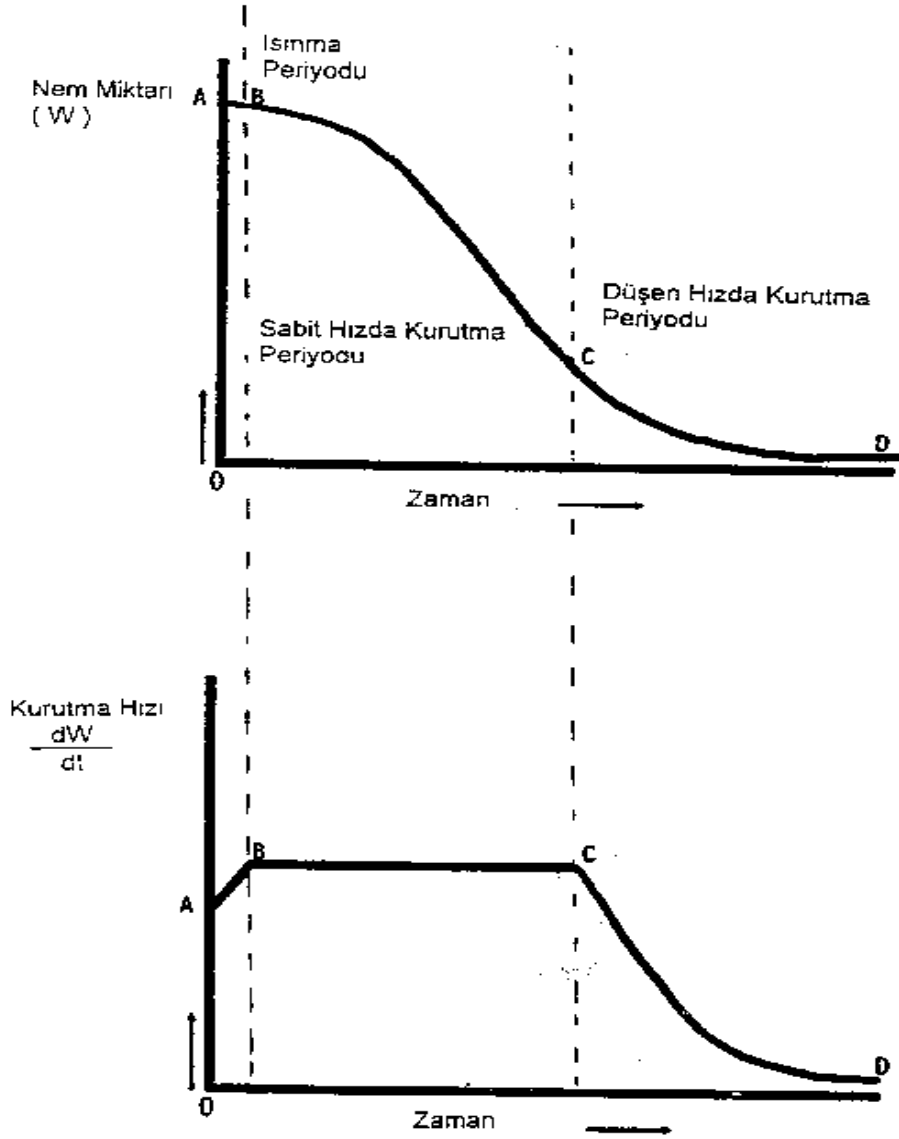
a)Dış Faktörler : Kurutma havası sıcaklığı, nem, akış hızı ve türbülans, kurutulacak malzemenin yüzey alanı ve kalınlığı, tanecik büyüklüğüne,

b)İç Faktörler : Kapiler akış ve yoğunluk, iç buharlaşma veya daralmalar sonucu oluşan basınç değişimi nedeniyle oluşan akışlar gibi difüzyon yoluyla nemin yüzeye taşınmasını etkileyen malzemenin doğasına ait özelliklere bağlı olarak değişmektedir.

Nemin malzeme içerisindeki hareketleri çok karmaşık olup, kontrol mekanizması ile ilgili temel bilgiler yetersiz kalmaktadır. Kurutma hızında sınırlayıcı faktörler genel olarak iki ana gruba ayrılabilir. Bunlar ;

a)Malzeme yüzeyindeki statik hava film tabakasından geçmek suretiyle yüzeydeki suyun, kurutma havasına karışma hızı,

b)Yüzey tabakalarının sertleşmesi veya büzülmesi sonucu nem akışına engel olma veya malzemeye çeşitli nedenler sonucu zarar verme gibi durumlar yaratmaksızın malzemenin nem uzaklaşma hızıdır.



Şekil 1. Kurutma Prosesinin Kademeleri (28)

Kurutma uygulamalarında deneyimlere dayanarak, minimum kurutma süresi ve dolayısıyla en iyi enerji kullanımını sağlayacak dış faktörleri oluşturmak mümkündür.

Kurutma işlemleri sırasında gerekli olan ısının kuruyan materyale iletimi sırasında, konveksiyon, kondüksiyon veya elektromagnetik enerjinin hacimsel soğurulması yollarından biri yada bir kaçından birlikte yararlanılabilir. Tarım ürünlerinin kurutulmasında en çok kullanılan yöntem, konveksiyonla kurutma yöntemidir. Bu yöntemde, kurutma ortamı olarak materyalden daha sıcak hava kullanılmaktadır. Kurutucu hava, nemli materyale nemin buharlaşması için gerekli ısıyı iletir. Buharlaşan suyu bünyesine alır ve ortamdan uzaklaştırılır.

Tarım ürünlerinin konveksiyonla kurutulması sırasında aralarında bağlantılar bulunan birçok olay ardışık olarak birbirini izler. Bu olaylar;

- Sıcak havadan kuruyacak materyalin yüzeyine ısı iletimi
- Isının, yüzeyinden iç katmanlara doğru ilerlemesi
- Nemin iç kısımlarından yüzeye doğru ilerlemesi
- Nemin buharlaşarak çevredeki gaz ortamına (hava) difüzyonu

şeklinde sıralanabilir.

Tarım ürünlerinin kurutulmasının bir ısı ve kütle iletimi işlemi olur.

Sabit hızla kuruma evresinde buharlaşan su miktarının aynı koşullardaki serbest su yüzeyinden buharlaşan su miktarına eşit olduğu varsayılmaktadır. Bu evre sırasında, kurutma havası ile ürün arasındaki ısı ve kütle iletimi aşağıdaki eşitliklerle belirlenir.

$$m_s = h'_D F (K_Y - K_h) = \frac{h' F M_s}{RT_m} (P'_b - P_b) \quad 1$$

$$W_k \frac{dN}{dt} = h' \frac{T - T_s}{q''} = h'_D (w_2 - w_1) \quad 2$$

Azalan hızla kurumu evresi sırasında, kuruma hızının ve süresinin belirlenmesi, sabit hızla kuruma evresine göre daha karmaşıktır. Yalnızca materyalin yüzeyinde konveksiyonla ısı ve kütle iletimi söz konusu değildir. Bu evrede, ürün içindeki su ve kütle difüzyonunda dikkate alınması gerekmektedir.

Azalan hızla kuruma evresi sırasındaki kuruma olayını incelemek amacıyla teorik, yarı teorik ve deneysel yöntemlerle elde edilen çeşitli matematik modellerden yararlanmak mümkündür. Bu modellerin bazı yararlı ve sakıncalı yönlerinin olduğu kuşkusuzdur. Teorik modeller her türlü madde ve koşul için uygulanabilirler. Ancak çözümü gereken eşitliklerin birçok parametre karmaşık yapı içermesi, bu tür modellerin kullanılmasını azaltmaktadır. Yarı teorik modeller, daha az karmaşık olmakla birlikte içerdikleri parametrelerin yalnızca ele alınan ürünlerle ilgili olması, yaygın kullanım alanı bulmalarını engellemektedir. Deneysel yollarla elde edilen verilere dayanarak kuruma hızının belirlenmesinde, karmaşık matematik eşitlikler yoktur ancak, elde edilen eşitlikler, deneme yapılan materyal ve deneme koşulları için geçerlidir, başka koşullarda kullanılamazlar. (Demir, Günhan 2002)

Azalan hızla kuruma evresiyle ilgili teorik ve yarı teorik kuruma modellerinin geliştirilmeleri sırasında, işlemleri biraz daha kolaylaştırmak amacıyla, bazı ön kabuller yapılmıştır. Bu kabullenmeler aşağıda belirtilen şekilde sıralanabilir.

-Ürün içindeki nem dağılımı homojendir.

-Kuruma, madde içindeki nemin su veya buhar fazında difüzyonu sonucu oluşur.

-Difüzyon; nem konsantrasyon farkı, sıcaklık konsantrasyon farkı ve buhar basınçları konsantrasyon farkı gibi etkenlere bağlı olarak oluşur.

-Kurutma havasının özellikleri (sıcaklık, hız, bağıl nem) kuruma süresince değişmez

-Ürün ince bir tabaka şeklinde serilidir.

Azalan hızla kuruma evresi sırasında materyalin içinde oluşan nem iletimi, Newton'un soğuma ile ilgili yasasına benzetilerek açıklanmaya çalışır söz konusu yasa cisim ile çevre arasındaki sıcaklık farkının çok büyük olmaması şartıyla, sıcaklığı değişmez kabul edilen bir ortam içinde konulan bir cismin sıcaklığındaki değişim miktarının cisim ve çevre sıcaklıkları arasındaki farkla orantılı olduğunu belirtmektedir. Bu yasa matematik olarak aşağıdaki eşitlikle gösterilebilir.

$$dT / dt = -k(T - T_d) \quad 3$$

Nem içeriği değişmez kabul edilen bir ortam içinde bulunan herhangi bir materyalin neminde meydana gelen değişim, söz konusu yasa ve 3 numaralı eşitlikten yararlanıp ona benzetilerek aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla belirlenebilir.

$$dN / dt = -k(N - N_d)$$

Veya

$$dN / (N - N_d) = -kdt \quad 4$$

4.numaralı diferansiyel eşitliğin eşitliğin çözümü aşağıda gösterilmiştir.

$$\frac{N - N_d}{N_o - N_d} = \exp(kt) \quad 5$$

k kuruma sabiti 1/h veya 1/s

Kurutulacak ürün ve kurutma şartlarına göre deneysel verilerden yararlanılarak belirlenir.

Yarı teorik modeller içinde en yaygın kullanım alanı bulunan 5 numaralı eşitlik Logaritmik Kurutma Denklemi olarak tanınır. Bu denklem yardımıyla hesaplanan sonuçlar, deney sonuçlarıyla karşılaştırıldığında, elde edilen değerlerin azalan hızla kuruma eğrisinin birinci bölümüyle iyi bir uyum gösterdiği, ancak ikinci bölümde bazı sapmaların ortaya çıktığı görülür. Bu nedenle 5 numaralı eşitliğin aşağıda belirtilen şekilde azalan hızla kuruma eğrisi için daha uygun olduğu ileri sürülmektedir.

$$\frac{N - Nd}{No - Nd} = \exp(kt^n) \quad 6$$

n ürüne ve kurutma şartlarına bağlı deneysel katsayı

5 ve 6 numaralı eşitliklerin sol tarafı boyutsuz oransal bir büyüklüktür. Ayrıca bilimsel nem oranı olarak tanımlanabilecek bu değer, kuruma sırasında, herhangi bir anda üründe kalan buharlaşabilecek nem miktarının (N-Nd), üründen buharlaşabilecek tüm nem miktarına (No-Nd) oranını belirtmektedir. (Demir, Günhan 2002)

3.3.Hava Sıcaklığının Etkisi

Hava sıcaklığının yükselmesiyle birlikte, havanın içerisinde su buharı tutulma özelliği de üstel olarak artış gösterir. Ayrıca, yüksek hava sıcaklıkları yüzey suyu ve malzemeye ısı transfer hızlarının artmasını sağlar ve bunun sonucunda yüksek buharlaşma hızları oluşur. Bu durum ise malzeme içindeki nemin daha kolay ve hızlı bir şekilde yüzeye çıkmasını sağlayan itici, zorlayıcı bir etki yaratır.

Bu nedenle, kurutulacak malzemeye herhangi bir zarar vermeksizin uygulanabilecek maksimum hava sıcaklığına bağlı olarak, yüksek kurutma hızları elde edilebilir. Hava sıcaklığı gayet tabidir ki kurutma havasını ısıtmak için kullanılacak olan akışkan sıcaklığı ile de sınırlanmaktadır. Bununla birlikte yüksek hava sıcaklıklarının, kurutma sistemine verilen enerji miktarının ve maliyetinin yükselmesi anlamını taşıdığı da unutulmamalıdır.

3.4.Hava Nem Miktarının Etkisi

Yüksek kurutma hızları ayrıca, kurutma havasındaki nem miktarının minimum olması halinde elde edilir. Herhangi bir kuru termometre sıcaklığındaki hava içindeki nem miktarının artması, bu havanın ilave su buharı tutma kapasitesinde azalma oluşturur. Bu durum malzeme yüzeyinden buharlaşma miktarını azaltacak yönde etki de yapar.

Bu etkiler, düşük hava sıcaklıklarında ve havadaki nem miktarı doyma noktası yakınlıklarına ulaştığı durumlarda oldukça önem kazanır, ama sıcaklık yükselmesiyle bu etkiler zayıflamaya başlar. Pratik kurutma uygulamalarında, makul ölçüdeki yüksek nem miktarları kurutucu performansını önemli ölçüde sınırlayan bir faktör değildir.

3.5.Hava Akış Hızının Etkisi

Islak yüzeyden buharlaşma hızı, suya ısı akışına ve nemli yüzeydeki düzgün tabaka yoluyla yayılan buhar miktarına bağlıdır. Yüzey üzerinden geçen oldukça yüksek akış hızına sahip hava akımı, bu düzgün tabakanın kalınlığını azaltıcı yönde etki eder. Isı transferinin ve aynı zamanda buharlaşma hızının artmasını sağlar.

Hem su yüzeyinin hem de hava akımının türbülanslı olması buharlaşma miktarını artırır. Islak yüzeye göre hava akımının yönü önemli miktarda etkiler yaratır. Teğetsel hava akımı olduğu takdirde buharlaşma miktarı, hava hızının n kuvvetine kadar yükselir, n değeri 0,8'dir. Yüzeyde normal hava akımlarında $n = 1,4$ değeri elde edilebilmiştir.

3.6.Kurutucu Verimi

Kurutma işlemlerinde ısı enerjisi ;

- 1.Kurutucuya giren havanın sıcaklığının yükseltilmesi,
- 2.Kurutulacak malzemenin sıcaklığının yükseltilmesi,
- 3.Kurutulacak malzemedeki suyun sıcaklığının yükseltilmesi ve buharlaştırılması,
- 4.Kurutucu yüzeyinden örneğin radyasyon, konveksiyon, kaçaklar vb. şeklinde olan ısı kayıplarının karşılanması, amaçyla kullanılır.

Bu alanlardan sadece 3. yani kurutulacak malzemedeki suyun (nemin) sıcaklığının yükseltilmesi ve buharlaştırılması, yararlı olanıdır. Bu nedenle kurutma proseslerinde, 3.madde için tüketilen enerji, toplam enerji tüketimine (1 – 4 maddelerinin toplamı) bölünmek suretiyle ısı verim hesaplanır.

3.7. Kurutma Sistem ve Tesislerinin Sınıflandırılması

Malzeme kurutma için kullanılan çok çeşitli tesis ve sistem mevcuttur.

Kurutucular iki ana grupta toplamak mümkündür.

3.7.1. Konveksiyon Tip Kurutucular :

Bu tip kurutucular zaman zaman direkt tip kurutucular olarak da isimlendirilebilirler, çünkü buharlaşmayı sağlayan akışkan, genellikle hava veya sıcak gazlar, kurutulacak malzeme üzerine direkt olarak çarptırılır veya temas ettirilir ve buharlaşan nem, ortamdan bu hava veya gaz akımı yoluyla uzaklaştırılır.

1. Kurutma odaları
2. Kabin tipi kurutucular
3. Konveyör kurutucular
4. Tünel kurutucular
5. Döner kurutucular
6. Düşey silindirik kurutucular

7. Sprey kurutucular
8. Hava süpürmeli döner değirmenler
9. Pnömatik veya flaş tip kurutucular

3.7.2. Kondüksiyon Tip Kurutucular :

Bu kurutucularda, kurutulacak ıslak malzemenin üzerinde durduğu bir plaka veya metal duvar vasıtasıyla buharlaştırma işlemi gerçekleştirilir.

1. Düz yüzeyle kurutucular
2. Film kurutucular
3. Silindir kurutucular
4. Vakum kurutucular
5. Dondurmalı kurutucular

3.8. Kurutma Yöntemleri:

Kurutma işleminde kullanılabilecek kurutucu ürünün özelliklerine uygun olmasıdır. Ürün çeşitliliği nedeniyle birbirinden önemli farklar gösteren çok çeşitli tiplerde kurutucular geliştirilmiştir. Tarım ürünlerinin kurtulması ilk çağlarda güneşte kurutmakla başlamış ve günümüze kadar dielektrik kurutma tekniklerine kadar geliştirilmiş birçok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerin tümünü sıralayabilmek mümkün değildir. Bazı çok uygulanan temel kurutma yöntemleri aşağıda belirtilen şekilde sıralanabilir. (Yağcıoğlu 1999)

3.8.1. Kontakt Kurutma:

Bu yöntemde, kurutma için gerekli ısı enerjisi kurutulacak materyale ısıtılmış yüzeylerden kondüksiyon yoluyla iletilir. Kurutulan ürüne iletilen ısı, sıcak yüzeye değen yaş materyalin ısıl kondüktivitesine ve sıcak yüzeyin ısı iletim katsayısına bağlıdır.

3.8.2.Konvektif Kurutma:

Bu yöntemde ısı, kurutucu ortamdan yaş materyale konveksiyon yoluyla iletilir. Sıcak hava, kurutulan ürün tabakasının üzerinden, yada içinden geçirilir.Bu yöntemin ısıl etkinliği Kontakt kurutmaya göre daha düşüktür.

3.8.3.Işınım ile Kurutma:

Bu yöntemde kurutma için gerekli ısı enerjisi, yaş materyale, elektromanyetik spektrumunun kızıl ötesi bölgesinde yer alan ışınlar ile iletilir. Bu ışınlar içinde geçtikleri ortamı ısıtmaz kendilerini absorbe eden cisimleri ısıtırlar.Kızıl ötesi ışınların yaş materyalin yüzeyinden itibaren etkilendiği derinlik oldukça az olduğundan, bu yöntem ince film şeklinde serilir tabakaların kurutulmasında kullanılır.

3.8.4.Dielektrik Kurutma:

Bu yöntemle kurutma için gerekli ısı enerjisi yüksek frekanslı elektromanyetik alanda, radyo dalgalar bölgesinde ve mikro dalga ortamında olmak üzere yaş materyalin içinde oluşturulur.

3.8.5.Dondurmalı Kurutma:

Bu yöntemde donmuş suyun süblimasyonundan yararlanılır.Kurutulacak yaş materyal önce hızla -25, -30 °C değerlerine kadar soğutularak dondurulur. Daha sonra, ürünlerdeki donmuş suyun serbest buhar basıncına göre biraz daha düşük değerlerdeki vakum ortamında, gerekli süblimasyon ısı verilererek, donmuş suyun, sıvı fazı atlayarak doğrudan buhar fazına geçmesi sağlanır. Yüksek kaliteli kurutulmuş ürün elde edilebilen modern bir kurutma yöntemidir.

3.8.6.Ozmotik kurutma:

Bu yöntemde, yar> geçirgen zarla kaplı olan bitki hücresi duvar>n>n iç k>sm> ile dış çevre arasında, ozmotik basınç farkı yaratılarak, materyalin nemi azaltılmaya çalışılır. Kurutulacak materyal ozmotik basıncı yüksek bir eriyiğın içine bandırılarak nemin azalması sağlanır. Ürünün içine bandırılacağı ozmoaktif ortam, çeşitli sıcaklık ve konsantrasyonlarda olmak üzere genellikle, meyveler için şeker , sebzeler için tuz(NaCl)eriyiklerinden hazırlanır.(Yağcıoğlu 1999)

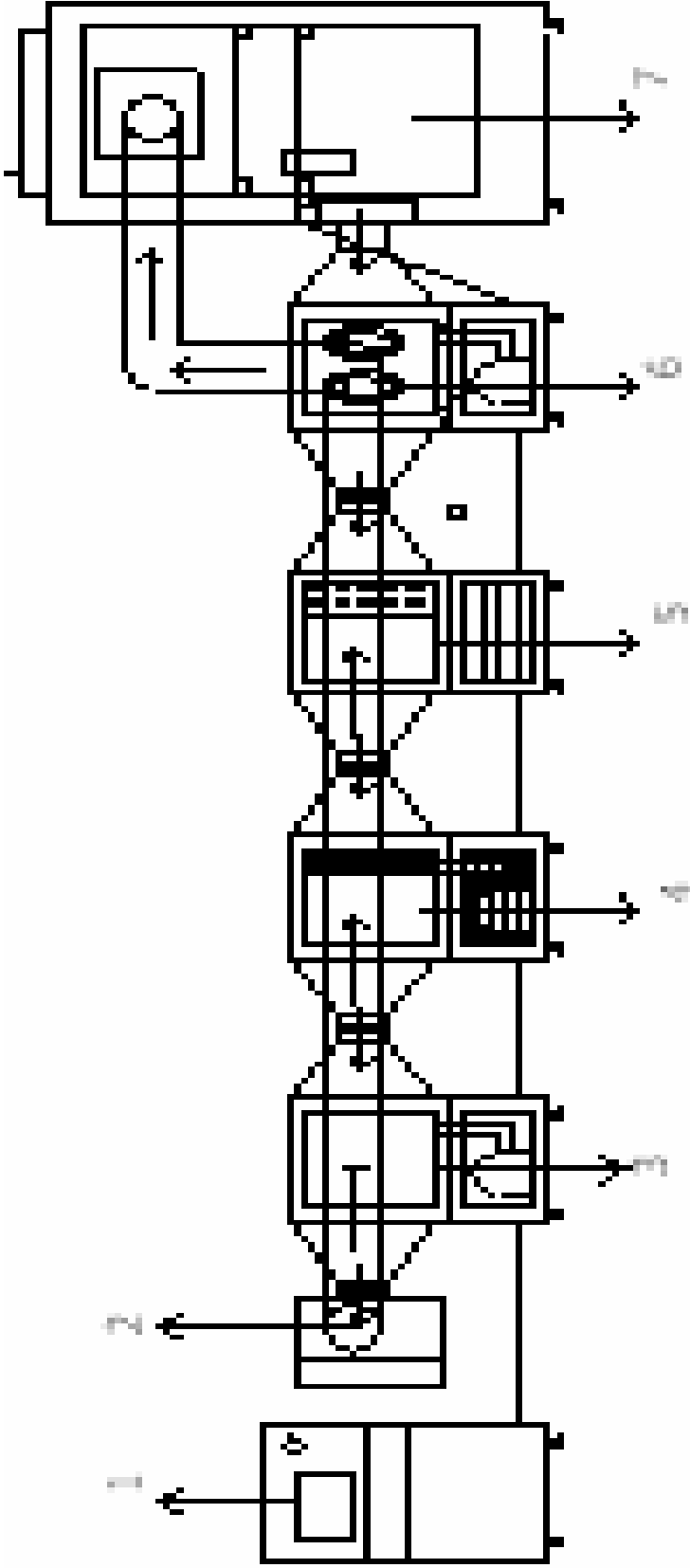
4. DENEY TESİSATININ TANIMI

Kurutma çalışmalarında kullanılmak üzere bir deney tesisatı tasarlanmış, Selçuk Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Isı laboratuvarına kurulmuş ve tesisatın çalışması denenmiştir

Ürünlerin kuruma karakteristiklerini önceden belirlemek amacıyla deneysel çalışmaların yürütülebilmesi için Şekil 4.1’de deney tesisat şeması görülen deney düzeneği kurulmuştur. Şekil 4.2 ve 4.3 de deney tesisatının fotoğrafı görülmektedir. Deney düzeneği 7 ana bölümden oluşmuştur.

- PLC (Programlanabilir Lojik Kontrolör)
- Hava akımını sağlayan fan
- Nem verme ünitesi
- Isıtma Ünitesi
- Soğutma ünitesi
- Nem alma ünitesi
- Deney odası

Deney odasının içinden nem ve sıcaklık sensörleri ile ölçülen hava sıcak ve nem değerleri PLC ünitesinden okunur. Kurutma havası için istenilen şartlarını sağlamak için nem alma, ısıtma, soğutma, nem verme ünitelerinden geçerek fan ile deney odasına basılır. PLC ünitesi istenilen hava koşullarını sağlamak için üniteleri devreye alıp devreden çeker.



- 1 PLC Kontrol ünitesi 5 Isıtma Ünitesi
 2 Fan 6 Nem alma Ünitesi
 3 Nem verme ünitesi 7 Deneysel Odası
 4 Soğutma ünitesi
- 4.1 Deneysel Tesisat Şeması



Şekil 4.2 Deney Tesisatı



Şekil 4.3 Deney Tesisatı

4.1.PLC (Programlanabilir Lojik Kontrolör) Kontrol Ünitesi

Sistemin elektronik kontrolü PLC (Programlanabilir Lojik Kontrolör) tarafından sağlanır. Sensörler ile ölçülen sıcaklık ve nem değerleri analog olarak PLC'ye girer. PLC analog giriş modülüne giren bu analog sıcaklık ve nem bilgisi sayısal değerlere dönüştürülerek gerekli dönüşümler ve hesaplamalar yapıldıktan sonra okuyabileceğimiz değerler haline gelir.

İstenilen sıcaklık ve nem değerleri ile ölçülen gerçek değerler karşılaştırılarak fark ayarlarına bağlı olarak gerekli olan ısıtma, soğutma, nem alma veya nem verme üniteleri çalıştırılır. Bu ünitelerden herhangi birisi çalıştığı zaman sistemin yapısı gereği hava sirkülasyonunu sağlayan fan ünitesi de otomatik olarak çalışır. Gerçek değerler istenilen değerlere ulaştığında ise çalışmakta olan üniteler otomatik olarak kapatılarak sistemin sıcaklık ve nem kontrolü sağlanmış olur.

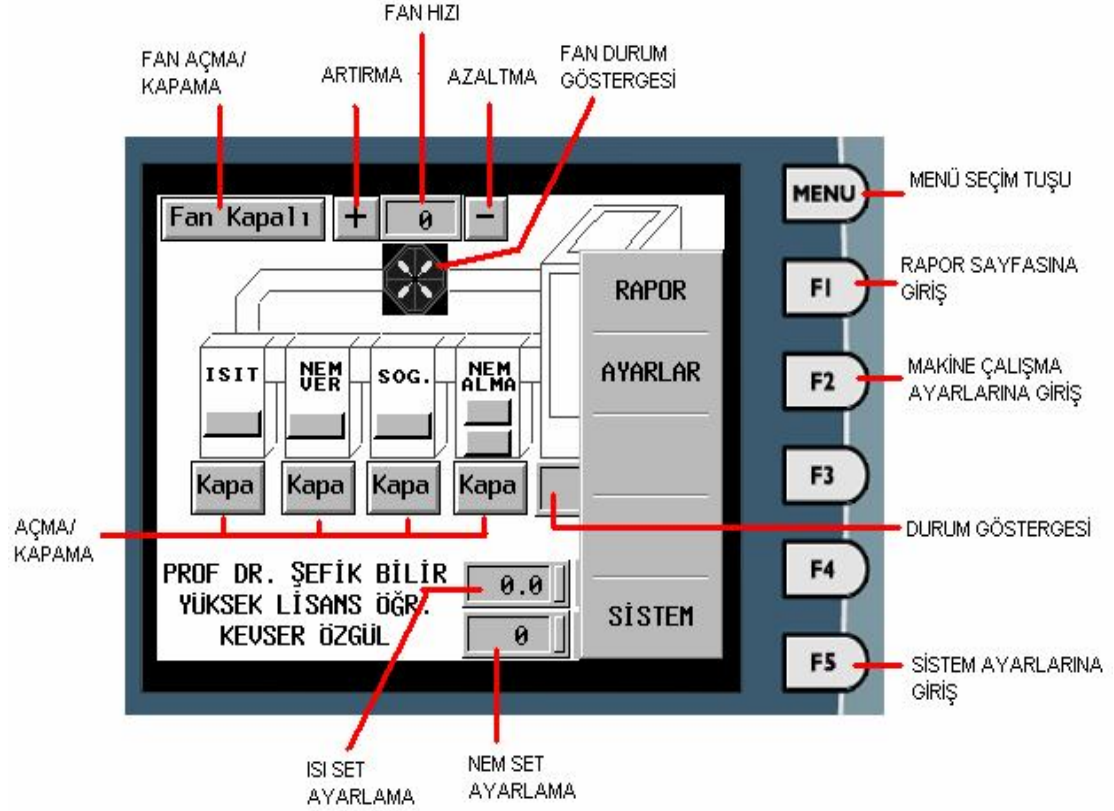
Sistemin ayarlarının değiştirilebilmesi için “insan-makine ara yüzü – dokunmatik ekran” kullanılmıştır. Bu arayüz RS 232 haberleşme protokolünü kullanarak PLC ile haberleşir. Arayüz kullanılarak PLC çalışma sıcaklık ve nem değerleri kontrol edilir ve ayarlar değiştirilir. Deney tesisatında çalışan üniteler ekran üzerinde takip edilir ve arıza durumu gösterilir. Deney odası içindeki sıcaklık ve nem değeri bilgileri ekran üzerinde rapor halinde alınabilir.

4.1.1.Ekran Menüsü

Ekran üzerinde üç adet sayfa bulunmaktadır. Bu sayfalar çalışma esnasında sistemin durumunu gösteren ve sıcaklık ve nem değerlerinin değiştirilebildiği “Ana Sayfa”, sistemin ayarlarının yapıldığı “Ayar Sayfası” ve sıcaklık ve nem değerlerinin kaydedildiği “Rapor Sayfası”dır.

4.1.1.1. Ana Sayfa Menüsü

Aşağıdaki Şekil 4.4 Ana sayfa ekranı görülmektedir.



Şekil 4.4 Ana Sayfa Ekranı

Ana sayfa üzerindeki butonlar ve görevleri :

Menü Seçim tuşu, sağ kenarda diğer menülere geçişi sağlayan bir pencere açılır. F1 veya "RAPOR" tuşu Rapor sayfasına geçirir. F2 veya "AYARLAR" tuşu Ayar sayfasına geçirir. F5 veya "SİSTEM" tuşu üzerine tıklandığında Ekranın sistem ayarları sayfasına geçirir. Bu sayfa kullanıcı için gerekli olmayan sistemin programlamasında kullanılmaktadır.

Fan Açma/Kapama tuşu, fan ünitesini açıp kapatmak için kullanılır. Üzerindeki yazı fanın açık olup olmadığı gösterir. Artırma / Azaltma tuşları fanın debisini

ayarlamak için kullanılır. Artırma tuşuna her basışta fan hız değeri artar, azaltma tuşuna basıldığında ise azaltır. Bu iki tuşun ortasındaki fan hız göstergesi de fan hız set değerini gösterir.

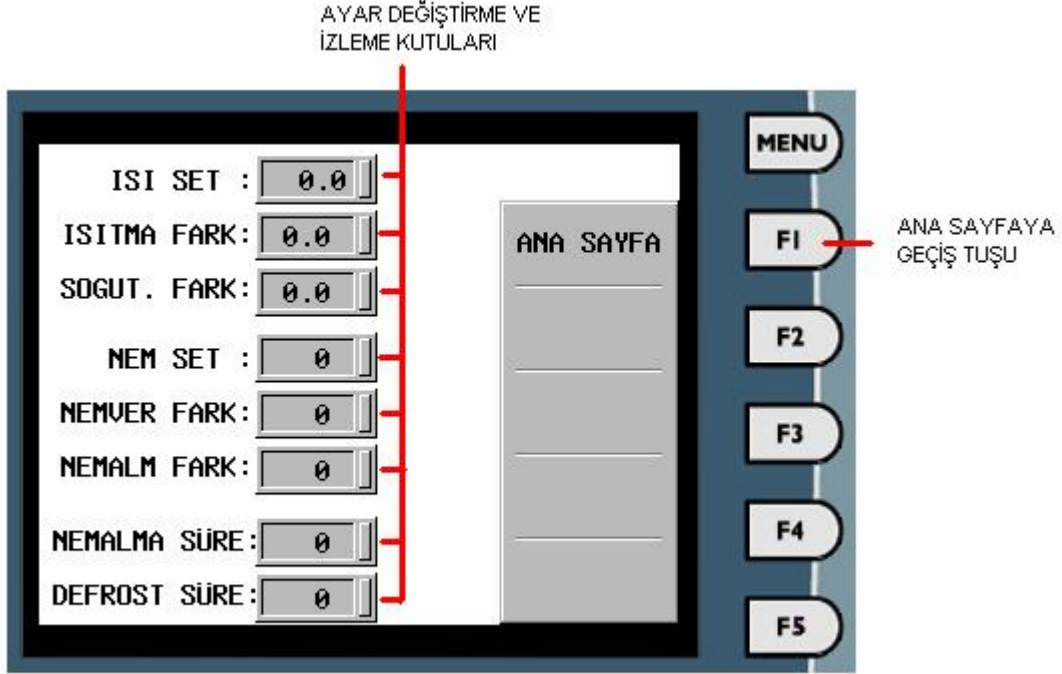
Açma / Kapama tuşları, dört adet açma/kapama tuşu vardır. Bunlar ısıtma, soğutma, nem alma ve nem verme ünitelerinin çalışıp çalışmayacağını belirler. Her ünite için ayrı ayrı açma/kapama fonksiyonu vardır. Arıza durumunda herhangi bir ünitenin devreye girmesi engellenmek istenebilir veya devreye girmesi istenilen ünite çalıştırılabilir. Bu kutucuklar içerisindeki minik göstergeler ise o anda o ünitenin çalışıp çalışmadığını gösterir.

Sıcaklık değeri ayarlama tuşu, sıcaklık değerini değiştirmek için kullanılır. Üzerinde o anki mevcut sıcaklık değeri okunabilir ve karşısındaki kutuda ise gerçek değeri gösterir.

Nem değeri ayarlama tuşu, nem değerini değiştirmek için kullanılır. Üzerinde o anki mevcut nem değeri okunabilir ve karşısındaki kutuda ise gerçek değeri gösterir. Durum göstergesi, sistemin çalışma durumunu arıza bilgilerini verir.

4.1.1.2. Ayar Sayfası Menüsü

Aşağıdaki Şekil 4.5’de Ayar Sayfası görülmektedir.

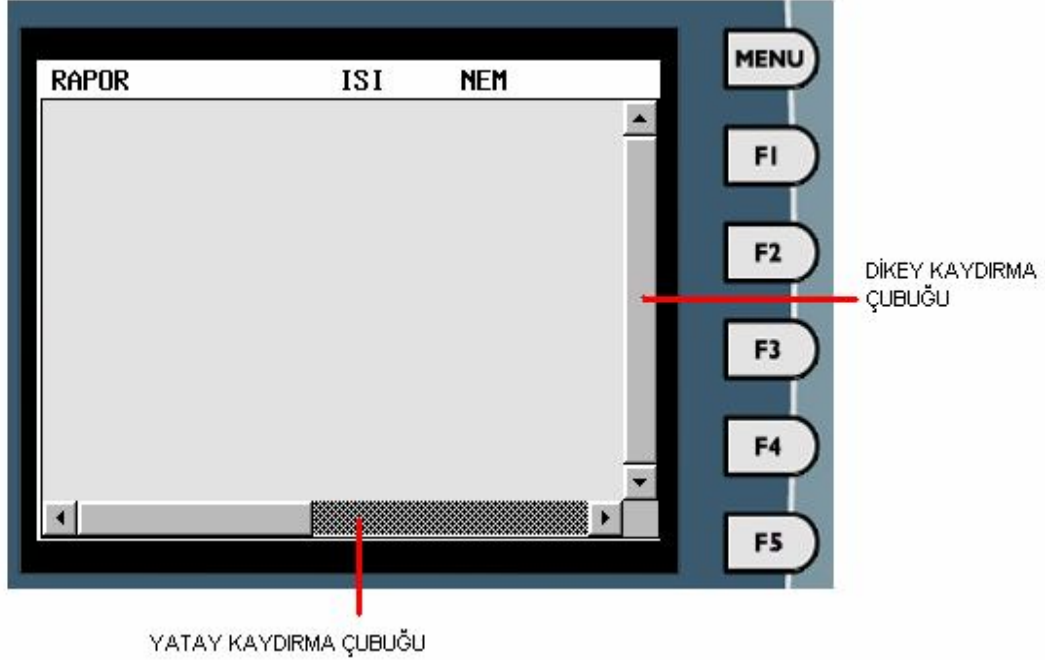


Şekil 4.5 Ayar Sayfası

Ayar sayfasında sıcaklık ve nem değerleri, fark değerleri, nem alma süresi ve defrost süreleri ayarlanır.

4.1.1.3. Rapor Sayfası

Aşağıda Şekil 4.6'de Rapor Sayfası görülmektedir.



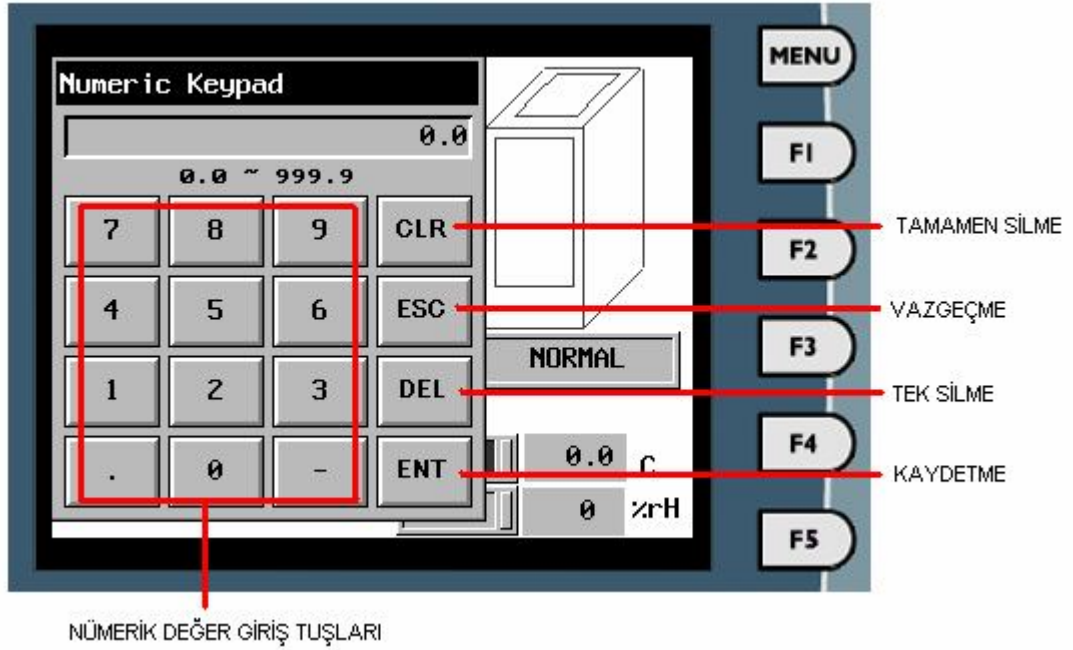
Şekil 4.6 Rapor sayfası

Rapor sayfasında çıkan pencerede deney odası içindeki sıcaklık ve nem değerlerinin 4 dakika zaman aralığında kaydedilip rapor halinde okunabilir. Burada tarih-saat-s-nem formatında değerler kaydedilir. Rapor hafızası kalıcıdır ve elektrik kesintisinde veya cihaz kapatıldığında silinmez.

4.1.2. Sıcaklık ve Nem Değerlerinin Girilmesi

Bütün sıcaklık ve nem değerleri girişi esnasında aşağıdaki ekran karşımıza gelir. Sıcaklık ve nem değerleri giriş ekranı Şekil 4.7'da görülmektedir.

Ürünlerin kuruma karakteristiklerini belirlemek için kuruma havası sıcaklık ve nem değerleri girilir. Kuruma işlemi sırasında sıcaklık ve nem değerleri değiştirilebilir.



Şekil 4.7 Sıcaklık ve Nem değerleri giriş ekranı

4.2.Fan

Kurutma havasın için gerekli hava debisi PLC kontrol ünitesinden değiştirilerek ayarlanmaktadır. Gereken debinin ayarlanabilir olması güç tüketiminde ekonomik çalışmayı sağlar. Fan Min:500m³/dk Max:3500m³/dk debi aralığında çalışabilmektedir.

4.3.Nem Verme Ünitesi

Nem verme sistemi kurutma havasına nem ilavesi yapılması gerektiği durumda devreye girer. Nem istenilen düzeye geldiğinde devreden çıkar düşmesi durumunda devreye girer. 380ml/h buharlaşma kapasiteli nem verme cihazı kullanılmıştır. Nem verme cihazı 6lt su kapasitelidir. Nem verme cihazı bir boru ile hava geçiş kanalını altından bağlanmıştır. Nem verme kanalının içi poliüretan panel ile yalıtılmıştır.

4.4. Soğutma Ünitesi

Deney tesisatındaki deney odasından çıkan havayı soğutmak için buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemi kullanılmıştır. Soğutma çevriminde kullanılan cihazların kapasiteleri aşağıda verilmiştir.

Kompresör	1.5 kW	
Kondenser (yoğuşturucu)		1300kcal/h
Evaporatör (buharlaştırıcı)		1200kcal/h
Genleşme valfi	tipi Evr3 032f1203	

Aşağıda Şekil 4.8 Soğutma Ünitesinin montaj halindeki görüntüsü görülmektedir.



Şekil 4.8 Soğutma Ünitesi

4.5. Isıtma Ünitesi

Isıtma ünitesi 3 Adet 1000 Watt dirençli ısıtıcıdan oluşmaktadır. Nem alma ünitesinden gelen hava ısıtma ünitesinde istenilen sıcaklığa getirilerek soğutma ünitesine geçer.

Aşağıda Şekil 4.9 Isıtma Ünitesi ve Isıtıcılar görülmektedir.



Şekil 4.9 Isıtma Ünitesi

4.6.Nem Alma Ünitesi

Deney odasından çıkan havanın nemini azaltmak için hava hızlı bir soğutma işlemine tabi tutulur. Soğuk yüzey ile temas eden hava soğuk yüzey üzerinde yoğuşur. Yoğuşma sonucu soğuk yüzeyler üzerinde ortaya çıkan su hızlı soğutma nedeniyle donar ve soğuk yüzey buzla kaplanır. Yoğuşma nedeniyle oluşan kondenzat (s>v>) boru ile tahliye edilir. Buzları eritmek için defrost işlemi yapılır.

Şekil 4.10 Nem Alma Ünitesi montaj halindeki görüntüsü görülmektedir.



Şekil 4.10 Nem Alma Ünitesi

4.7.Deney Odası

Deney odası üsten ve yandan kapaklı olarak üretilmiş ve kapaklar yalıtılmış sızdırmazlık sağlanmıştır. Deney odası içerisinde ürün özelliklerine ve büyüklüğüne göre ayarlanabilir raf sistemi yapılmıştır.

Deney odasına üsten istenilen şartlarda hava verilmektedir. Deney odasının altında hava çıkış kanalı bulunur. Hava çıkış kanalının üstünde deney odası sıcaklığı ve nemini ölçen sıcaklık ve nem sensörleri bulunmaktadır. PLC kontrol ünitesinden okunan değerler deney odası içindeki havanın sıcaklık ve nem değerleridir.

Şekil.11.Deney Odasının içi hava giriş-çıkış kanalı, sıcaklık ve nem sensörleri, ürün raflar› gör÷lmektedir.



Şekil 4.11. Deney Odas›

5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Kurutma deney tesisatının kurulması için Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünden destek alınmıştır. Kurutma Deney Tesisatının tasarlanması gerekli olan cihazların temini, işçilik nedeniyle zaman almıştır. Deney tesisatının çalışması kontrol edilmiş eksiklikleri giderilmeye çalışılmıştır.

Deney tesisatının deney odasından nem sensörü ve ısı sensörü aracılığıyla algılanan değerler PLC ünitesinden okunarak, deney odasına konulan termometre ve nem ölçme cihazı ile kalibre edilmiştir. Deney odasında okunan değerler ile PLC ünitesinde okunan değerler yaklaşık olduğu görülmüştür.

PLC ünitesinden kuruma için gerekli sıcaklık ve nem değerleri girilerek Deney Tesisatının çalışması kontrol edilmiştir.

PLC ünitesine girilen yüksek nem değerlerinde nem verme ünitesi yetersiz kalmıştır. Ünite Hikonep Ultrasonic Nebulzer Kapasite -20/+70°C 45%85%Nem kapasiteli nem verme ünitesi yerine sinbo 380ml/h buharlaştırma kapasiteli 6lt su kapasiteli nemlendirme ünitesi ile değiştirilmiştir. Deney tesisatının istenilen nem değerlerine ulaştığı görülmüştür.

PLC kontrol ünitesinde sıcaklık değeri 35°C 'den yukarı çıkmadığı için ısıtıcı kapasitesi yükseltılarak 3x1000wattlık ısıtıcı takılmıştır. Isı kayıplarının olduğu gözlenmiş borular yalıtılmıştır. Deney tesisatında sıcaklık maksimum 60°C ye kadar yükselmiştir.

Deney tesisatı sıcaklığının maksimum 100°C'ye kadar yükseltilmesi için ek ısıtıcı konulması gerekmektedir. Isı kayıplarını en aza indirmek amacıyla ısıtıcının yerinin değişmesinin ısıtma ünitesinin ilk ünite olmasının uygun olacağı görülmüştür.

Deney tesisatı dışardan hava almadan, deney odasının havası alınarak sistem içinde dolaşmaktadır. Deney odas› havas›nda deney yap›lan ürünlerden alınan zararlı maddelerin atılması için havanın dışarı verilmesi ve sıcak havanın sisteme alınması amacıyla eşanjör kullanılması uygun görülmüştür.

Deney tesisatının özelliklerinin iyileştirilmesi tam ve kaliteli ürün kurutma için gereklidir. Bu düzenlemeler tez süresinin bitmesi nedeniyle daha sonraki çalışmalarımızda yapılmasının uygun olduğuna karar verilmiştir.

6. KAYNAKLAR

- 1- Akpınar E. K. , Bicer Y. , 2002 , “Thin layer drying of red pepper” , Journal of Food Engineering , Vol.59 , pp.99-104
- 2-Afzal T. M. , Abe T. , 1998 , “Diffusion in Potato During Far Infrared Radiation Drying” , Journal of Food Engineering , Vol.37 , pp.353-365
- 3-Atlan A. , Maskan M. , 2005 , “Microwave assisted drying of short-cut (ditalini) macaroni: Drying characteristics and starch properties” , Food Research International , Vol.38, pp.787-796
- 4-Butts C.L. , Williams E.J. , 2000 , “Algorithms for automated temperature controls to cure peanuts” , Postharvest Biology and Technology” , Vol.24 , pp.309-316
- 5-Benalli M. Amazouz M. , 2005 , “Drying of vegetable starch solutions on inert particles: Quality and energy aspects” , Journal of Food Engineering , Vol.xxx , pp.xxx-xxx
- 6-Desmorieux H. , 2004 , “Convective drying of spirulina in thin layer” , Journal of Food Engineering , Vol.66 pp.497-503
- 7-Dincer I. , Hussain M.M. , 2003 , “Development of a new Biot number and lag factor correlation for drying applications” , Heat and Mass Transfer , Vol.47 , pp.653-658
- 8-Doymaz İ. , 2004 , “Drying characteristics and kinetics of okra” , Journal of Food Engineering , Vol.40 , pp.219-226
- 9-Doymaz I. , 2005 , “Drying kinetics of black grapes treated with different solutions” , Journal of Food Engineering Vol.xxx pp.xxx-xxx
- 10- Erentürk K. , 2004 , “A Comparative Study for the Estimation of Dynamical Drying Behavior of Echinacea Angustifolia Regression Analysis and neural Network” , Computers and Electronics in Agriculture , Vol.45 , pp.71-90
- 11-El-Sebaï A.A. , 2001 , “Empirical correlations for drying kinetics of some fruits and vegetables” , Energy , Vol.27 , pp.845-859
- 12-Karathanos V.T. , 1998 , “Determination of water content of dried fruits by drying kinetics” Vol.39 pp.337-344

13-Karim A. , Hawlader M.N.A. , 2005 , “Drying characteristics of banana: theoretical modelling and experimental validation” , Journal of Food Engineering , Vol.70,pp.35-45

14-Lin Y. , Tsen J. , 2004 , “Effects of far-infrared radiation on the freeze-drying of sweet potato” , Journal of Food Engineering , Vol.68 , pp.249-255

15-Maury M. , Murphy K. , 2004 , “Effects of process variables on the powder yield of spray-dried trehalose on a laboratory spray-dryer” , European journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics , Vol.59 , pp.565-573

16-Motto O.C. , Pereira M.C. , 2000 , “Generalized drying curves in conductive/convective paper drying” , Brazilian Journal of Chemical Engineering , Vol.17,pp.4-7

17-Pelegrina H.A., 1998 , “Design of a Semi-continuous Rotary Drier for Vegetables” , Vol.37 , pp.293-304

18-Prasad J. , Vijay V.K. , “Experimental studies on drying of Zingiber officinale, Curcuma longa I. and Tinospora cordifolia in solar-biomass hybrid drier

19-Ruiz-Cabrera M.A. , Foucat L. , 2003 , “Assessment of water diffusivity in gelatine gel from moisture profiles. I-Non-destructive measurement of 1D moisture profiles during drying from 2D nuclear magnetic resonance images” , Journal of Food Engineering , Vol.68 , pp.209-219

20-Sarsavadia P.N. , Sawhney R.L. , 1999 , “Drying behaviour of brined onion slices” , Journal of Food Engineering , Vol.40 , pp 219-226

21-Sabarez H. T. , Price E. , 1999 , “A diffusion model for prune dehydration” , Journal of Food Engineering . Vol.42 , pp.167-172

22-Sahin A.Z. , Dinçer I. , 2002 , “Graphical determination of drying process and moisture transfer parameters for solids drying” , Heat and Mass Transfer , Vol.45 , pp.3267-3273

23-Stencl J. , Otten L. , 1999 , “Model comparisons of equilibrium moisture content of prunes in the temperature range of 15-45 °C” , Journal of stored Products Research , Vol.35 pp.27-36

24-Yoshida M. , Miyashita H. , 2002 , “Drying behavior of polymer solution containing two volatile solvents” , Chemical Engineering Journal , Vol.86 pp.193-198

25-Zbicinski I. , 2002 , “Advanced Experimental Analysis of Drying Kinetics in spray Drying” , Chemical Engineering Journal , Vol.86 , pp.2007-2006

26-www.erzurum-tarim.gov.tr

27-www.dryerturk.com

28-Sanayide enerji yönetimi esasları cilt 4 elektrik işleri etüt idaresi genel müdürlüğü ulusal enerji tasarrufu merkezi Ankara

29-Yağcıoğlu A. , 1999 , Tarım ürünleri kurutma tekniği kitabı , pp.171-172

30-Demir V. , Günhan T. , 2002 , Tarım ürünleri Kurutma Tekniği Çalıştayı , pp.19-25

31-Akalın F. , 2003 , “Researches on development of alternative methods to preserve the natural colours of some fruits during drying” , Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, pp.5