

T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

BEŞ KANALLI DEĞİŞKEN DEBİLİ KURUTMA
SİSTEMİ PROJESİ

BİTİRME PROJESİ

358529 Caner BAKIR

347960 Yasin ÇAĞAN

364942 Yunus Emre BAYRAKTAR

348011 Mert ÖZKAN

364986 Osman Şahin ASLAN

(II. ÖĞRETİM)

HAZİRAN 2021
TRABZON

T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

BEŞ KANALLI DEĞİŞKEN DEBİLİ KURUTMA
SİSTEMİ PROJESİ

BİTİRME PROJESİ

358529 Caner BAKIR

347960 Yasin ÇAĞAN

364942 Yunus Emre BAYRAKTAR

348011 Mert ÖZKAN

364986 Osman Şahin ASLAN

(II. ÖĞRETİM)

Danışmanlar: Dr. Öğr. Üyesi Cevdet DEMİRTAŞ.....

Bölüm Başkanı: Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU

HAZİRAN 2021
TRABZON

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın amacı, hava veya başka bir gazın ısı taşıyan bir akışkan olarak kullanılması ile debi ayarlı tepsili kurutma sisteminin tasarlanması ve gerekli testlerinin yapılmasıdır. Bu projede, endüstriyel kurutmada tek kanaldan beslenen beş farklı kabinin kurutmayı nasıl gerçekleştireceği hakkında temel bir bilgi birikimi sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu projenin tasarımında yardımları ve katkılarını bizden esirgemeyerek yönlendirme sağlayan danışman hocamız Dr.Öğr.Üyesi Cevdet DEMİRTAŞ'a teşekkür ederiz.

Yunus Emre BAYRAKTAR

Caner BAKIR

Yasin ÇAĞAN

Osman Şahin ASLAN

Mert ÖZKAN

Trabzon 2021

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÖZET.....	VI
SUMMARY	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
TABLolar DİZİNİ	X
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XI
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1 GİRİŞ	1
1.1.1 KURUTMA, KURUTMANIN AMACI VE KURUTMA YÖNTEMLERİ	1
1.1.2. KURUTMA PROSESİ	2
1.1.3. NEM İÇERİĞİNE GÖRE KURUTMA MALZEMELERİNİN SIFINLANDIRILMASI	3
1.1.4. KURUTMA EVRELERİ	4
1.1.5. KURUMA HIZINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER.....	6
1.1.6. KURUTMA SİSTEMLERİNİN ÇALIŞMA PRENSİBİ	7
1.1.7. KURUTMA SİSTEMLERİ	8
1.2. PROJENİN AMACI ve KAPSAMI.....	11
1.3. LİTERATÜR TARAMASI.....	12
1.4. KISITLAR ve KOŞULLAR	14
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	15
2.1 KULLANILAN YÖNTEMLER ve MATERYALLER.....	15

2.1.1. SİSTEMİN MONTAJI.....	16
2.1.2. SİSTEM İLE İLGİLİ TEORİK BİLGİLER.....	28
2.1.3. SİSTEM İLE İLGİLİ DENEYSEL BİLGİLER.....	33
2.1.4. MALİYET HESABI	34
3. BULGULAR.....	35
4. İRDELEME	36
5. SONUÇLAR.....	37
6. ÖNERİLER.....	38
7. KAYNAKÇA.....	39
8. EKLER.....	41
EK1: Deney Sonucu Elde Edilen Ölçümler Tablosu	
ÖZGEÇMİŞ	43

ÖZET

BEŞ KANALLI DEĞİŞKEN DEBİLİ KURUTMA SİSTEMİ PROJESİ

Kurutma işlemi genel olarak tarım ürünlerinin içerdikleri nemin belirli bir kısmının kontrollü şartlar altında alınarak ürünün bozulmasını önleyecek bir düzeye indirilmesi işlemidir. Doğal ortamda yapılan kurutma uygulamalarında kurutulacak ürünün besin değerinin azalması, kurumanın uzun sürmesi, üründe kalite düşüşü ve ekonomik kayıplara sebep olmaktadır. Bu sebepler göz önüne alındığında kurutma işleminin özel yapay kurutucularda yapılması kuruma süresini kısaltmakta, kaliteli ve temiz ürün elde edilmesini kolaylaştırmaktadır.

Yapılan proje çalışmasında 5 kanallı değişken debili ısı geri kazanımlı konvektif bir kurutma sistemi imal edilmiştir. $25 \times 30 \text{ cm}^2$ kesitli bir kanal üzerine yerleştirilen 5 adet tepsi kurutma kabini, soğutma-nem alma bölümü ve ısıtma bölümlerinden oluşmaktadır. İmal edilen sistemde kurutma işlemi taşınım ile gerçekleşmektedir. Isı taşıyan hava ürün tabakasının içinden veya üzerinden geçirilir. Ürün ile sıcak havanın teması ile buharlaşma ısı taşınım ile ürün yüzeyine aktarılmakta ve buharlaştırılan nem kurutma ortamından hava ile uzaklaştırılmaktadır. Projenin deneysel analizi için nemli haldeki belirli miktarda fındık ele alınarak değişken debi, değişken kurutma havası nemi ve değişken kurutma havası sıcaklığı ele alınarak deneyler yapılmıştır. Sistemin çözümlenmesi için gereken parametreler uygulamalarda elde edilen deneyimler doğrultusunda seçilmiştir. Bu sayede ısıtma ve soğutma için sistemin ne kadar enerjiye ihtiyacı olduğu psikometrik diyagram yardımıyla belirlenmiştir. Kullanılan kontrol ve ölçüm aletlerinden elde edilen veriler arduino kart ile bir bilgisayar yazılımına aktarılmış, kurutma ile ilgili parametreler, sistemin davranışı ve performansını değerlendirmeye olanak sağlanmıştır.

Yapılan hesaplar ve belirlenen ilkelerinden yola çıkarak gıdaların nem miktarını optimuma getirilmesi için kurutma sistemin tasarımı SOLIDWORKS programı üzerinden yapılmıştır ve daha sonraki süreçlerde imalatı gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: (kurutma, kabinli kurutucu, kurutma sistemi tasarımı)

SUMMARY

PROJECT OF THE DRYING SYSTEM WITH 5 CHANNEL AND VARIABLE FLOW

Drying process is generally the process of controlling some of the moisture found in agricultural products and reducing the product to a level that prevents spoilage. The washing of the plant to be dried, the drying time extends, and the plant's emergence and economic losses. For these reasons, the drying process in such dryers shortens the drying and quality, and sanitary products obtained.

The convective drying system screen with five channels and variable flow heat gain in the project work. The project, placed on a $25 \times 30 \text{ cm}^2$ section channel, consists of a drying cabinet with a tray, a cooling-dehumidification section, and a heating section. In the projected system, the drying process is completed by convection. Heat-carrying air passed over or through its product. With the contact of hot air with the product. The heat of vaporization is transferred to the product by convection. The evaporated moisture removed from the drying environment with air. For the experimental analysis of the project, a certain amount of moist hazelnuts were taken into consideration and experiments were carried out by considering variable flow rate, variable drying air humidity and variable drying air temperature. The necessary parameters for the system analysis have chosen from the experiences obtained from the applications. Thus, the amount of energy needed for heating and cooling threatened besides the metric. Data obtained from image control and measurement devices transferred to a computer software with the Arduino card and the programmed parameters related to behaviour and performance got possible.

The drying system, based on calculations and principles, aims to be followed in the SOLIDWORKS program to optimize the moistening of foods and be produced in the following processes.

Keywords: (dryer, cabinet dryer, drying system design)

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 Kurutma Sırasında Isı ve Kütle Geçişi	3
Şekil 1.2 Kurutma Prosesinin Periyotları.....	5
Şekil 1.3 Kuruma Hızının Ürün Nem İçeriği ile Değişimi	5
Şekil 2.1 Sistemin İskeleti.....	16
Şekil 2.2 Arduino Elemanlarının Bağlantısı	16
Şekil 2.3 Sistemin Elektronik Bağlantı Montajı	17
Şekil 2.4 Sistemin Monte Edilmiş Hali.....	17
Şekil 2.5 Galvaniz Sac	18
Şekil 2.6 Temperlenmiş Cam.....	18
Şekil 2.7 Debi Ayar Damperi.....	19
Şekil 2.8 Salyangoz Fan.....	19
Şekil 2.9 Rezistans	20
Şekil 2.10 Termostat	20
Şekil 2.11 Nemlendirici	21
Şekil 2.12 Arduino Uno R3	22
Şekil 2.13 DHT-22.....	23
Şekil 2.14 5 KG Loadcell.....	24
Şekil 2.15 HX-711	24
Şekil 2.16 Peltier	25
Şekil 2.17 Peltier Fan Seti.....	26
Şekil 2.18 Sıcak Tel Anemometresi.....	26
Şekil 2.19 LCD Display	27

Şekil 2.20 Psikrometrik Diyagram ve Eğrilerin Anlamı.....	31
Şekil 2.21 Kurutma Prosesinin Psikrometrik Diyagramda Gösterimi	32
Şekil 3.1 Yüzde Nemin Zamana Göre Değişimi.....	35

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Kullanılan Materyaller	15
Tablo 2.2 Maliyet Hesabı.....	34
Tablo 3.1 150 Saniyeye Kadar Olan Deney Sonuçları	35

SEMBOLLER DİZİNİ

T: Sıcaklık	(°C)
N_{yb} : Yaş baza göre nem içeriği.....	(%)
N_{kb} : Kuru baza göre nem içeriği.....	(%)
m_{su} : Ürün içerisindeki suyun kütlesi.....	(kg)
m_k : Ürünün kuru kütlesi	(kg)
MR: Nem oranı	
ω : Özgül nem	$kg_{su}/kg_{kuru\text{hava}}$
φ : Bağıl nem	(%)
p_b : Mutlak nem	g/m^3
P_b : Buhar basıncı.....	N/m^2
P_{bd} : Doymuş buhar basıncı.....	N/m^2
T_{kr} : Kuru termometre sıcaklığı.....	(°C)
$T_{yaş}$: Yaş termometre sıcaklığı.....	(°C)
$T_{çığ}$: Çiğ noktası sıcaklığı.....	(°C)
c_{nh} : Nemli havanın özgül ısısı	$kcal/kg^{\circ}C$
c_{kh} : Kuru havanın özgül ısısı	$kcal/kg^{\circ}C$
c_{sb} : Su buharının özgül ısısı.....	kJ/kg
h : Entalpi	kJ/kg
Δh : Entalpi değişimi.....	kJ/kg
h_{kh} : Kuru havanın entalpisi	kJ/kg
η_{na} : Nem alma verimi.....	
η_{kg} : Kurutucu ısıl etkinliği	

$W_{giriş}$: Girişteki Ürün Islak Nemliliği.....	%
$W_{çıkış}$: Çıkıştaki Ürün Islak Nemliliği	%
M_t : Fındığın t anındaki ağırlığı	N
M_e : Fındığın son ağırlığı	N
M_0 : Fındığın t=0 anındaki ağırlığı	N
\bar{M}_{av} : Fındığın nem oranı	

1. GENEL BİLGİLER

1.1-) Giriş

1.1.1 Kurutma, Kurutmanın Amacı ve Kurutma Yöntemleri

Bir katı ürün elde etmek amacıyla, üründen çözücü dağıtıcı sıvıların uzaklaştırılması işlemi kurutma olarak isimlendirilir. Bununla birlikte kurutma dendiğinde akla ilk olarak gözenekli yapıya sahip üründeki nemin, ısı ve kütle transferi yardımıyla alınarak kurutucu akışkana taşınması olayı gelmektedir.

Kurutmanın amaçları:

- Hacim ve ağırlığı düşürerek maddelerin taşınma, depolanma ve kullanılma işlemlerini daha kolay ve ekonomik hale getirmek mümkündür. Taşıma maliyeti, maddenin içerdiği nem miktarı ile doğru orantılı olarak artmaktadır.

- İstenen koşulları sağlayan ve istenen özelliklere sahip hammadde veya ürün elde etmek.

- Özellikle gıda endüstrilerinde, ürünleri sterilize etmek veya korumak amacıyla ürünlerin nem içeriği ayarlanmaktadır. Böylece, nemin neden olduğu küflenme, çürüme ve bozulmaları önlemek mümkün olmaktadır.

- Çözeltiler veya atık sulu karışımlardan yan ürünleri geri kazanabilmek için kurutma işlemi yapılabilir.

Kurutma Yöntemleri

Gıda, tekstil, kimya, kâğıt vb. gibi sektörlerde kurutma çok önemli bir yer taşır. Bu sektörlerin durumuna göre, kurutma fazla enerji harcanmasına sebep olan bir işlem olduğu için kurutma yöntemi ve kurutucu sistemi seçimi oldukça önemlidir. Temelde kurutma yöntemleri 4 ana başlıkta şöyle gösterilir;

1-) Güneşte kurutma

- 2-) Isıtılmış hava ile kurutma
- 3-) Vakum kurutma
- 4-) Dondurarak kurutma

1.1.2 Kurutma Prosesi

Kurutma işlemi en genel tanımla ısı yöntemleri kullanılarak bir maddeden su veya diğer uçucu malzemelerin giderilmesi olarak tanımlanabilir. Teknik olarak ise; bir yüzeye ısı transferi uygulaması ile malzeme bünyesindeki nemin buharlaştırılarak uzaklaştırılması ve hava akımı içerisinde kütle transferi olayıdır.

Kurutma prosesinde ısı ve kütle transferine etkisi olan durumlar; ortam sıcaklığı, ortam hava nemi, gıda yüzey alanı ve basınç olarak sınıflandırılabilir.

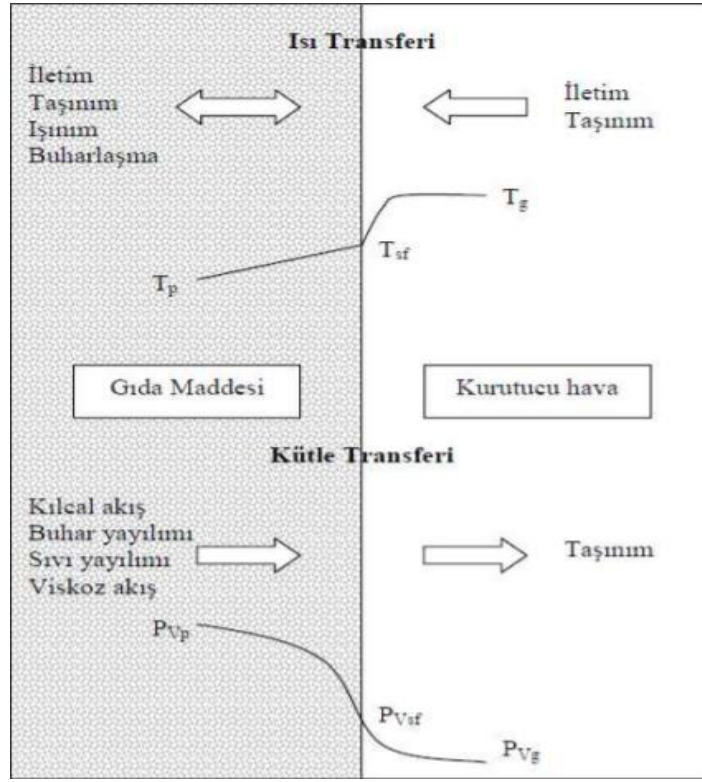
Bir malzeme kurutulurken temelde 2 proses gerçekleşir bunlar;

1-) Malzeme bünyesindeki sıvının buharlaştırılması için ısı transferi olur. Bu işlem sırasında ürün çevredeki sıcak hava ile temas edip ısınmaya başlar. Aynı zamanda kurutulacak ürünün yüzeyine dış ortamdan ısıyı konveksiyon ve kondüksiyon yoluyla aktarır ve malzemeye ısı iletilir.

2-) Malzeme içinde sıvı veya buhar halinde ve malzeme yüzeyinden ise buhar halinde kütle transferi olur. Bu durum malzeme içinden yüzeye doğru difüzyonla transfer olan ve yüzeye çıkan nemin, malzemeyi çevreleyen ortam havasına dağılması ile devam eden kütle geçişi sürecidir.

Kurutma işleminde, kurutulacak malzemenin içindeki su buharlaştırılır ve ardından buharı uzaklaştırmak için gizli buharlaşma ısısına eşit ısı malzemeye verilir. Konveksiyon yoluyla kurutulacak malzemeye ısı transferi, sıcaklık malzemenin dışından hücreye verilirken, buharlaşma hücreden dışarıya doğrudur.

Bu ısı ve kütle geçişi Şekil 1.1’de gsterilmiştir.



Şekil 1.1 Kurutma Sırasında Isı ve Ktle Geçişi

1.1.3 Nem İçeriğine Gre Kurutma Malzemelerinin Sınıflandırılması

Kurutma suresinin malzemelerin yapısına da bağlı olduğundan bahsetmiştik bu malzemelerin yapısını sınıflandırmak gerekirse, İçinde bulunan nemin karakteristiğine gre malzemeler higroskopik ve higroskopik olmayan malzemeler olarak ikiye ayrılır.

Higroskopik Malzemeler

Higroskopik malzemeler içinde yapışkan su içerirler bu malzemeler denge nem içeriğine ulaşıncaya kadar kurutulabilir ve ortamla nem alışverişinde bulunabilirler.

Higroskopik Olmayan Malzemeler

Bu malzemeler ise içeriğinde yapışkan su olmadığından dolayı herhangi bi ortamda nem alışverişinde bulunmayan malzemelerdir.

1.1.4 Kurutma Evreleri

Kurutulan bir malzeme ve kuruma süresi arasındaki ilişki kuruma eğrileriyle gösterilir. Kurumanın aşamaları genel bir ifade ile 3 evrede ifade edilir.

Bu evreler sırası ile ısınma periyodu (IP), sabit hızda kuruma periyodu (SHKP) ve Azalan hızda kuruma periyodu (AHKP) şeklindedir.

1-) Isınma Periyodu (IP)

Şekil 1.2’de A-B evreleri arasında gösterilen ısınma periyodu evresi, malzemenin sıcaklığı ve ortam havasının sıcaklığı ısıl dengeye gelinceye kadar sürer. Bu periyotta verilen ısı, ürünün ve üründeki suyun sıcaklığını yükseltir. Toplam periyoda göre çok az bir süreyi kapsadığı için hesaplarda genellikle göz ardı edilir.

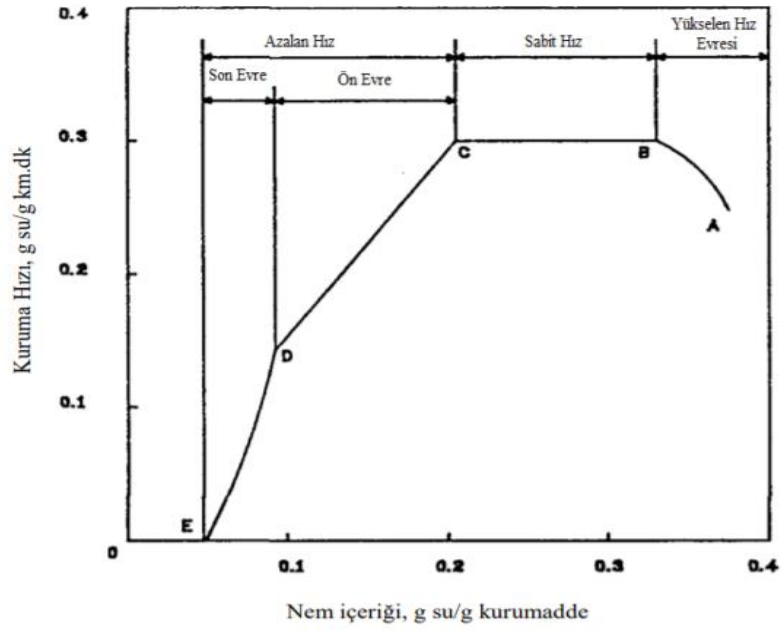
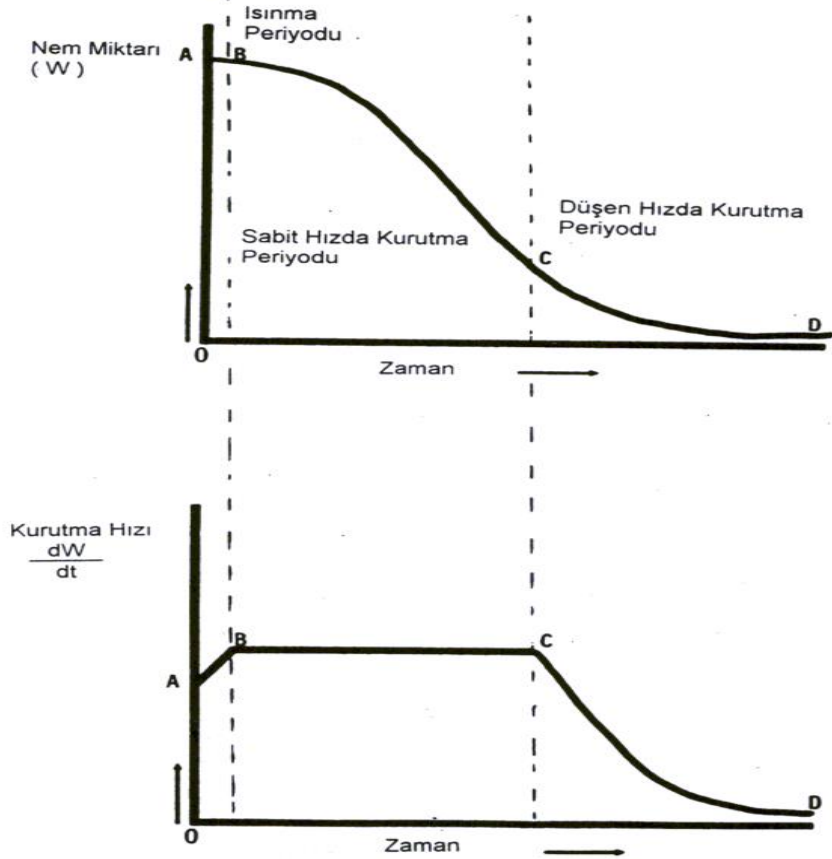
2-) Sabit Hızda Kuruma Periyodu (SHKP)

Şekil 1.2’de B-C evreleri arasında gösterilen sabit hızda kuruma periyodu evresinde, malzemenin yüzeyi ince bir su tabakası ile kaplıdır, bu evrede önce su tabakası buharlaşmaya başlar ve buharlaşma çok hızlıdır. Fakat daha sonra yüzeyin üzerinde oluşan buhar tabakası sebebiyle buharlaşma yavaşlar. Bu periyotta kuruma hızı sabit bir şekilde ilerler ve malzeme yüzeyine etki eden faktörler ile değişim gösterir. Bu faktörler **hava hızı, akış durumu, nemi ve sıcaklığıdır**. Ayrıca yine Şekil 1.2’de görülen C noktası kritik nem miktarı noktası olarak geçer. Bu noktada malzeme yüzeyinde buharlaşabilen nem biter ve SHKP sona erer.

3-) Azalan Hızda Kuruma Periyodu (AHKP)

Şekil 1.2 ve Şekil 1.3’den anlatılacak olan azalan hızda kuruma periyodu evresi kendi içinde 2 bölüme ayrılır bunlar; azalan hızda kuruma ön periyodu (CD) ve azalan hızda kuruma son periyodudur (DE). Bu iki periyotta da buharlaşma ürünün içinde başlayarak su yüzeye difüzyon ile taşınır. Yüzeye yakın kısımlar kılcal nem verdiklerinden iç katmanlara oranla daha çok su kaybeder. Bunun sonucu olarak dış yüzeyde büzüşme yarılma vb. gibi istenmeyen durumlar görülebilir. Bu istenmeyen durumların görülmeye başlandığı sıradan itibaren kritik nem noktasına erişilmiş olduğu için AHKP başlamış olur. Bu aşamada hem yüzeyden hem de iç kısımdan buharlaşma etkili olmaktadır. Malzemenin ıslak yüzey alanı azaldıkça buharlaşma hızı düşmeye başlar. Malzemede ıslak yüzey kalmadığı andan itibaren de AHKP de sona erer. Bir önceki SHKP’de siyah kalın yazı ile belirtilen faktörler azalan

hızda kuruma son periyodunda daha etkili olmaktadır. Bu periyotta kuruma hızı, içindeki neme bağlı bir durumda değişir.



1.1.5 Kuruma Hızına Etki Eden Faktörler

Kurutulacak malzemeye ait kurutma hızları değişimi

- a) Dış Faktörler: Kurutma havası sıcaklığı, debisi, nemi, türbülansı, kurutulacak malzemenin kalınlığı, yüzey alanı ve tanecik büyüklüğüne,
- b) İç Faktörler: İç buharlaşma veya daralmalar sonucu oluşan basınç değişimi nedeniyle oluşan akışlar gibi difüzyon yoluyla nemin yüzeye taşınmasını etkileyen, kapiler akış ve yoğunluk gibi malzemenin doğasına ait özelliklere bağlı olarak değişmektedir.

Kurutma uygulamalarında yıllardır gelişen deneyim ve çalışmalara bağlı olarak, en az kurutma süresi ve en verimli enerji kullanımını sağlayacak dış faktörleri oluşturmak olasıdır.

Kurutma Hava Sıcaklığının Etkisi

Hava sıcaklığının artışı hava içinde tutulacak su buharı (nem) miktarını da artırır, ayrıca yüksek hava sıcaklıkları yüzey su tabakası ve malzemeye ısı transfer hızlarını da artırır. Yüksek buharlaşma hızlarına sebep olan bu durum sonucu malzeme içindeki nemin yüzeye çıkışı daha kolay ve hızlı bir şekilde gerçekleşir.

Kurutma Havası Nem Miktarının Etkisi

Yüksek kurutma hızları, nem miktarının minimum olmasıyla elde edilir. Herhangi bir sıcaklıkta hava içindeki nemin artması hava içinde tutulacak su buharı miktarında olumsuz etkiye sebep olur. Bu durum malzeme yüzeyinden olan buharlaşma miktarını da azaltır.

Ancak pratik kurutma uygulamalarında geçerli ölçüdeki nem miktarları kurutucu performansını aşırı sınırlayıcı bir faktör değildir. Eğer çalışmalarda ekonomiklik olması isteniyorsa bu kısma da dikkatle yaklaşılması gerekir.

Kurutma Havası Akış Hızının Etkisi

Yüzey üzerinden geçen yüksek akış hızına sahip hava akımı malzeme yüzeyindeki su tabakasının kalınlığını azaltacak yönde etkide bulunur ve ısı transferi ve buharlaşma hızını arttıracak yönde etkide bulunur.

1.1.6) Kurutma Sistemlerinin Çalışma Prensibi

Malzemeyi belirlenen zaman içinde, belirlenmiş kuruma derecesine kontrollü veya kontrolsüz olarak indirgeyen sistemlere kurutma sistemi denir.

Kurutma sistemleri birçok alt sistemin birleşerek bir araya getirdiği sistemlerdir. Bunlar, kurutma havası elde etmek, hava ısıtma, hava nemlendirme, ürün kurutma, soğutma (nem alma), egzoz ve geri dönüşüm sistemleridir.

Kurutma sistemlerinde ısı taşıyan akışkan olarak hava kullanılır. Kurutma havasının kinetik ve ısı durumuna göre kullanılacak enerji artar veya azalır. Aynı zamanda kurutma havası ve malzemenin içindeki nem ve sıcaklık kurutmanın süresini etkileyen faktörlerdir.

Kullanılan kurutma gazının ısıtılması ise yine önemli bir faktördür, bu işlemde kurutulacak ürüne gaz akımı yoluyla ısı transferi uygulanır ve buharlaştırma ile kurutma sağlanır. Uygulanan bu ısı transferi kurutulacak ürünlerdeki nemin buharlaşmasına harcanır.

Kurutma işlemi sırasında, kurutma havasının içindeki nemin arttırılma sebebi kurutacağımız ürünün durumuna göre değişir. Çarpılma, yarıma veya sert bir yüzey tabakası meydana getirmeye meyilli olan maddeler, nemli hava kullanılarak kurutulurlar. Bu durum kurumayı yavaşlatsa bile düzgün şekilli bir kurutma elde edilir ve madde ile hava arasında çok yüksek bir nem ve sıcaklık farkı önlenmiş olur.

Ürün Kurutma, genel manada istenen durum, kurutulacak ürünün en uygun ekonomik şartlarda, en verimli kurutmayı elde etme işlemidir. Bu işlem değişik koşullarda ve durumlarda yapılabilir.

Nem alma, sistemlerde genellikle geri dönüşümlü hava kullanıldığı için bağıl nemi zamanla yükselen havanın nem alma kabiliyeti azalacaktır. Bu durumun önüne bir soğutucu nem alıcı kullanılarak geçilir.

Kurutma sistemlerinde dönüşümsüz taze hava kullanılması üründen geçirilen havanın egzoz olarak dışarı atılması yüzünden sistemdeki enerji tüketimini arttırır. Gereksiz enerji kullanımından kaçınmak için, taze hava bir önceki çevrimden kalan kurutma havası ile karıştırılarak tekrardan sisteme gönderilir. Bu durum sistemin ısı verimini arttırsa bile, taze hava kullanımı kuruma hızı için önemlidir. Bu yüzden hava oranı en uygun duruma getirilir.

1.1.7) Kurutma Sistemleri

Gıda ürünlerinin kurutulmasında günümüze kadar geliştirilmiş birçok yöntem bulunmaktadır. Sıvı, yarı sıvı ve katı gıdaların kurutulmasında kullanılan makine ev ekipmanlar birkaç temel yöntemeye dayanır. Kurutma şartlarına göre oluşacak son üründe istenilen kapsama göre oluşan faktörler değerlendirildiğinde, kurutucuların tasarımı ve çalışma ilkeleri yönünden farklı kurutucuların ortaya çıkmasına sebep olmuştur.

İletimle Kurutma

Bu yöntemde, kurutma için gereken ısı enerjisi ısıtılmış yüzeylerden kondüksiyon yoluyla iletilir. Isıtılan yüzey, malzeme ile temas halinde olduğundan malzemenin aşırı ısınmasını önlemek ve ısının homojen şekilde aktarımını sağlamak için gerekli önlemler alınmalıdır. İletimle kurutmada; yüksek kurutma hızı ve sabit bir ısı kütle transferi şartları sağlanamaz. Genellikle kâğıt ürünlerinin kurutulmasında kullanılır. İletimle kurutma sistemleri başlıca; Silindir Kurutucular, Askı Kurutucular, Valsli Kurutucular ve Döner Tipli Kurutuculardır.

Sıcak Havalı (Konveksiyon) Kurutucular

Çoğunlukla kurutucularda taşınım ile kurutma işlemi gerçekleşir. Isı taşıyıcı akışkan gazın sistemde dolaştırıldığı kurutma sistemleri, taşınım ile kurutma yapan sistemlerdir. Isı taşıyıcı akışkan ürün tabakasının içinden veya üzerinden geçirilir. Ürün ile sıcak havanın teması ile buharlaşma ısısı taşınım ile ürün yüzeyine aktarılmakta ve buharlaştırılan nem kurutma ortamından hava ile uzaklaştırılır. Tabaka veya kek formundaki yaş ürünlerin kurutulması için uygundur. Isıl iletkenlik olarak iletimle kurutmadan daha düşüktür. Sıcak gazın, kurutulacak ürünle doğrudan teması kurumanın daha hızlı gerçekleşmesini sağlar. Tünel Kurucular, Kabinli ve Bölmeli Kurutucular, Döner Kurutucular, Bantlı(Konveyör) Kurutucular, Sandık Kurutucular, Fırın tipi Kurutucular, Akışkan Yataklı ve Püskürtmeli Kurutucular, Kızgın buhar atmosferinde kurutma, Karıştırmalı yatakta kurutma ve Flaş Kurutma bu kurutma türüne örnektir.

Işınım ile Kurutma

Kurutma işlemi kurutulacak malzemeye gönderilen 0,76-400 µm dalga boyundaki elektromanyetik radyasyon sayesinde oluşan ısı enerjisi sayesinde gerçekleşir. Bu dalga boyundaki radyasyon malzemenin yüzeyine nüfuz eder. Malzeme yüzeyi gelen radyasyonun bir bölümünü soğurur. Termal radyasyon ışınları, kızılötesi lambalar, gaz ısıtım alı akkor yansıtıcılar, buhar ısıtım alı kaynaklar ve elektrikle ısıtım alı yüzeyler tarafından sağlanır. Bu sağlanın ışınlar içinden geçtikleri ortamı değil kendilerini absorbe eden cisimleri ısıtırlar. Bu sistemlerin maliyetleri yüksektir.

Vakum Kurutucular

Alternatif bir kurutma yöntemi olan vakumla kurutma yönteminin en büyük avantajı düşük basınçlarda suyun, düşük sıcaklıklarda kaynamasıdır. Deneysel çalışmalar sonucu bu yöntemin kurutma işlem süresini diğer yöntemlere oranla çok kısalttığı belirlenmiştir. Bu yöntem kurutulacak ürünün kapalı kap içine koyulup kabın havası alındıktan sonra oluşan basın düşümü sebebiyle ürün içindeki suyun daha düşük sıcaklıklarda buharlaşarak kurutulması esasına dayanarak gerçekleştirilir.

Dondurarak Kurutma

Bu yöntemde kurutulacak ürün öncelikle dondurulur ve sonrasında kimyasal nem alıcılar veya yoğuşturucu ile bağlantılı yüksek vakumlu hacme alınır. Sonra vakum haznesi yavaş yavaş iletim veya kızılötesi radyasyon ile ısıtılmaya başlanır ve bu esnada uçucu element olan su süblimleşir ve yoğuşur ya da nem alıcılar tarafından absorblanır. Çoğunlukla dondurarak kurutma işlemleri -40 °C ile -10 °C sıcaklıkta ve birkaç yüz mikron vakum altında yapılır. Bu işlem yavaş ve pahalı bir prosestir. Dondurarak kurutma yöntemi Geleneksel kurutma ile kurutulmasında sakıncalar bulunan sıcaklığa karşı çok hassas bazı biyolojik maddeler, farmakolojik ürünler, serumlar, bakteri kültürleri kurutulmasında uygulanır. Diğer kurutma yöntemleri ile karşılaştırıldığında en kaliteli ürün dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilebilir.

Mikrodalgalı Kurutucular

Mikrodalgalı kurutmada temel esas, ürün içerisindeki su moleküllerinin polarize edilerek, hızla hareket etmelerini sağlamak ve ortaya çıkan moleküler sürtünme ile ısının ortaya çıkmasını sağlamaktır. Bu proses için en önemli parametreler zaman ve güç seviyesi

kombinasyonudur. Kurutulacak ürün için ise en önemli parametreler ise ürünün nem miktarı ve ürünün dielektrik özellikleridir. Bu kurutucularda çok yüksek frekanslı güç kaynakları kullanılır (900 ile 5000 Mhz). Mikrodalga kurutmanın kullanıldığı alanlar ise şerit şeklinde ince malzemeler için uygundur. Sistemi çalıştırmak için gerekli emniyet önlemleri sistemin maliyetini önemli ölçüde arttırmaktadır. Bundan dolayı dielektrik kurutmaya göre daha pahalıdır.

Dielektrik Kurutma

Nemli ürün radyo frekansı veya mikrodalga bölgesinde çok yüksek frekansa sahip bir elektromanyetik bölgeye yerleştirilir ve ürün içerisinde termal enerji üretilir. Nemli bölgede üretilen ısı kuru bölgelere göre daha fazladır. Isı ürünün su içeren kısmında üretildiğinden dolayı malzeme içindeki nem profili otomatik düzenlenmiş olur. Ürün içerisindeki su, ürün aşırı şekilde ısıtılmadan buharlaşır. Bu proseste ürün gıda maddeleri, yapı malzemeleri, tekstil ürünleri ve tıbbi malzemeler olabilir.

Ozmotik Kurutma

Dilim haline getirilmiş gıdaların hipertonic bir çözeltide bekletilip su oranının düşürülmesi işlemine 'Ozmotik kurutma' adı verilir. Çözünmüş madde yoğunluğu hücreden daha fazla olan ortama hipertonic ortam adı verilir ve bu ortamda su yoğunluğu azdır. Suyun uzaklaştırılması buharlaşma ile değil suyun difüzyona uğraması ile gerçekleşir, bu olaya ozmos denir. Ozmos, suyun çok yoğun ortamdan az yoğun ortama difüzyon ile yarı geçirgen bir zardan geçmesi olarak tanımlanır.

1.2-) Projenin Amacı ve Kapsamı

İmal edilen 5 kanallı değişken debili kurutma sisteminin amacı; kurutulması istenen gıda malzemelerinin, bir kanal boyunca nemini alıp değiştirilebilir debilerde ısı ve kütle transferi eşitliklerini kullanarak besin değerini kaybetmeden, ağırlık olarak daha hafif, bu sebepten depolamaya ve taşımaya uygun duruma getirmek, istenen koşullar ve kapsam dahilinde kalarak, hızlı ve kolay hazırlanabilir durumda tutmak, özellikle de gıdaları sterilize edip nem içeriğini ayarlayarak küflenme çürüme ve bozulma gibi durumları engellemektir.

İmalatı yapılan sistem kapsamında; 25x30 cm^2 kare kesitlerdeki galvaniz kaplı sac levhaların içinde gezdirilen kurutma havası, belirlenen sıcaklık ve nem doğrultusunda şartlandırılacak, kanal olarak ayrılmış kesit girişindeki damperler yardımıyla debisi ayarlanacak ve yine galvaniz kaplı kare kesitli kanalların içinde bir tepsi üstünde bekletilen ürün tabakasının içinden veya üzerinden geçirilecektir. Ürün ile sıcak havanın teması sonucu buharlaşma ısısı taşınım ile ürün yüzeyine aktarılmakta ve buharlaştırılan nem kurutma ortamından hava ile uzaklaştırılmaktadır. Uzaklaştırılan nem sebebiyle yine nem oranı yükselen kurutma havası kesit çıkışında bulunan nem alıcılar sayesinde nemi alınacak ve egzoz olarak ortam havasına atılması gerçekleştirilecektir. Bu işlemler sonucunda sisteme ait kurutma prosesi tamamlanmış olacaktır.

1.3-) Literatür Taraması

[1] Cevdet Demirtaş, 1996. Bu çalışmada dallardan toplanan yüksek nem içeriğine sahip fındıklar için kurutma koşullarının belirlenmesi tartışılmıştır. Deneysel sonuçlar, tombul fındığının ortalama üç gün kurutulduğunu göstermektedir. Çalışma sonunda, sıcaklığa göre yağ fındığının sıcaklık dağılımı, ısıl iletkenliği, ısı transfer katsayısı ve difüzyon katsayısı belirlenmiştir.

[2] Filiz Özgen, 2013. Bu çalışmada elmanın kurutma özelliğini belirlemek için konvektif tip bir kurutucu tasarlanmış ve üretilmiştir. Deneysel sonuçlardan, kurutma hava hızının toplam kurutma süresi üzerinde önemli bir rol oynadığı görülmüştür.

[3] Soner Şen, 2010. Bu çalışmada, kivi meyvesinin kuruma karakteristiklerini belirlemek için kurutma havasının 50, 60, 70, ve 80 °C sıcaklık, 0.5 m/s, 1.0 m/s, 1.5 m/s ve 2.0 m/s hız ve % 5, % 10 ve % 20 bağıl nem değerlerinde deneyler yapılarak kurutma havası sıcaklığı, hızı ve bağıl neminin kurumaya etkileri araştırılmıştır.

[4] Selçuk Darıcı vd. 2012. Bu çalışmada, kurutma havası hızının kurumaya etkisini incelemek amacıyla 4 mm ve 6 mm dilim kalınlığındaki kivi örneklerine kurutma havasının 60 °C sıcaklığı ve %10 bağıl neminde 0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 m/s hızları için deneyler yapılmıştır. Yüksek hızlarda kurutma yapmanın ekonomik olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

[5] Ramazan Demir, 2019. Bu tezde kapalı devre ve dolap tipi konvektif kurutma sistemi tasarlanmıştır. Optimizasyon çalışması, literatürde en yaygın olan Kurumsal Modeller kullanılarak MATLAB programında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sonucunda ürünler için en iyi model ve kurutma koşulları R2 ve RMSE değerlerine bakılarak belirlenmiştir.

[6] Hakan Anıl Akgün, 2009. Kurutma havası ve ısı pompası sisteminin termodinamik davranışı sayısal olarak modellenmiştir. Sabit hızlı kurutma süresine bağlı olarak, kurutma hava debisindeki, bağıl nemdeki ve ısı geri kazanım sisteminin verimliliğindeki değişikliklerin enerji tüketimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

[7] Hasan Akman vd. 2018. Bu çalışmada güneş enerjisi destekli bir kurutma sistemi tasarlanmış, imal edilmiş ve Osmaniye iklim koşullarında ilk testleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda sistemde kullanılan kurutma havasının 45 °C'lik bir sıcaklığa ulaşabildiği, kolektöre giren havanın sıcaklığının ortalama 10-14 ° C artırılabilirdiği, 6 saatlik kurutma süresi içerisinde yaklaşık olarak %58 civarında üründen nem uzaklaştırılabildiği ve kurutma prosesinin başarılı bir şekilde gerçekleştiği görülmüştür.

[8] Arif Köken, 2019. Bu tez çalışmasında kırsal kesimde yer sergileriyle yapılan kurutmaya, alternatif bir kurutma seçeneği geliştirilmiştir. Kurutma sırasındaki olumsuz kurutma koşullarının istenen aralıklara çekilmesi kurutulan üzümün kalitesini arttırmaktadır. Bu tez kapsamında kurutma ürünü olarak üzüm meyvesi seçilmiştir. Üzüm meyvesi ön işlemsiz, ön işlemlili ve ön işlemlili ve 4 saat arayla tekrar ön işlem sıvısı uygulanan olmak üzere 3 farklı şekilde kurutulmuştur. Bu kurutma işlemleri arasındaki farklar değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmada ön işlemlili ve 4 saatte bir tekrar ön işlem sıvısı uygulanan kurutma örneği en hızlı, ön işlemlili kurutma örneği orta hızda, ön işlemsiz kurutma örneği ise en yavaş şekilde kuruduğu gözlemlenmiştir.

[9] Faruk Kılıç vd. 2017. Bu çalışmada, yeni nesil işlemcilerden Arduino kullanılarak kurutma cihazlarında kurutma kabininden çıkan havanın sıcaklık ve nem değerlerini ölçen ve nem değerine bağlı olarak fan hızını ayarlayan bir sistem tasarlanmıştır. Sonuç olarak geliştirilmeye açık ve modüler bir sistem kurularak sebze-meyve kurutma sistemlerinde gözlemlenen kurutma hızına bağlı olarak kavrulma ve homojen kurutamama problemi iyileştirilmiştir.

1.4-) Kısıtlar ve Koşullar

-Kurutma havasının gezdirildiği kanal ve sistem kesiti, kare kesit şeklinde 25x30cm olmalıdır.

-Sistem, kurutma yapılmadan önce bir süre boş olarak çalıştırılıp rejim haline getirilmelidir.

-Sistem ve ortam arasında ısı alışverişi olmamalıdır.

-Sistemin daha yüksek ısı verimle çalışması için kurutma işlemi sadece taze hava ile değil bir önceki çevrimden kalan kurutma havasının da kullanılması sağlanacaktır.

-Ağırlık ölçümleri bir adet loadcell yardımıyla Arduinio sistemiyle bağlantılı olarak kontrol edilecektir.

-Röle ve sensörler yardımıyla kurutma havası sıcaklığı 40 °C üstüne çıktığında veya indiğinde rezistansın çalışıp çalışmama durumu Arduinio tarafından sağlanacaktır.

-Hava damperleri yardımıyla kurutma havasının debisi ayarlanacaktır.

-Kurutma havasının bağıl nemi psikometrik diyagram yardımıyla belirlenerek, girişte ve çıkışta yine Arduinio sistemine bağlı nemlendirici ve nem alıcılar yardımıyla nem içeriği ayarlanacaktır.

-Kurutma havasının nemi %70 ile sınırlandırılmıştır.

-Sistemi korumak maksadıyla elektrik panosuna şartel bağlanarak alışılmışın dışında bir durum meydana geldiğinde direkt şartelden sistem kapatılacaktır.

-Kurutma havasının sıcaklık, nem vb. ayarlanabilen koşulları, kurutulacak malzemenin değişkenlik gösterdiği durumda tekrar gözden geçirilecektir.

-Kabinlere kurutulacak malzemenin yerleştirilmesi için kabinler temperlenmiş cam kapaklı tasarlanmalıdır.

-Nem alındıktan sonra ortaya çıkan suyun tahliye edilmesi için, kesit içinde çukurlaşmış bir bölge oluşturulacaktır. Bu bölgeden boru yardımıyla çıkan su direkt nemlendiriciye bağlanacak ve nemlendiricinin su ihtiyacı buradan karşılanacaktır.

-Kurutma sistemi girişinde ve kurutma yapılacak kabinlerde, debi ölçümü yapabilmek için, ölçüm yapılacak noktalara prob çapı kadar delik açılacaktır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1-) Kullanılan Yöntemler ve Materyaller

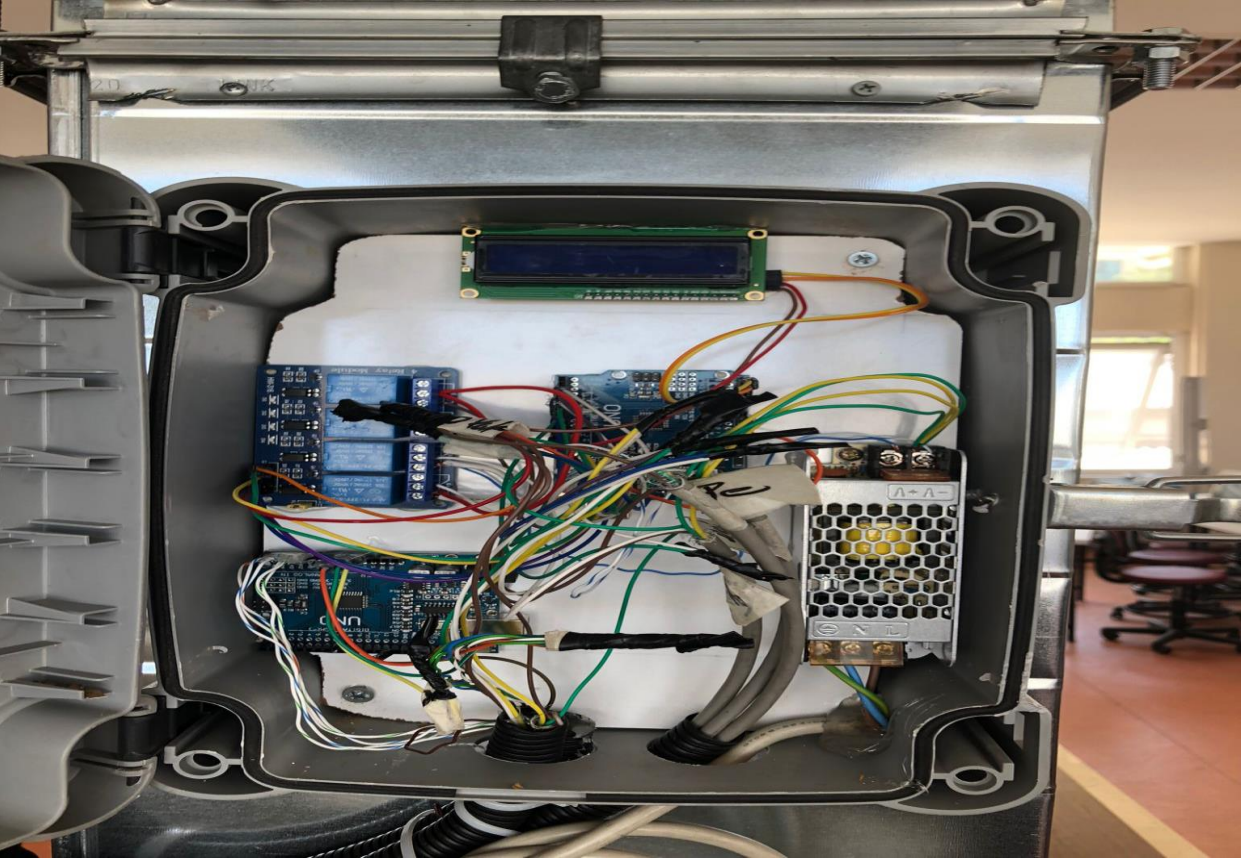
Tablo 2.1 Kullanılan Materyaller

Elemanlar	Adet
Kurutulacak Numune: Fındık	1 kg
Galvaniz Sac	90 kg
Temperlenmiş Cam (8 mm, 32.5 x 32.5)	5
Debi Ayar Damperi (5 adet 30x40, 1 adet 25x30)	6
Menteşe	5
Cıvata	120
Somun	120
Salyangoz Fan	1
Rezistans	1
Termostat	1
Nemlendirici	1
Higrostat	1
Arduino UNO R3 Klon	2
DHT 22 Nem ve Sıcaklık Sensörü	6
Ardunio 16x2 LCD Ekran	1
YZC-131 5Kg Ağırlık Sensörü (Loadcell)	5
Ağırlık Sensörü Kuvvetlendirici Loadcell Amplifier HX711	5
Peltier TEC1-12706 - 12 V 51.4 W 40x40 mm	2
Peltier Fan Seti	2
Sıcak Tel Anemometresi	1
12V Güç Kaynağı	1
Tahliye Musluğu	1

2.1.1 Sistemin Montajı



Şekil 2.1 Sistemin İskeleti



Şekil 2.2 Arduino Elemanlarının Bağlantısı

Şekil. 2.1’de görüldüğü gibi sistemin temeli olan galvaniz sacdan imal edilen iskelet, debi ayar damperi, temperli cam ve menteşeler beraber kullanılmıştır. Daha sonra ise şekil 2.2’de görülen Arduino sistemi yazılımı yazıldıktan sonra sistemde gerekli yerlere monte edilerek sistemin montajı tamamlanmıştır.



Şekil 2.3 Sistemin Elektronik Bağlantısının Montajı



Şekil 2.4 Sistemin Monte Edilmiş Hali

2.1.1.1 Galvaniz Sac

Galvaniz sac, metalin korozyona uğramasının önüne geçmek amacı ile “Çinko” ile kaplanmış halidir. Galvaniz, tüm ıslak ve nemli zeminlere monte edilen, kendisinden başka bir alternatifi bulunmayan sac türüdür. Çünkü yapısındaki galvaniz, tüm olumsuzluklar ile baş edebilen ve bu olumsuzlukların sacın yüzeyinde oluşturduğu baskıyı ortadan kaldıran bir sac sistemidir.



Şekil 2.5 Galvaniz Sac

2.1.1.2 Temperlenmiş Cam

Sistemde temperli cam kullanılma sebebi ani soğutma uygulanarak temperleme işlemlerinden geçen cam 300°C'lik bir ısıl şoka dayanıklı hale gelmekteyken temperlenmemiş camın 30-50°C' lik bir ısıl şokun camın kırılmasına sebep olmasıdır.

Ayrıca kurutmanın daha iyi gözlenip tepsilerin sisteme daha kolay yerleştirilebilmesi için 5 farklı kabine de aynı temperlenmiş camlardan kullanılmıştır.

Temperlenmiş cam, bir tür güvenlik camıdır. Orijinal camın, mukavemetini arttırmak için termal olarak işlenir, bu da çoğu uygulama için sıklıkla ihtiyaç duyulan daha güçlü ve daha güvenli bir cam formunu oluşturur.



Şekil 2.6 Temperlenmiş Cam

2.1.1.3 Debi Ayar Damperi

Sistemde kullanılan debi ayar damperleri, kanallara giren havanın debi ve hızına direkt müdahale edebilmek, farklı hızlarda kurutma yapabilmek ve sisteme geri dönecek veya egzoz olacak havanın miktarını ayarlamak için kullanılmıştır. Her kanal başında ve tahliye kısmında 1'er adet debi ayar damperi bulunur.

Debi ayar damperleri, hava debisini kontrol edebilmek amacıyla kullanılırlar. Manuel ayarlanabilir özelliktedirler. Dikdörtgen kesitli debi ayar damperleri havalandırma sistemlerinde dikdörtgen hava ayar elemanı olarak kullanılır. Kanatlar özel olarak haddelemiş 6063 alüminyum profil, kasa ise galvaniz sacdan imal edilmektedir. Montajı cıvatalı olarak yapılmaktadır. Debi ayar damperlerinin kanatçıkları hava akış yönüne bakacak şekilde olup basınç kaybına etkisi yoktur.



Şekil 2.7 Debi Ayar Damperi

2.1.1.4 Salyangoz Fan

Sistemde kullanılan fan kurutma için gerekli olan havayı ortamdan emerek sisteme debisini yükseltip basmaktadır. Bu sayede sistemdeki hava akışı sağlanmaktadır.

Salyangoz fan salyangoz hava motoru sayesinde yüksek güçte hava çekimi yapan ve görünümü salyangozu andıran fan çeşitidir.



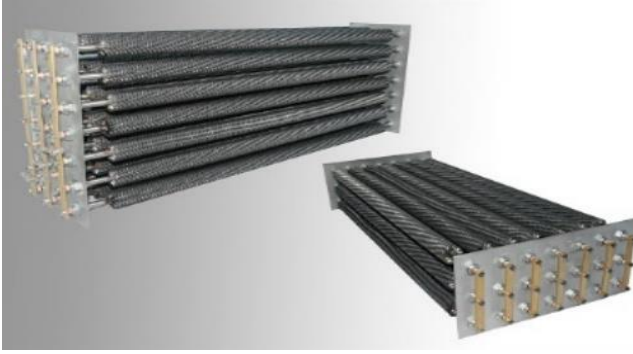
Şekil 2.8 Salyangoz Fan

Kullanılan fan mevcut deney düzeneğine ait olup 0.2 m/s ve 1.0 m/s aralığında çalışabilmektedir.

2.1.1.5 Rezistans

Rezistans fanın gelen havayı ısıtmak için kullanılmaktadır. Rezistans, termostat yardımıyla havayı istenilen sıcaklığa eriştirir. Bu sayede sistemdeki hava kurutma havası olabilmektedir.

Sistemde kullanılan rezistans serpantin tip rezistans olarak seçilmiştir. Serpantinli rezistans; ısıtıcı yüzeyi üzerinde yüksek bir ısı transferi sağlamak adına Cr-Ni borularla ısı transferini arttırmada kullanılan rezistans türüdür. Kanatlı Isıtıcı elementi genel olarak Cr-Ni borulardan üretilmektedir. Aynı zamanda, bakır ve DKP borular ile de üretim sağlanmaktadır.



Şekil 2.9 Rezistans

Kullanılan rezistans mevcut deney düzeneğinden alınmıştır.

2.1.1.6 Termostat

Termostat, sistemde rezistansın belirlenen sıcaklıkta kalmasını ve sıcaklığın değiştirilmesine olanak sağlar. Bu sayede kurutulacak ürüne göre optimum kurutma için gerekli sıcaklık rahatlıkla sağlanmaktadır.

Termostat, sıcaklığın daha önce belirlenen derecede sabit tutulabilmesi için kullanılan bir kontrol mekanizmasıdır. Termostat içerisinde yer alan ve sıcaklığa duyarlı olan bir parça sayesinde sıcaklık değişimi sabit tutulabilmektedir.



Şekil 2.10 Termostat

Sistemdeki termostat mevcut deney düzeneğinden alınıp, üstündeki kontrol paneli yardımıyla kullanılmaktadır.

2.1.1.7 Nemlendirici

Nemlendirici, higrostat yardımıyla sistemin belirlenen nem değerinin altına düştüğü zaman devreye girip sistemi istenilen nem değerine ulaştırıp çalışmasını yine higrostat yardımı ile durduracaktır. Olası olumsuzluklardan korunması için muhafazaya alınmıştır. Nemlendiricinin çalışmasını sağlayan higrostat, mevcut olan deney düzeneğinin kontrol panelinde bulunmaktadır.

Nemlendirici, içinde bulunan suyu buharlaştırarak ortamın nemlenmesini sağlamaktadır



Şekil 2.11 Nemlendirici

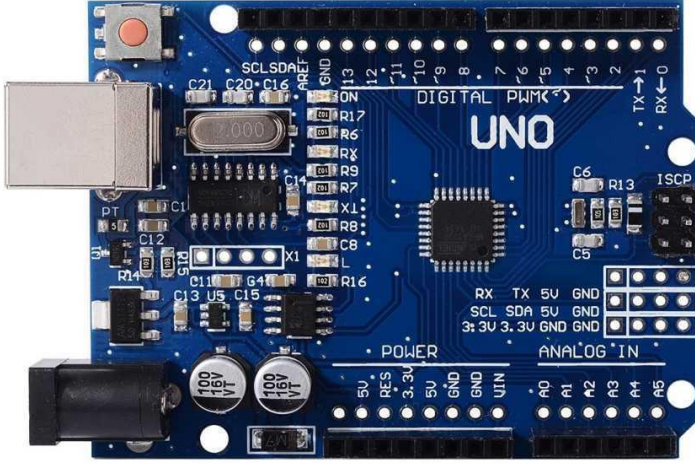
Kullanılan nemlendirici ve higrostat mevcut deney düzeneğinden temin edilmiş olup, içinde bulunduğu panel ile kontrolü sağlanmaktadır.

2.1.1.8 Arduino UNO R3 Klon

Sistemde bulunan bütün Arduinio ürünlerinin bağlantısının yapıldığı bu kart hazır alınmış ve kodlaması yapılmıştır. Bu sayede ürünlerin kaybettiği ağırlığın anlık kontrolü, kanal içlerindeki sıcaklık ve nem ölçümlerinin yapılp bir lcd ekrana yansıtılması son olarak da peltierin çalışıp çalışmayacağını kontrolünü sağlamak bu kart yardımıyla mümkün hale gelmiştir.

Arduino'nun analog ve dijital pinleri sayesinde analog ve dijital sinyalleri işlemek mümkündür. Arduino'ya bağlanan DHT 22 nem ve sıcaklık sensörü, loadcell ve loadcell sinyal güçlendirici kartı ve peltier kontrolünü sağlayacak kartlar vasıtasıyla ortam etkileşimli

giriş sinyalleri elde edip bu sinyalleri incelemek ve bu sinyaller ile algoritmalar kurarak çıkış sinyalleri üretmek mümkündür.



Şekil 2.12 Arduino UNO R3

Arduino Uno'nun teknik özellikleri aşağıda verildiği gibidir:

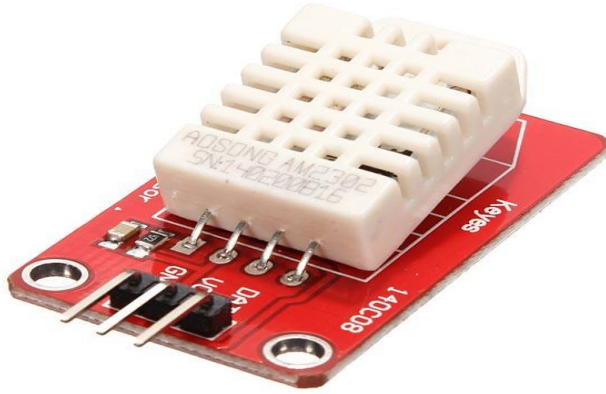
- ATmega328 isimli işletmeye sahip mikro denetleyici.
- 7 – 12 V arasındaki voltaj değerleri ile beslenmenin gerçekleşmesi.
- 5 V değerinde çalışma gerilimine sahip olması.
- Sahip olduğu 14 dijital pinden 6 adetinin PWM olarak kullanılması.
- 6 pinden sağlanan 14 bitlik analog sinyal çıkışı elde edilmesi.
- 5V'da 40mA, 3.3V' da 50mA akımlı pin çeşitleri.
- 32 KB'a sahip flash hafızaya sahip olması.
- 1 KB'a sahip SRAM (Static random access memory) özelliği.
- 1 KB'a sahip EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) özelliği bulunması.
- Saatte 16 MHz hız ile çalışması.
- Kart iletişiminin USB üzerinden sağlanabilmesi.

2.1.1.9 DHT 22 Nem ve Sıcaklık Sensörü

Sistemde bu sensörün kullanılma sebebi, şartlandırma öncesi, sonrası ve kabinlerdeki kurutma havası ve ortam havası özelliklerini kontrol edip gözlemlemek, kurutma yapıldıktan sonra nemlenen kurutma havasının ne kadar nemlendiğini gözlemleyip nemini almak

ve son olarak bu nem alma işleminde etkili olacak peltierin çalışıp çalışmamasında kontrol sağlamaktır.

DHT22 sıcaklık ve nem algılayıcı kalibre edilmiş dijital sinyal çıkışı veren gelişmiş bir sensör birimidir. Yüksek güvenilirlikte ve uzun dönem çalışmalarda dengelidir. DHT22, üzerinde 8 bitlik mikrodenetleyici bulunmaktadır ve ürün kısa tepki süresine sahiptir. DHT22 Isı ve Nem Sensörü hassas bir kalibrasyona sahiptir ve kalibrasyon katsayısı OTP hafızada bir çeşit program üzerinde saklanmıştır. Ürün algılama (sensing) sırasında hafızada saklı olan bu katsayıya başvurur.



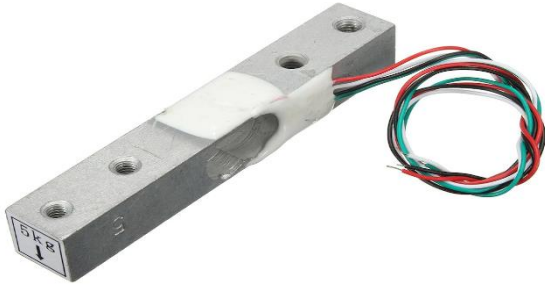
Şekil 2.13 DHT 22

DHT 22 Nem ve Sıcaklık Sensörü Teknik Özellikleri;

- Besleme voltajı: 3.3-6V DC
- Çıkış sinyali: Tek hatta dijital sinyal
- Ölçme elemanı: Polimer kondansatör
- Çalışma menzili: Nem: 0-100%RH; Sıcaklık: -40~80 Selsiyus
- Doğruluk: Nem: +-2%RH (Maksimum +-5%RH); Sıcaklık <+-0.5 Selsiyus
- Çözünürlük: Nem: 0.1%RH; Sıcaklık 0.1 Selsiyus
- Tekrar edilebilirlik: Nem: +-1%RH; Sıcaklık +-0.2 Selsiyus
- Nem histerezisi: +-0.3%RH
- Uzun dönem stabilitesi: +-0.5%RH/yıl
- Ölçüm periyodu: Ortalama 2s

2.1.1.10 YZC-131 5 Kg Ağırlık Sensörü (Loadcell)

Sistemde kullanılan 5 kg kapasiteli ağırlık sensörünün kullanılma sebebi, anlık olarak Arduino'ya gönderilecek sinyallerin kurutmanın her dakikasında Load Cell üstünde bulunan strain gauge'in yardımıyla alınması gerektiği içindir. Load Cell kurutmanın başlangıcından sonuna kadar 10 dakika aralıklarla ölçüm yapıp sisteme sinyal verecektir. Bu sinyaller kalibrasyon eğrileri yardımıyla ağırlığa dönüştürülecektir. Sonuç olarak Load Cell vasıtasıyla kurutulacak ürünün ağırlık ve nem kaybı gözlemlenecektir.

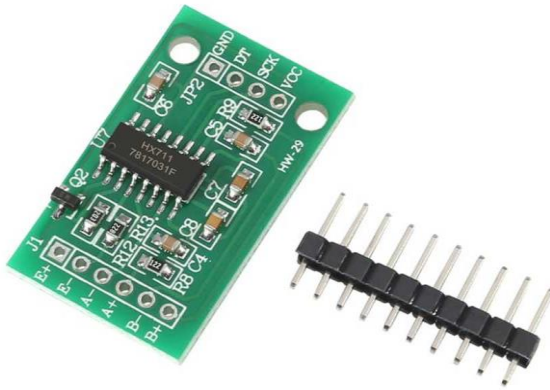


Şekil 2.14 5 KG Loadcell

Load Cell yani yük hücresi, üzerine etki eden bir yükü veya kuvveti elektronik bir sinyal haline dönüştüren bir sensör veya bir dönüştürücüdür. Bu elektronik sinyal, yük hücresi ve devrenin türüne bağlı olarak voltaj değişikliği, akım değişimi veya frekans değişikliği olabilir.

2.1.1.11 Ağırlık Sensörü Kuvvetlendirici Load Cell Amplifier HX-711

Ağırlık sensörlerini mikro kontrolcülerimize bağlamakta kullanacağımız oldukça hassas bir karttır. 24-bit yüksek çözünürlüklü HX711 ADC (analogtan dijitale çevirici) entegresini kullanmaktadır. 128 adımlı programlanabilir kazanç (gain) ayarı bulunur.



Şekil 2.15 HX-711

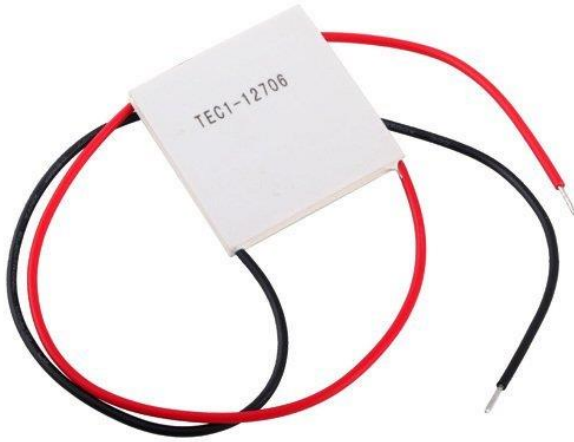
5kg Yük Hücresi + Hx711 Modül Ağırlık Takımı Teknik zellikleri;

- Yük Hücresi Kapasitesi: 5 kg
- Ayırıcı Giriş Gerilimi: $\pm 40\text{mV}$
- Veri Hassasiyeti: 24 bit (24 bit A / D evirici Entegre)
- Yenileme Frekansı: 80 Hz
- Çalışma Gerilimi: 4.8 - 5.5V
- ıkış gerilim aralığı: 2.6V ~ 5.5V
- Çalışma akımı: <10 mA
- Boyutu: 34.5mm x 20.5mm x 1.1mm

2.1.1.12 Peltier TEC1-12706

Sistemde kurutma işleminden çıkan bağıl nemi yükselmiş havanın nemini almak için, Peltier yani Termoelektrik Soğutucu olarak adlandırılan ve nem almak için çok işlevsel olan bu cihazlar, içinden havayı geçiren hava kanalları, fan ve su toplama kabı ile kullanılmıştır. Kontrolü yine Arduino sistemi ile sağlanacak olan peltierler için BURENDEL marka TEC1 12706 60W 12V 6A özelliklerinde peltierler seçilmiş ayrıca bu cihaz fan ve hava kanalları ile montajlı bir şekilde gelmiştir.

Termoelektrik (Peltier) soğutucular, küçük bir ısı pompası gibi çalışan yarı iletkenlerdir. Doğru akım ile çalışan, değişik glerde üretilen, akımın verilen yönüne göre bir tarafı ısınan, diğer tarafı ise soğuyan plakalardır.



şekil 2.16 Peltier

Peltier TEC1-12706 Teknik Özellikleri:

- Boyutlar: 40mm x 40mm x 4mm,
- Çalışma Gerilimi: 0V ~ 15.2V DC,
- Çalışma Akımı: 0A ~ 6A,
- Çalışma Sıcaklığı: -30°C ~ 70°C,
- Maximum Güç Tüketimi: 60 Watt.

2.1.1.13 Peltier Fan Seti

Sistemde bulunan ve bir tarafı aşırı ısınan peltierin, daha verimli çalışıp bozulmaması için peltieri sürekli soğutmak gerekmektedir. Bu sebeple alüminyum blok, fan ve fan kapağı birlikte monte edilip peltier üstüne bağlanır ve bu şekilde çalıştırılmıştır.



Şekil 2.17 Peltier Fan Seti

2.1.1.14 Sıcak Tel Anemometresi

Sıcak tel anemometresi, kanallarda akan kurutma havasının debisini ölçmek için kullanılmaktadır.

Sıcak tel anemometresi uzun yıllardır kullanılan bir hız ölçüm yöntemidir. Yeni ölçüm cihazlarının gelişmesine rağmen kullanım alanı hala geniştir. Hızdaki tüm değişimler analog olarak sıcak tel anemometresinden rahatlıkla okunabilmektedir. Sıcak-tel anemometresinin ölçüm ucu, elektrikle ısıtılan bir telden ibarettir, akışkan akımı telin soğumasına, dolayısı ile direncinin azalmasına neden olur. Telin sıcaklığını sabit tutabilmek için gerekli akım ölçülerek hava hızı tayin edilebilir.



2.18 Sıcak Tel Anemometresi

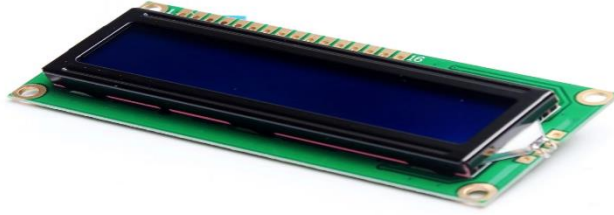
Sıcak tel anemometresi mevcut deney düzeneğinden temin edilmiştir, temin edilen cihazın teknik özellikleri;

• Kademe	• Çözünürlük	• Doğruluk
• 0.2-20 m/sn	• 0.1 m/sn	• $\pm(\%5+1d)$

şeklindedir.

2.1.1.15 LCD Display

Sistemde bulunan LCD'ler kurutma kabinlerindeki sensörlerden gelen sıcaklık ve nem bilgilerini görsel olarak yansıtmaları için kullanılmıştır.



2.19 LCD Display

Teknik Özellikleri;

- +5V ile çalışmaktadır.
- Back Lighting özelliğine sahiptir.
- LCD arka fon ışığı olmadan 4mA akım çekmektedir.

2.1.2 Sistem ile İlgili Teorik Bilgiler

- Ürün Nem İçeriği

Kurutmada kullanılan malzemelerin nem içeriği kuru ve yaş baza göre belirlenir. Ürün nem içeriği aşağıdaki eşitliklerde verilmiştir.

$$\% \text{ yaş baza göre nem içeriği} = \% N_{yb} = \left[\frac{m_{su}}{m_{su} + m_k} \right] \times 100$$

$$\% \text{ kuru baza göre nem içeriği} = \% N_{kb} = [m_{su}/m_k] \times 100$$

m_{su} ürün içerisindeki suyun kütlesi, m_k ise ürünün kuru kütleini ifade etmektedir.

- Ürünün Nem Oranı

$$\text{Nem oranı} = MR = N_t/N_0$$

Ürünün herhangi bir t anında sahip olduğu nemin (N_t), başlangıçtaki nem (N_0) miktarına oranına nem oranı (MR) denilmektedir.

- Kuruma Hızı

Kurutulmuş ürünlerdeki nem içeriğinin birim zamandaki değişimi "Kuruma hızı" olarak adlandırılır.

$$\text{Kuruma hızı: } [N_t - (N_t + \Delta t)]/N_t$$

N_t , t anı için kuru baza göre nem içeriğidir ve $N_t + \Delta t$, t + Δt anı için kuru baza göre nem içeriğidir.

- Özgül Nem

1 kg kuru havada bulunan su buharı kütlesi havanın özgül nemi olarak adlandırılır. Özgül nem " ω " ile gösterilir ve birimi $kg_{nem}/kg_{kuruhava}$ 'dır.

Belirli bir durumda nem eklenip alınmadığı sürece özgül nem sıcaklık ve basınçtan bağımsız bir şekilde sabit kalan bir yapı izler. Özgül nem, nemli havadaki su buharı kütleinin, kuru hava kütleine oranı şeklinde aşağıdaki gibi gösterilir.

$$\omega = \frac{m_b}{m_h}$$

- Bağıl Nem

Bağıl nemi tanımlayacak olursak belirli bir sıcaklık ve basınçta bulunmakta olan havanın içindeki su buharının yoğunluğunun, aynı sıcaklıkta ve basınçtaki doymuş havadaki suyun buharının yoğunluğuna oranıdır.

Diğer bir deyişle bağıl nem(φ), birim hacimde hava-buhar karışımının içinde olan buhar kütlelerinin (ρ_b 'nin) aynı sıcaklık ve basınçta doymuş halde bulunan karışımın içindeki su buharı kütlelerine (ρ_{bd} 'ye) oranıdır. Bağıl nemin %100 olması, havanın artık suyla doyurulmuş olması anlamına gelmektedir

P_b hava su buharı karışımında su buharının kısmi basıncını, P_{bd} ise, doymuş haldeki karışımın su buharı kısmi basıncını göstermektedir. Bağıl neme bağlı olarak kuruyan ürünün içindeki nem miktarı değişiklik göstermektedir. Hava ısındıkça bağıl nem azalış göstermekte olup, hava soğuduğunda ise artış göstermektedir. Bu sebepten ötürü çalışmalarımızda ürünün kuruluk derecesini ayarlayabilmemiz için önemli bir parametredir

$$\varphi = \frac{\rho_b}{\rho_{bd}} = P_b/P_{bd}$$

-Mutlak Nem

Birim hacim havada bulunan su buharı ağırlığıdır ve g/m³ olarak ifade edilir. (ρ_b)

- Buhar Basıncı

Nemli havanın içerisinde bulunan su buharının kısmi basıncına buhar basıncı denir (P_b). Hava, içerisindeki su buharının tamamını içerdiğinde, P_b buhar basıncı, doymuş buhar basıncı olarak nitelendirilir. (P_{bd})

- Kuru Termometre Sıcaklığı

Kuru termometre sıcaklığı herhangi bir alkollü ve cıvalı termometre ile veya aynı değerlere kalibre edilmiş hissedici + transducer ile ölçülen mahal veya çevre sıcaklığıdır. (T_{kr})

- Yaş Termometre Sıcaklığı

Yaş termometre sıcaklığını, %100 doyma noktasına gelinmesi ile neticelenen evaporatif soğutma neticesi ile elde edilebilen en düşük sıcaklık olarak tarif ederiz. Termodinamik yaş termometre sıcaklığına aynı zamanda adyabatik doyma sıcaklığı da denmektedir. ($T_{yaş}$)

- Çiğ Noktası Sıcaklığı

Nemli hava (Özgül nemi değişmeden) soğutulmaya devam edilirse belli bir sıcaklığa düştükten sonra, havanın içindeki su buharı yoğunlaşmaya başlar. Yoğunlaşmaya başladığı andaki sıcaklığa çiğ noktası sıcaklığı denir. ($T_{çiğ}$)

- Nemli Havanın Özgül Isısı

Özgül ısı, öz ısı ya da ısınma ısı, S.I. birimleri sistemine göre 1 kg miktardaki maddenin sıcaklığını 1 K° arttırmak için gerekli olan ısı enerjisi olarak tanımlanmaktadır.

Diğer bir ifadeyle maddenin sıcaklık artışıyla birlikte depolamakta olduğu ısı enerjisi özgül ısı olarak tanımlanır. Özgül ısı, maddenin bulunduğu fiziksel hâl, basınç ve sıcaklığa göre az da olsa değişkenlik göstermektedir.

Sabit basınç altında nemli havanın özgül ısı ($c_{nemli\hava}$) şu şekilde hesaplanmaktadır

$$c_{nh} = c_{kh} + c_{sb} \cdot x \quad (\text{kcal/kg}^\circ\text{C})$$

- Nemli Havanın Entalpisi

Entalpi tanım olarak, maddenin yapısında bulunan her türden enerjilerin toplamıdır. (h) ile gösterilen entalpi iç enerjiye bağımlı bir hal fonksiyonu özelliğidir dolayısıyla entalpi değişiminin (Δh) belirli bir değeri vardır.

Nemli havanın entalpisi ise (1+x) kg; kuru havanın entalpisi (h_{kh}) ile su buharı entalpisi ($x \cdot h_{sb}$) toplamına eşit olup şu şekilde ifade edilir;

$$h_{1+x} = h_{kh} + x \cdot h_b$$

Kuru havanın sabit basınçtaki özgül ısı c_{kh} yardımıyla T sıcaklığındaki entalpisi ise;

$$h_{kh} = c_{kh} \cdot T$$

Şeklinde hesaplanır.

Su buharının entalpisi için ise; 0°C Sıcaklıktaki atm basıncında, 0°C'deki suyun gizli buharlaşma ısısını 2500 kJ/kg.K alarak, kızgın su buharı entalpisi hesaplanır.

$$h_{sb} = h_0 + c_{sb} \cdot T = 2500 + c_{sb} \cdot T$$

Olarak hesaplanarak formüldeki bütün entalpi değerlerinin matematiksel ifadeleri elde edilebilir.

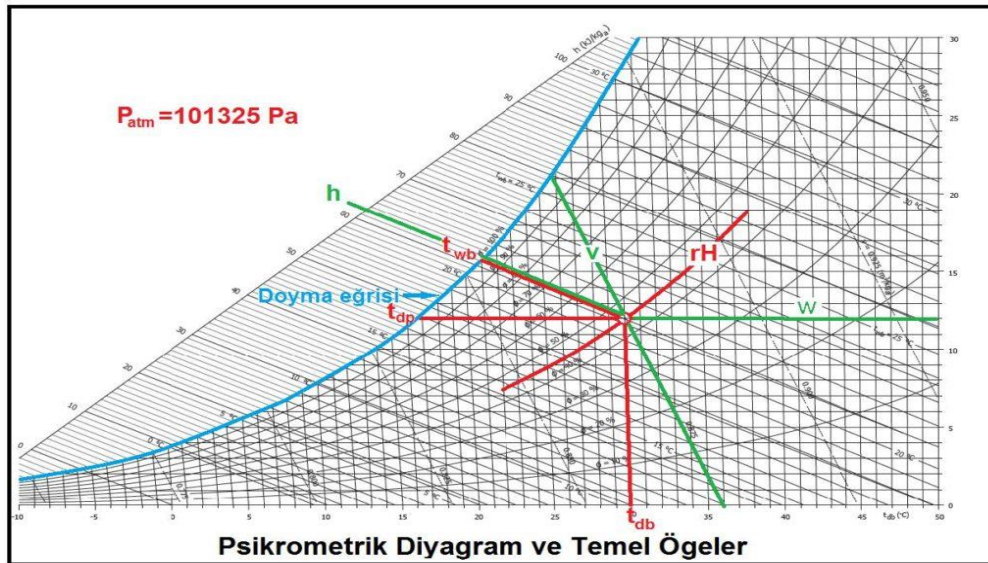
- Psikrometrik Diyagram

Psikrometri, nemli havanın termodinamik bağlamda özellikleri ve nemli havanın içindeki nem miktarının çeşitli malzemeler üzerindeki etkisini inceleyen bilim dalıdır. Bu bilim dalının kapsamında birçok mühendislik uygulamasında kullanılmak için hava özelliklerini belirten psikometrik diyagramlar geliştirilmiştir.

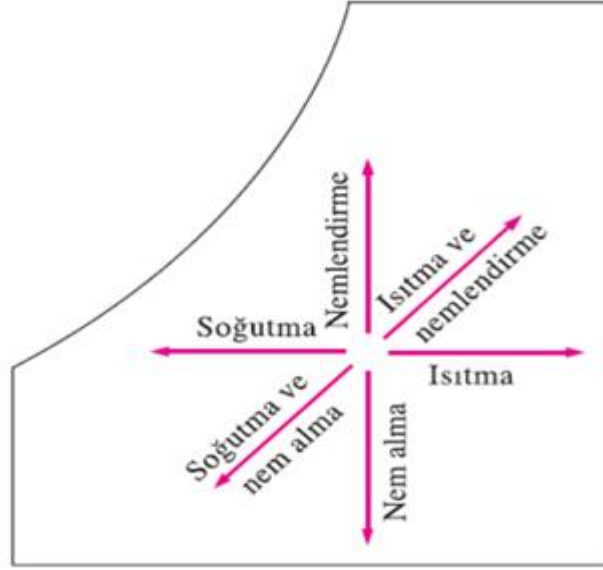
Önceki başlıklarda bahsedilen nemli havanın özellikleri bu psikometrik diyagramların kullanımında yardımcı olan ana kavramlardır.

Kurutma sistemleri için psikometrik diyagramların kullanılması şu şekilde gerçekleşir:

Kurutma havasının belirlenen sıcaklık ve bağıl nemdeki değerlerden, entalpi ve özgül nem değişkenleri tablonun ilgili kısmından okunur. Bu okunan değerler sistem için gereken kütle ve enerji denkliklerinin kullanılmasında yardımcı olur ve hesaplar yapılır. Ayrıca kurutma havasında olacak herhangi bir değişken -kurutma kabininden çıktıktan sonra bağıl nem değerinin artışı gibi- yine bu diyagram üstünden ilgili kısma getirilerek değişen değerlerin belirlenmesinde büyük katkı sağlar.



Şekil 2.20 Psikrometrik Diyagram ve Eğrilerin Anlamı



Şekil 2.21 Kurutma Prosesinin Psikrometrik Diyagram Üzerinde Gösterimi

- Kurutma Genel Hesap ve Verim Tanımları

Nem Alma Verimi

Kurutma havası tarafından alınan nem miktarının, kurutma havasının kurutucu sistem girişindeki özelliklerinin yeteceği ölçüde alabileceği maksimum nem miktarına nem alma verimi denir.

$$\eta = \frac{(\omega_2 - \omega_1)}{(\omega_a - \omega_1)}$$

Burada:

ω_2 : havanın kurutucu çıkışındaki özgül nemi,

ω_1 : havanın kurutucu girişindeki özgül nemi,

ω_a : kurutucu girişindeki adyabatik doyma özgül nemi

Kurutucu Isıl Etkinliği

Kurutulacak ürünün kurutucu girişindeki sıcaklıkta bulunan nemin, buharlaştırılması için gereken enerjinin kurutucuya verilen toplam enerjiye oranı olarak tanımlanmaktadır.

$$\text{Verim } (\eta) = \left(\frac{T2 \text{ Sıcaklığındaki nemin buharlaştırılması için gereken enerji}}{\text{kurutucuya sağlanan toplam enerji}} \right)$$

2.1.3 Sistem ile İlgili Deneysel Bilgiler

Yapılan çalışmada fındığın kurumasının teorik modellenmesi, ısı ve kütle transferi açısından ele alınmış ve aşağıdaki şartlarda deneyler yapılmıştır.

Deneysel şartlar aşağıdaki gibidir:

- Başlangıçta fındığın nemi yaklaşık %25-30,
- Ortalama kurutma havası hızı 0,2-1,0 m/s arasında,
- Kurutma havasının sıcaklığı 45 °C
- Kurutma havasının bağıl nemi 30-65 arasında,

2.1.3.1 Kütle Transferinin Belirlenmesinde Uygulanan Hesap Yöntemi

Her deney için fındık partilerine ait izafi fındık ağırlıklarından gerçek fındık ağırlıkları elde edilmiştir. Bir etüv yardımıyla tam kuru fındık ağırlıkları tespit edilmiştir. Deneylerden elde edilen değerler aşağıdaki bağıntı yardımıyla fındık parti ağırlıklarının zamana göre değişim grafikleri çizilmiştir.

$$f(t) = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e}$$

M_t : Fındığın t anındaki ağırlığı

M_e : Fındığın son ağırlığı

M_0 = Fındığın t=0 anındaki ağırlığı

Bu ifadeyle fındığın deneysel olarak \bar{M}_{av} - t eğrileri elde edildi.

2.1.4 Maliyet Hesabı

Projede malzeme seçimi yapılırken öncelikle sistem için malzemelerin ısı iletim katsayıları önemli bir etken olduğu için malzemelerin ısı iletim katsayıları göz önüne alınarak seçilmiştir. Fiyatlar ikinci planda kalmıştır.

Tablo 2.2 Maliyet Hesabı Tablosu

MALZEME	Ölçüler (mm)	Miktar (kg-Adet)	Birim Fiyatı	Fiyat (₺)
Galvaniz Sac	25x30 Kesit	90 kg	18 ₺/kg	1650 ₺
Debi Ayar Damperi	30x40 5 adet 25x30 1 adet	6 adet	150 ₺/adet	900 ₺
Ardunio Uno R3 Klon		2 adet	70 ₺/adet	140 ₺
DHT 22 Sensörü		6 adet	50 ₺/adet	300 ₺
Loadcell Yük Sensörü		5 adet	36,41 ₺/adet	182,05 ₺
HX-711		5 Adet	43,69 ₺/Adet	218,45 ₺
Peltier	40x40 mm	2 Adet	30 ₺/Adet	60 ₺
Peltier Fan Seti		2 Adet	125,46₺/Adet	250,92 ₺
LCD Display		1 Adet	86,07₺/Adet	86,07₺/Adet
Temperlenmiş Cam	32,5x32,5x8mm	5 Adet	60 ₺/Adet	300 ₺
12V Güç Kaynağı		1 Adet	50 ₺/Adet	50 ₺
Tahliye Musluğu		1 Adet	20 ₺/Adet	20 ₺
İşçilik				2200 ₺
Nakliye				1200 ₺
TOPLAM				7553,49 ₺

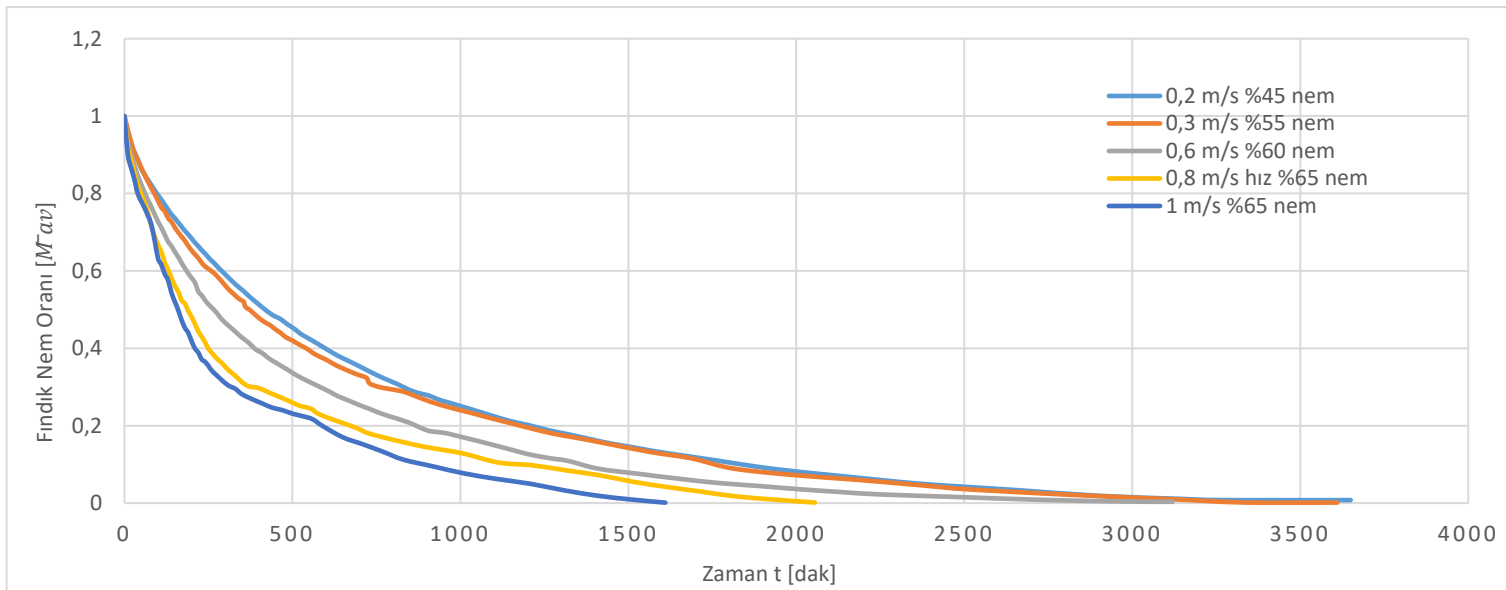
3. BULGULAR

Yapılması kararlaştırılan deneylerde hava sıcaklığı 45 °C’de sabit tutulacak, kurutma havasının bağıl nemi sırasıyla %45-%55-%60-%65-%65 şeklinde ayarlanacak ve son olarak ise kurutma havasının hızı damperlerle ayarlanarak sırasıyla 0,2 m/s, 0,3 m/s, 0,6 m/s, 0,8 m/s, 1,0 m/s şeklinde şartlandırılacaktır.

Bu şartlandırmalar sonucunda bütün deneyler için ilk 150 saniyeye kadar olan deney sonuçları ve deneyden elde edilen bütün değerlerin zamana göre değişimi aşağıdaki tablo ve grafikte gösterilmiştir.

0,2 m/s hız ve %45 nem		0,3 m/s hız ve %55 nem		0,6 m/s hız ve %60 nem		0,8 m/s hız ve %65 nem		1 m/s hız ve %65 nem	
Zaman	Nem Oranı	Zaman	Nem Oranı	Zaman	Nem Oranı	Zaman	Nem Oranı	Zaman	Nem Oranı
0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
10	0,9578	10	0,96402	10	0,93422	10	0,91851	10	0,89996
20	0,92671	20	0,93319	20	0,90203	20	0,88654	20	0,86589
30	0,90672	30	0,90382	30	0,87264	30	0,85248	30	0,83562
40	0,88784	45	0,87665	40	0,84535	40	0,82124	40	0,79856
50	0,86396	50	0,86711	60	0,80266	60	0,77546	60	0,76254
60	0,84897	60	0,84802	70	0,78307	70	0,75136	70	0,74214
70	0,83509	70	0,8304	80	0,76557	80	0,71542	80	0,71963
80	0,82177	80	0,81424	90	0,74598	90	0,68847	90	0,67812
90	0,80844	90	0,79809	100	0,72708	100	0,66741	100	0,63219
100	0,79567	100	0,7812	110	0,71169	110	0,64942	110	0,61556
110	0,78401	110	0,76358	120	0,69349	120	0,62171	120	0,59227
120	0,77124	120	0,75404	130	0,6753	130	0,60356	130	0,57568
130	0,75847	130	0,73642	140	0,6641	140	0,58183	140	0,54319
140	0,7457	140	0,72687	150	0,64941	150	0,56142	150	0,52071

Tablo 3.1 150 Saniyeye Kadar Olan Deney Sonuçları



Şekil 3.1 Yüzde Nemin Zamana Göre Değişimi

4. İRDELEME

Bu çalışmada 5 kanalda farklı debilerde kurutma yapabilen bir sistem tasarlanmış, üretimi gerçekleştirilmiş ve fındık üzerinde deneyler yapılmıştır.

Yapılan deneyler sonucunda fındığın kuruma işleminin literatürle ve modellenen kütle transfer yönteminde son derece uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Deney sonuçları şekil ...'de verilmiştir.

Yapılan çalışmada 0,2 m/s, 0,3 m/s, 0,6 m/s, 0,8 m/s, 1,0 m/s hava hızlarında kurutma ele alınmış olup, hava hızının artışının kurutma süresini azalttığı hem deney sonucu elde edilen Tablo 3.1'de hem de yüzde nemin zamana göre değişimi olan Şekil 3.1'de görülmektedir.

Ayrıca kurutma havasının %45-%55-%60-%65-%65 bağıl nemlerinde de kurutma süresine etkisi araştırılmıştır. Kurutma havasının yüksek bağıl nemlerinde kurutma süresi uzamakta olup, fındığın kurutma sonu nemi yüksek olmaktadır.

5. SONUÇLAR

5 kanallı değişken debili kurutma sistemi projesi, mekanik ve elektronik açıdan iki kısım olarak ve aynı zamanda bu iki kısmın birbirleriyle uyumu açısından irdelendiğinde hem teoride hem uygulamada bizlere birçok bilgi birikimi sağlamıştır. Bu projede tasarlanan kurutma sisteminin imalatı ve fındık üzerinde kurutma deneyleri yapılmıştır.

Proje sonunda yapılan imalat çalışmaları;

-İmal edilen sistemin mekanik ve elektronik tasarımı yapılmıştır.

-Oluşturulan tasarıma göre sistemin imalatı gerçekleştirilmiştir.

-Sistemde kullanılan Arduino için uygulama yazılımı geliştirilmiştir.

-İmal edilen projede kullanılan galvaniz sac bükme yoluyla şekillendirilip iskeleti oluşturmuştur.

-Arduinio ve sistemimize uygun Arduinio elemanları satın alınıp yazılımı sırasında sürekli test edilmiştir.

-Kalibre edilmiş durumda ölçümler gerçekleştirilmiş ve numunelerin kurutma etkinlikleri belirlenmiştir.

Bu proje aşamasında bazı problemlerle karşılaşmış ve optimum seviyede bunların çözüm yolları bulunmuştur. Kurutma uygulamasının da esasları göz önüne alınarak çalışma koşullarında maksimum sıcaklık kurutulan ürüne göre değiştirilecek, bağıl nem oranı ise %70 ile sınırlandırılacaktır. DHT 22 ve Loadcell hassasiyetleri, sistemin kararsız durumu en başlıca karşılaşılan problemdir. DHT 22'lerin sıcaklık algılama karşısında, hassasiyetleri sistemin sürekli rejime girmesi ile büyük oranda çözülmüştür.

Deneyler sonunda alınan sonuçlar ise;

-5 farklı kabindeki farklı hava hızlarında hava hızının artışı kurutma süresini azaltmıştır.

-Kurutma havasının bağıl neminin artışı ise kurutma süresini uzatmakta olup fındığın kurutma sonu nemi yüksek olmaktadır.

6. ÖNERİLER

-Sistemde kullanılan ve sinyalleri dönüştüren DHT 22 ve Loadcell sensörlerinin gerçek değerleri verebilmesi için doğru bir şekilde kalibre edilmesi gerekmektedir.

-Sensör ve elektronik bağlantıların anlaşılabilir şekilde yapılması gerekmektedir.

-Sisteme yerleştirilecek sensörlerin çalışma prensiplerine göre konumlarının iyi belirlenmesi gerekmekte ve tasarım buna göre yapılmalıdır.

-Kabin içi tepsilerin dengesi iyi ayarlanması gerekmektedir.

-Suni kurutma ile doğal kurutmanın ekonomik olarak karşılaştırılması gerekmektedir.

-Ortam havasının nemi iyi belirlenmeli ve sistem gereken konumlarda nem alıcı veya nemlendiriciyle beslenmelidir.

-Sisteme yazılacak program sayesinde sistem tamamen otomatik hale getirilebilir ve dışarıdan bir destek olmadan sistem kendi kendine optimum kurutma şartlarını sağlayabilir.

7.KAYNAKÇA

[1] Fındık Kurutma Şartlarının Belirlenmesi, Makine Yüksek Mühendisi Cevdet Demirtaş, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Temmuz 1996

[2] Elma Kurutulmasında Kullanılan Konvektif Tip Bir Kurutma Sistemi Tasarımı, Filiz Özgen, Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Ekim 2013

[3] Tarım Ürünlerinin Kuruma Karakteristiklerinin Belirlenmesi, Soner Şen, Yüksek Lisans tezi, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Konya, 2010

[4] Kivi Meyvesinin Kurutulmasında Kurutma Havası Hızının Kurumaya Etkisinin İncelenmesi, Selçuk Darıcı, Soner Şen

[5] Kabin Tipli Kurutma Sisteminde Kuruma Kinetiğinin Araştırılması Ve Sistemin Enerji-Ekserji Analizinin Yapılması, T.C. Yozgat Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Ramazan Demir, Yozgat 2019

[6] Tarımsal Ürünlerin Isı Pompası Destekli Olarak Kurutulması, Hakan Anıl Akgün, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kasım 2009

[7] Güneş Enerjisi Destekli Bir Kurutma Sisteminin Tasarımı, İmalatı Ve İlk Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi, Hasan Akman, Kamil Neyfel Çerçi, Ertaç Hürdoğan, Orhan Büyükalaca, Haziran 2018

[8] Sultani Çekirdeksiz Üzüm Çeşidinin (Vitis Vinifera L.) Güneş Enerjili Tünel Tipi Kurutucuda Kurutulması Ve Kurutucu Otomasyonu, Arif Köken, Isparta – 2019

[9] Meyve-Sebze Kurutma Makineleri İçin Arduino Tabanlı Neme Duyarlı Fan Kontrol Tasarımı, Faruk Kılıç, Ali Köse, Ekim 2017

[10] İsaeva, J. (2007). Kayısı Kurutmasının Deneysel ve Teorik Olarak Araştırılması, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 16.

[11] Termodinamik Mühendislik Yaklaşımıyla, [Yunus A. Çengel](#), [Micheal A. Boles](#) Kasım 2012 / 5. Baskı / 945 Syf.

[12] <https://www.ttmd.org.tr/PdfDosyalari/Dergi-Eki-36-1-1.pdf>

[13] <http://www.kurutma.net/>

- [14] <https://www.robotsepeti.com/>
- [15] <https://www.robotistan.com/>
- [16] <https://www.makinabizde.com/>
- [17] <https://www.rezistanssepeti.com.tr/>
- [18] <https://www.testo.com/>
- [19] <https://www.havalandirmagross.com/>
- [20] <https://www.kalelicati.com/galvaniz-duz-sac-c659.html>
- [21] <https://www.burendel.com/>
- [22] http://www.wch.cn/download/CH341SER_EXE.html
- [23] <https://www.prototipelektronik.com/>
- [24] <http://www.tekotomasyon.com/>

8. EKLER

Ek1: Deney sonucu elde edilen ölçümler tablosu

0,2 m/s hız ve %45 nem			0,3 m/s hız ve %55 nem			0,6 m/s hız ve %60 nem			0,8 m/s hız ve %65 nem			1 m/s hız ve %65nem	
Zaman	Nem Oranı		Zaman	Nem Oranı		Zaman	Nem Oranı		Zaman	Nem Oranı		Zaman	Nem Oranı
0	1		0	1		0	1		0	1		0	1
10	0,9578		10	0,96402		10	0,93422		10	0,91851		10	0,89996
20	0,92671		20	0,93319		20	0,90203		20	0,88654		20	0,86589
30	0,90672		30	0,90382		30	0,87264		30	0,85248		30	0,83562
40	0,88784		45	0,87665		40	0,84535		40	0,82124		40	0,79856
50	0,86396		50	0,86711		60	0,80266		60	0,77546		60	0,76254
60	0,84897		60	0,84802		70	0,78307		70	0,75136		70	0,74214
70	0,83509		70	0,8304		80	0,76557		80	0,71542		80	0,71963
80	0,82177		80	0,81424		90	0,74598		90	0,68847		90	0,67812
90	0,80844		90	0,79809		100	0,72708		100	0,66741		100	0,63219
100	0,79567		100	0,7812		110	0,71169		110	0,64942		110	0,61556
110	0,78401		110	0,76358		120	0,69349		120	0,62171		120	0,59227
120	0,77124		120	0,75404		130	0,6753		130	0,60356		130	0,57568
130	0,75847		130	0,73642		140	0,6641		140	0,58183		140	0,54319
140	0,7457		140	0,72687		150	0,64941		150	0,56142		150	0,52071
150	0,73626		150	0,71219		160	0,63611		160	0,54682		160	0,49889
160	0,72515		160	0,69971		170	0,62071		170	0,52436		170	0,47331
170	0,7146		170	0,68869		180	0,60672		180	0,51547		180	0,45285
180	0,7035		180	0,67768		190	0,59342		190	0,49639		190	0,43992
190	0,69406		190	0,66446		200	0,58153		200	0,48105		200	0,41813
200	0,68351		200	0,65272		210	0,56963		210	0,46254		210	0,39939
210	0,67296		210	0,64244		220	0,54654		220	0,44357		220	0,38862
220	0,66352		220	0,63289		230	0,53674		230	0,43014		230	0,37145
230	0,65353		230	0,62114		240	0,52414		240	0,41545		240	0,36511
240	0,64464		240	0,6116		250	0,51365		250	0,39876		250	0,35452
250	0,63465		265	0,59545		260	0,50525		260	0,38842		260	0,3422
260	0,62576		280	0,58223		275	0,49125		275	0,37341		275	0,32997
270	0,61743		295	0,56755		290	0,47446		290	0,36186		290	0,31752
280	0,608		310	0,55213		310	0,45836		310	0,34324		310	0,30356
295	0,59523		325	0,54038		330	0,44297		330	0,32912		330	0,29541
315	0,57801		340	0,52863		350	0,42757		350	0,31254		350	0,28117
335	0,56191		355	0,51982		370	0,41428		370	0,30172		380	0,26859
355	0,54747		360	0,50734		390	0,39748		400	0,29721		410	0,25749
375	0,53137		375	0,4978		410	0,38768		430	0,28571		440	0,24663
395	0,51694		390	0,48605		430	0,37369		460	0,27498		470	0,24018
415	0,5025		405	0,47504		450	0,36319		490	0,26379		500	0,23118
440	0,4864		420	0,46623		470	0,35269		520	0,25214		530	0,22468
465	0,47529		435	0,45888		485	0,345		555	0,24386		560	0,21668
485	0,46197		450	0,4486		515	0,3289		575	0,23157		590	0,19911

505	0,45086		465	0,43979		545	0,31561		615	0,21743		650	0,17008
525	0,43698		480	0,42878		575	0,30301		655	0,20546		710	0,15188
545	0,42699		500	0,41997		605	0,29041		695	0,19248		770	0,13256
580	0,40922		520	0,40969		635	0,27642		725	0,18069		830	0,11235
605	0,39589		545	0,39794		665	0,26592		775	0,16897		920	0,09456
635	0,3809		560	0,3884		695	0,25472		835	0,15642		1010	0,07689
665	0,36813		580	0,37886		725	0,24493		895	0,14513		1110	0,06212
695	0,35536		600	0,37078		755	0,23443		955	0,13647		1210	0,04963
725	0,34203		630	0,35609		785	0,22533		1015	0,12684		1310	0,03279
755	0,32926		660	0,34435		845	0,20854		1115	0,10452		1410	0,01889
785	0,3176		690	0,33333		905	0,18684		1215	0,09764		1510	0,00914
815	0,3065		720	0,32379		965	0,17915		1315	0,0845		1610	0,00112
845	0,29373		730	0,3091		1140	0,14066		1415	0,07175			
875	0,28429		760	0,29956		1200	0,12666		1515	0,05498			
905	0,27818		820	0,29002		1270	0,11547		1615	0,04159			
935	0,26763		850	0,28194		1320	0,10917		1715	0,02988			
965	0,25986		910	0,26211		1410	0,08887		1815	0,01783			
1025	0,24431		970	0,2467		1530	0,07558		1935	0,00894			
1085	0,22821		1030	0,23348		1650	0,06298		2055	0,00151			
1145	0,21266		1090	0,21953		1770	0,05178						
1205	0,201		1150	0,20631		1890	0,04409						
1265	0,18767		1210	0,1931		2010	0,03569						
1325	0,17712		1270	0,18062		2130	0,02869						
1385	0,16546		1330	0,17107		2250	0,02239						
1445	0,15436		1390	0,16153		2490	0,0154						
1505	0,14547		1450	0,15125		2730	0,0084						
1565	0,13604		1570	0,13142		2970	0,0042						
1625	0,12771		1690	0,11527		3120	0,00357						
1760	0,11049		1810	0,08957									
1880	0,09439		1990	0,07269									
2000	0,08162		2170	0,06094									
2120	0,07107		2350	0,04772									
2240	0,06052		2530	0,03451									
2360	0,05053		2910	0,01762									
2480	0,04331		3110	0,01028									
2660	0,03331		3340	0,00147									
2900	0,01888		3610	0,00135									
3140	0,0111												
3260	0,00777												
3650	0,00766												

ÖZGEÇMİŞ

Yunus Emre BAYRAKTAR

04.05.1999 yılında Bursa'da doğdu. İlkokula 2006 yılında başlayıp İnegöl Vehbi KOÇ İlköğretim Okulundan mezun oldu, 2013 yılında başladığı lise eğitimini Yeniceabat Anadolu Lisesinde tamamlayıp 2017 yılında mezun oldu. 2017 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünde Lisans eğitimine başladı ve halen devam etmektedir. Yabancı dil olarak ileri düzey İngilizce bilmektedir.

E-mail: yunusbayraktar99@gmail.com

Osman Şahin ASLAN

17.06.1999 yılında İstanbul'da doğdu.2006 yılında başladığı İlköğretimini İstanbul'da Yıldıztepe İlköğretim Okulunda, 2013 yılında başladığı lise eğitimini Ataköy Cumhuriyet Anadolu Lisesinde tamamlayıp 2017 yılında mezun oldu. 2017 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünü Lisans eğitimine başladı ve halen devam etmektedir. Yabancı dil olarak İngilizce ve Japonca bilmektedir.

E-posta: prehide61@gmail.com

Caner BAKIR

19.06.1996 tarihinde Sivas'ta doğdu. 2002 yılında başladığı İlköğretimini Sivas'ta Yavuz Selim İlköğretim Okulunda, 2010 yılında başladığı lise eğitimini Sivas Selçuk Anadolu Lisesinde tamamlayıp 2014 yılında mezun oldu. Lisans eğitimine 2015 yılında Konya Selçuk Üniversitesi Makine mühendisliği Bölümüne başlamış olup, daha sonra 2016 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümüne geçiş yaparak bu bölümde Lisans eğitimine halen devam etmektedir. Yabancı dil olarak İngilizce bilmektedir.

E-posta: Canerrbakir@gmail.com

Yasin ÇAĞAN

09.02.1998 yılında Kırıkkale’de doğdu. İlköğretimini 2012 yılında Kırıkkale Şehitler İlköğretim okulunda, lise eğitimini 2016 yılında Özel Gözdesen Kolejinde tamamlayıp mezun oldu. 2016 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümüne başlamıştır ve devam etmektedir. Yabancı dil olarak İngilizce bilmektedir.

E-posta: yasin_0209@hotmail.com

Mert ÖZKAN

16.07.1998 yılında Gebze’de doğdu. İlkokula 2005 yılında başlayıp Kocaeli Gebze Ayşe Sıdıka ALIŞAN İlköğretim Okulundan mezun oldu, 2012 yılında başladığı lise eğitimini ENKA Teknik Okullarında tamamlayıp 2016 yılında mezun oldu. 2016 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünde Lisans eğitimine başladı ve halen devam etmektedir. Yabancı dil olarak orta düzey İngilizce bilmektedir.

E-posta: mertozkan.phone@gmail.com