



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TARHANANIN FARKLI KURUTMA
YÖNTEMLERİ İLE KURUTULMASI VE
OPTİMUM KURUTMA ŞARTLARININ
BELİRLENMESİ**

Gavsı AVCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı

Temmuz-2023
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARHANANIN FARKLI KURUTMA
YÖNTEMLERİ İLE KURUTULMASI VE
OPTİMUM KURUTMA ŞARTLARININ
BELİRLENMESİ

Gavsı AVCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Özgür DEMİR

Temmuz-2023
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL ve ONAYI

Gavsav AVCI tarafından hazırlanan ‘‘Tarhananın farklı kurutma yöntemleri ile kurutulması ve optimum kurutma şartlarının belirlenmesi’’ adlı tez çalışması .../.../... tarihinde aşğıdaki jüri tarafından oy birliğı / oy çokluğı ile Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. Hüseyin KOÇ
Muş Alparslan Üniversitesi, Mühendislik ve
Mimarlık Fakültesi,
Elektrik – Elektronik Mühendisliğı Bölümü

.....

Danışman

Dr. Öğretim Üyesi Özgür DEMİR
Muş Alparslan Üniversitesi,
Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi,
Makine Mühendisliğı Bölümü

.....

Üye

Dr. Öğretim Üyesi Mustafa Kemal BAKİ
Sinop Üniversitesi,
Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi,
Makine Mühendisliğı Bölümü

.....

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Gavsı AVCI

Tarih: 11 / 07 / 2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARHANANIN FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİ İLE KURUTULMASI VE OPTİMUM KURUTMA ŞARTLARININ BELİRLENMESİ

Gavsı AVCI

Muş Alparslan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Özgür DEMİR

Yaşanan iklim değışiklikleri, ülkeler arası gerilimler ve tarım alanlarının gittikçe azalması gıdaların daha uzun ömürlü olmasını zorunlu hale getirmektedir. Tarhana geçmişten günümüze kadar gelen önemli gıda ürünlerinden birisidir. Her bölgede farklı yapım ve kurutma şekilleri sahip olduğu gibi içeriklerde, bölgelere hatta yörelere göre bile değışmektedir. Bu çalışma da Boşnak Tarhanası kullanılmaktadır. Boşnak tarhanası süzme yoğurt, un, Arnavut biber, sivri biber ve tuzdan oluşan ve fermente edilmeden kurutma yapılan bir tarhana çeşididir. Kurutma yöntemi olarak halojen lambalı ve termoelektrikli kurutma modülü ile 50°- 60°- 70° sıcaklıklarda 20 gr yaş ürün kurutma işlemlerine tabi tutulmuştur. Sistemde kurutma süresi 1 saat alınmıştır. Halojen lambalı kurutma sistemi de kurutma süresi maksimum kurutma süresine kadar devam etmiştir. Kurutma sonuçlarında enerji verimliliği, kurutma süresi ve ürün kalitesi gibi özellikleri değerlendirilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre Verim olarak bakıldığında 50 °C 'de halojen lambalı sistem için verim yaklaşık %51,28 çıkarken TEM 'li sistem için verim yaklaşık %71,43 çıkarak daha verimli olduğu görülmektedir. 60 °C 'de halojen lambalı sistem için verim yaklaşık %36 çıkarken TEM 'li sistem için verim yaklaşık %40,91 çıkarak daha verimli olduğu görülmektedir. 70 °C 'de halojen lambalı sistem için verim yaklaşık %19,35 çıkarken TEM 'li sistem için verim yaklaşık %24 çıkarak daha verimli olduğu görülmektedir. Özgül nem çekme oranı olarak bakıldığında 50 °C 'de halojen lambalı sistem için verim yaklaşık 0,072 çıkarken TEM 'li sistem için verim yaklaşık 0,133 çıkmıştır. 60 °C 'de halojen lambalı sistem için verim yaklaşık 0,076 çıkarken TEM 'li sistem için verim yaklaşık 0,105 çıkmıştır. 70 °C 'de halojen lambalı sistem için verim yaklaşık 0,071 çıkarken TEM 'li sistem için verim yaklaşık 0,094 çıkmıştır.

2023, 55 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Halojen lamba-tarhana-kurutma-termoelektrik-peltier-arduino-enerji

ABSTRACT

MS THESIS

DRYING TARHAN WITH DIFFERENT DRYING METHODS AND DETERMINING THE OPTIMUM DRYING CONDITIONS

Gavsı AVCI

Muş Alparslan University
Natural and Applied Science
Department of Nuclear Energy and Energy Systems

Advisor: Assist Prof. Dr. Özgür DEMİR

The living climate siege, tensions between countries and the imperative to make food last longer, where agriculture should last forever. Some of the important food products in the history of tarhana. Each region has different production and drying, as well as the contents, even depending on the region. In this study, Bosnian Tarhanası user. Bosnian tarhana is a type of tarhana made of strained yogurt, flour, cayenne pepper, sharp pepper and salt and made by drying without fermenting. As a drying method, 50°-60°-70° house 20 gr wet product was dried with a halogen lamp and thermoelectric drying chamber. The drying time in the system was taken as 1 hour. In the halogen lamp drying system, the drying time continued until the maximum drying time. In the drying results, features such as energy consumption, drying time and product quality were evaluated.

According to the results obtained, it is seen that the efficiency of the cell at 50 °C is approximately 51,28% for the halogen lamp system, while the efficiency is 71.43% more efficient for the system with TEM. At 60 °C, the efficiency for the halogen lamp system is about 36%, while the efficiency for the system with TEM is approximately 40.91% more efficient. For the system with halogen lamps at 70 °C, the efficiency is approximately 19.35%, while the efficiency for the system with TEM is approximately 24% more efficient. As the specific moisture absorption rate, the fiber yield was approximately 0.072 for the halogen lamp system at 50 °C, while the efficiency for the system with TEM was approximately 0.133. At 60 °C, the efficiency for the system with halogen lamp was approximately 0.076, while the efficiency for the system with TEM was approximately 0.105. At 70 °C, the efficiency for the system with halogen lamp was approximately 0.071, while the efficiency for the system with TEM was approximately 0.094.

2023, 55 Pages

Keywords: Halogen lamp-tarhana-drying-thermoelectric-peltier-arduino-energy

TEŞEKKÜR

Bu tez çalıŐmasının planlanması ve oluŐturulması sűresince bilimsel tecrűbeleri ile yol gűsteren ve ihtiyaç duyduĐumda yardımlarını hiç esirgemeyen tez danıŐmanım sayın Dr. ŐĐretim Őyesi Őzgűr DEMİR' e ve eĐitim aldıĐım sűre zarfınca bilgilerinden faydalandıĐım tűm bűlűm hocalarıma teŐekkűr ederim.

Tűm yaŐamım boyunca maddi manevi destek olan aileme, kardeŐim İbrahim SARITAŐ'a, abim Prof. Dr. Kamil SARITAŐ'a, yűksek lisans eĐitimimin yanı sıra her zaman bana destek olan eŐim Ferdi AVCI'ya ve oĐullarım Hűseyin Burak, Hasan Furkan ve Ali Eren'e çok teŐekkűr ederim.

Gavsav AVCI
MUŞ-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Kurutmanın Tarihsel Gelişimi	1
1.2 Kurutma Sistemlerinin Sınıflandırılması	2
1.3 Teknik Kurutma ve Doğal Kurutmanın	5
1.4 Tarhananın Özellikleri	6
1.5 Hazır Çorba Sanayisi ve Tarhananın Yeri	8
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	9
3. MATERYAL ve YÖNTEM	11
3.1 Deney Sisteminin Tasarımı.....	11
3.1.1 Mekanik Bileşenler	11
3.1.2 Termoelektrik modüller	12
3.1.3 Elektronik Bileşenler	18
3.1.3.1 Termoelektrik modül ve fanların özellikleri.....	19
3.1.3.2 Dimmer devresinin özellikleri	20
3.1.3.3 Güç kaynağının özellikleri.....	20
3.1.3.4 Wattmetre'nin özellikleri.....	21
3.1.3.5 Halojen lambalı kurutma sistemi	22
3.1.3.6 Röle kontrol kartı özellikleri.....	24
3.1.3.7 Arduino yapısı ve çalışması	24
3.1.4 Yazılım kısmı.....	27
3.1.4.1 Arduino Ide arayüz programı.....	27
3.1.4.2 Matlab-Simulink programına Arduino kütüphanesinin eklenmesi.....	28
3.1.4.3 NTC sıcaklık sensöründen sıcaklık okunması ve Matlab Simulink modeli ...	29
3.2 Sistemin Genel Görünümü.....	31
3.3 Teorik Analiz	33
3.4 Tarhananın Yapılışı ve Deney Süreci	35
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	38

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	44
KAYNAKLAR	46
EKLER	49
ÖZGEÇMİŞ	55



SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

m_Y	Yaş ürün kütlesi
m_K	Kuru ürün kütlesi
M_o	İlk kütle
N_O	Nem oranı
E_s	Özgül enerji tüketimi
E_t	Toplam enerji
W_R	Örnekten uzaklaştırılan suyun kütlesi
m_{su}	Üründen çekilen su kütlesi
Q_h	Kurutucuda harcanan enerji
ΔT	Sıcaklık Farkı
T_h	Isıtılan yüzey sıcaklığı
T_c	Soğutulan yüzey sıcaklığı
α_A	A metalinin seebeck katsayısı
α_B	B metalinin seebeck katsayısı
α_{AB}	Isıl çiftin seebeck katsayısı
$Q_{peltier}$	Peltier ısısının
Π_{AB}	Peltier katsayısı
I	Akım
T	Maksimum işletme sıcaklığı
Q_{max}	Maksimum soğutma gücü
ΔT_{max}	Maksimum sıcaklık farkı
V_{max}	Maksimum giriş voltajı
I_{max}	Maksimum akım
R	Direnç
\dot{Q}_g	Giren enerji
$\dot{Q}_ç$	Çıkan enerji
η_s	Sistem verimi

Kısaltmalar

pH	Asitlik derecesi
FDM	Faz değiştirici parafin malzeme
NTC	Negatif sıcaklık katsayılı
TE	Termoelektrik
TES	Termoelektrik Modül Soğutucu
DC	Doğru Akım
AC	Alternatif Akım
dB	Ses seviyesi.
KWh	Kilowatt saat
Wh	Watt saat
LCD	Likid Kristal Display
NC	Normalde kapalı
NO	Normalde açık
COM	Ortak uç

KB	Kilobyte
USB	Evrensel veri yolu
I/O	Giriş/Çıkış
GND	Toprak (- uç)
MR _K	Kuru esasa göre hesaplanan nem miktarı;
MR _Y	Yaş esasa göre hesaplanan nem miktarı;
SMER	Özgül nem çekme oranı denir



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1 Kurutma sistemleri (Demir, 2012)	3
Şekil 1. 2 Güneş enerjili kurutucular (Demir, 2012)	4
Şekil 1. 3 Güneşte kurutma (Anonim, https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/185330/mod_resource/content/1/11-Do%C4%9Fal%20ve%20Yapay%20Kurutma.pdf , Erişim tarihi:05/06/2023).....	5
Şekil 1. 4 Yapay kurutucular (Anonim, https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/185330/mod_resource/content/1/11-Do%C4%9Fal%20ve%20Yapay%20Kurutma.pdf , Erişim tarihi:05/06/2023).....	6
Şekil 3. 1 Termoelektrik modüllü kurutma sisteminin çizimi	11
Şekil 3. 2 Klasik Seebeck etkisinin uygulaması (Lee, 2017)	13
Şekil 3. 3 Seebeck etkisi (Lee, 2017)	13
Şekil 3. 4 Peltier ve Thomson etkisi (Lee, 2017)	14
Şekil 3. 5. Peltier Etkisi, TE Soğutma (Rowe, 2006).....	15
Şekil 3. 6. P ve n tipi Elemanların Elektrik ve Isı İletimi Mekanizması (https://www.tec-microsystems.com/faq/thermoelectric-coolers-intro.html).....	17
Şekil 3. 7. P ve n tipi Elemanların Elektrik ve Isı İletimi Mekanizması (https://www.tec-microsystems.com/faq/thermoelectric-coolers-intro.html).....	18
Şekil 3. 8. Termoelektrik Soğutucu Modül ve Bileşenleri (Anonim, https://www.tec-microsystems.com/faq/thermoelectric-coolers-intro.html , Erişim tarihi:05/06/2023).....	18
Şekil 3. 9. TEC1-12705 Termoelektrik modül	19
Şekil 3. 10. DC 12V 40x40x10 mm TEC1-12705 Termoelektrik modül	20
Şekil 3. 11. DC 6 - 28V 3A dimmer devresi	20
Şekil 3. 12. DC güç kaynağı	21
Şekil 3. 13. RZ CQ-836EU Wattmetre.....	22
Şekil 3. 14. Halojen lambalı kurutma sistemi.....	22
Şekil 3. 15. Tekli 5V 10A röle kartı	24
Şekil 3. 16. Arduino Uno (Anonim, https://www.etkilesimliogrenme.com/arduino-nedir Anonim, https://www.tec-microsystems.com/faq/thermoelectric-coolers-intro.html , Erişim tarihi:06/06/2023).....	25
Şekil 3. 17. Arduino Uno pin şeması (Anonim, https://linuxhint.com/arduino-uno-pinout-guide/ , Erişim tarihi:06/06/2023)	27
Şekil 3. 18. Arduino IDE görünümü.....	28
Şekil 3. 19. Matlab-Simulink'e arduino kütüphanesinin eklenmesi.....	29
Şekil 3. 20. Sıcaklık okuma ve arduino okuma genel simulink modeli	30
Şekil 3. 21. Sıcaklık okuma subsystem simulink modeli	30
Şekil 3. 22. Aç/kapa kontrollü simülasyon modeli.....	31
Şekil 3. 23. Sistemin genel görünümü	31
Şekil 3. 24. NTC ve röle kartının board bağlantısı	32
Şekil 3. 25. Arduino Uno bağlantısı	32
Şekil 3. 26. Sıcaklığı kontrol edilecek hacim	33
Şekil 3. 27 Deney yapım aşamaları	36
Şekil 3. 28 Üretilen Tarhana hamuru.....	37
Şekil 3. 29 Farklı sistem ve sıcaklıklarda kurutulmuş olan Tarhananın resimleri	37
Şekil 4. 1 Cihazların deneylerde harcadığı güç değerine göre kurutma yüzdeleri	38
Şekil 4. 2 Cihazların deneylerde harcadığı güç değerine göre kurutulan ağırlıklar	40
Şekil 4. 3 SMER değerleri.....	41
Şekil 4. 4 Cihazların deneylerde harcadığı toplam güç değerleri.....	42

Şekil 4. 5 Güç değeri olarak termoelektrik modül ile elde edilen net kazanç	42
Şekil 4. 6 Sistem verimleri	43



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3. 1. TEC1-12705 Termoelektrik modülün özellikleri.....	19
Çizelge 3. 2. 40x40x10 mm ince kasa fanı özellikleri.....	20
Çizelge 3. 3. RZ CQ-836EU wattmetre özellikleri	21
Çizelge 3. 4 Kullanılan ölçü aletleri ve özellikleri	23
Çizelge 3. 5. Arduino Uno teknik özellikleri.....	26
Çizelge 3. 6. Arduino Uno R3 kart özellikleri.....	26
Çizelge 3. 7 Kullanılan birimler	34
Çizelge 4. 1 Kurutma Yüzdesi ve Harcanan Güç Değerleri.....	38
Çizelge 4. 2 Kurutulan Ağırlık ve Harcanan Güç Değerleri	39
Çizelge 4. 3 Toplam güç tüketimi değerleri	40
Çizelge 4. 4 SMER değerleri.....	40
Çizelge 4. 5 Sistem verimleri	43



1. GİRİŞ

İnsanlar yerleşik hayatla birlikte yeme içme alışkanlıklarını da çeşitlendirmişlerdir. Elde kalan fazla ürünleri sağlığa uygun bir şekilde değerlendirmek, uzun süre kalitesi değişmeden saklamak ve mevsimi olmasa da ürünlerin farklı formlarına ulaşabilme isteği, insanları gıdaları saklamaya ve uzun süre bozulmadan korunabilmesi için yeni fikirlere açık hale getirmiştir. Gıdaları uzun süre saklama yöntemleri ürün kaybının da önüne geçerek tasarruf sağlamıştır. Geçmişten günümüze birçok saklama yöntemi mevcuttur: Soğuk mağaralarda saklama, güneş altında kurutma, tuzlama, baharatlandırma, salamura, turşu vb.

1.1 Kurutmanın Tarihsel Gelişimi

Kurutma gıda içerisindeki nem ve sıvının belli bir değerin altına indirilmesi işlemidir. Gıdalarda bulunan su gıdanın zaman içinde bozulmasına neden olur. Kurutma işlemi direk güneş altına serilerek yapılabileceği gibi farklı şekillerde de olmaktadır. En ucuz ve geleneksel yöntem güneş altına sererek kurutmadır. Güneş altına direk serilen ürünler dış hava şartlarına karşı açıktır. Yağmur, rüzgâr, sıcaklık, nem, böcek vb. her türlü dış etkenden etkilenirler. Ürünler dış etkilere korunmazsa ya da sıcaklık belli değerin altında olursa üründe kalite kaybı ve bozulmalar olur.

Geçmişte en çok kullanılan kurutma yöntemi güneş altına sererek, gölgede ve ön pişirme gibi yöntemler olmuştur. Güneş enerjisi dış şartlar kontrol altına alınamadığı zaman ürün kayıplarına sebep olmaktadır.

1973 yılındaki küresel kriz enerji konusunda yeni yöntemlere açık hale getirmiştir. Ülkemizin enerji konusunda kaynakları kısıtlı olmasına rağmen güneş enerjili kurutmalar çoğu bölgesi için uygundur.

Kurutma işlemlerinde zaman, enerji ve maliyet kavramlarına bakıldığında kurutma işleminin, enerji tüketimi yönünden optimizasyonu mecburi olmaktadır. Teknolojinin verimli kullanımı önemli düzeyde enerji tasarrufu sağlamaktadır. Kurutma sisteminin tasarlanmasında amaç, az enerji ile kısa sürede en kaliteli ürünü ortaya koymaktır (Demir, 2012).

Kurutma gıda içerisindeki nem ve sıvının istenilen değerlere çekilmesi işlemidir. Gıdalarda bulunan su gıdanın zaman içinde bozulmasına neden olur. Kurutma işlemi direk güneş altına serilerek yapılabileceği gibi farklı şekillerde de olmaktadır. En ucuz ve geleneksel yöntem güneş altına sererek kurutmadır. Güneş altına direk serilen ürünler dış

hava şartlarına karşı açıktır. Yağmur, rüzgâr, sıcaklık, nem, böcek vb. her türlü dış etkenden etkilenirler. Ürünler dış etkilerden korunmazsa ya da sıcaklık belli değerin altında olursa üründe kalite kaybı ve bozulmalar olur.

Bu çalışmada değerlendirilecek olan gıda tarhanadır. Tarhana ülkemizde her yörede farklı yapım şekillerine ve içeriklere sahiptir. Genel olarak çeşitli sebzelerin un ile karışımı ile yapılır. İçeriğine göre besin değeri de değişmektedir. İçeriği kadar yapım şekilleri de farklılık arz eder. Direk karışım yapılan malzemeler kurutulduğu gibi 3-5-7 ya da 21 günlük fermente süreleri olan çeşitleri de mevcuttur. Genel olarak sebzelerin bol ve ucuz olduğu zamanlarda yapıldığı için ekonomiktir.

Aynı zamanda gelişen teknoloji ve artan nüfusa paralel olarak tüketilen enerjide artmaktadır. Yakın gelecekte elektrik üretiminde çoğunlukla kullanılan fosil yakıtların tükeneceği düşünülürse, enerjinin en verimli şekilde kullanılmasının önemi açıkça görülmektedir.

Bu çalışmadaki amaç, termoelektrik modül kullanılarak bir kurutma sistemini tasarlanmıştır. Tasarlanan cihazda Boşnak tarhanası kurutulmuştur. Halojen lambalı kurutma sistemine sahip olan cihazda aynı işlemi tekrar yapılmıştır. Bu işlemler yapılırken her iki sistemde de harcanan toplam güç belirlenmiştir. Son olarak harcanan enerjilerin kıyaslaması yapılmıştır. İki sistem içinde harcanan güç değerleri elde edildikten sonra tablo haline getirilerek enerjinin optimum olarak kullanıldığı sistemin belirlenmesidir.

1.2 Kurutma Sistemlerinin Sınıflandırılması

Kurutma meyve ve sebzelerin bünyesindeki % 98'lere kadar çıkmakta olan sıvının %3'lere kadar azaltılarak dayanımlarını arttırmak ve bozulma sürelerini mümkün olan en uzun süreye çıkarma işlemidir. Gıda maddesinin içindeki sıvıyı bu oranlara düşürebilmek için insanlık tarihi boyunca çeşitli kurutma yöntemleri geliştirilmiştir (Çolak Güneş,2009).

Kurutma olayında asıl gerçekleşen dışarıdan verilen ısı yardımıyla ürün ile nem arasındaki bağlantının zayıflatılmasıdır.

Kurutma işlemi sırasında hangi kurutma yönteminin ve bu yöntem için hangi tip kurutucunun kullanılacağı ortamın fiziksel durumuna göre ve kurutulacak materyalin niteliklerine göre değişmektedir.

Ülkemizde en çok toprak ve beton sergi yerlerine, bez, vb. örtüler üzerine ürünün serilmesiyle sebze ve meyvelerin kurutulması işlemi gerçekleştirilmektedir (Anonim, 2023).

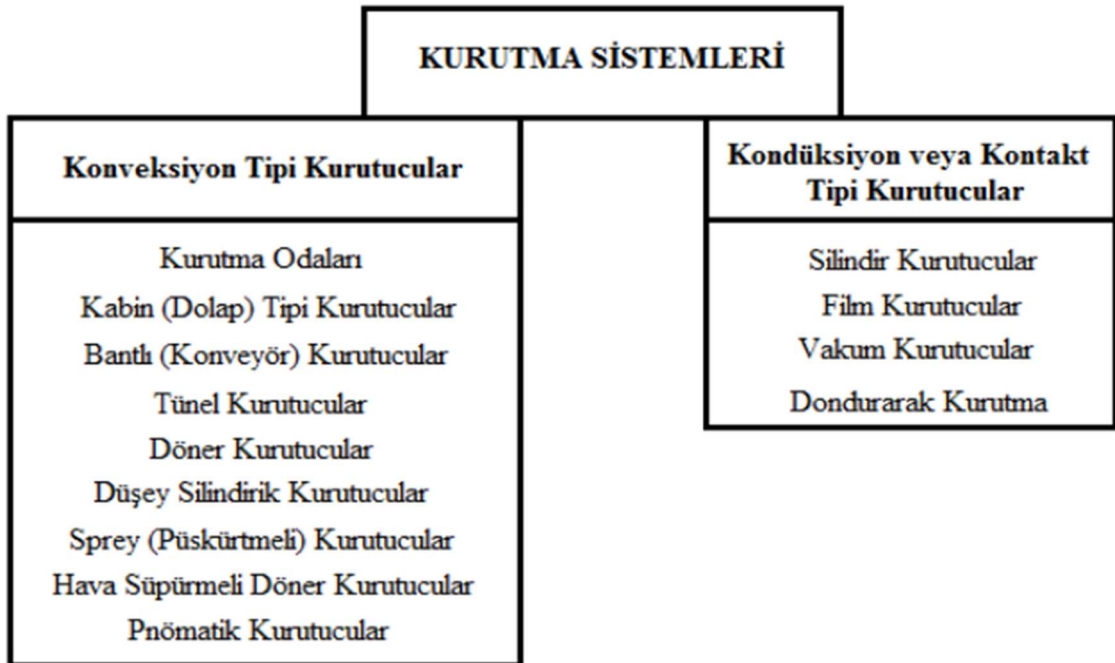
İçerisinde yeterli ısı bulunan bir ortama kurutma amacıyla nemli bir ürünün kuruması için geçirdiği üç evre mevcuttur.

- Isınma evresi,
- Durağan (sabit) kuruma hızı evresi,
- Azalan kuruma hızı evresi.

Kurutma uygulamalarından sağlanan yararlar,

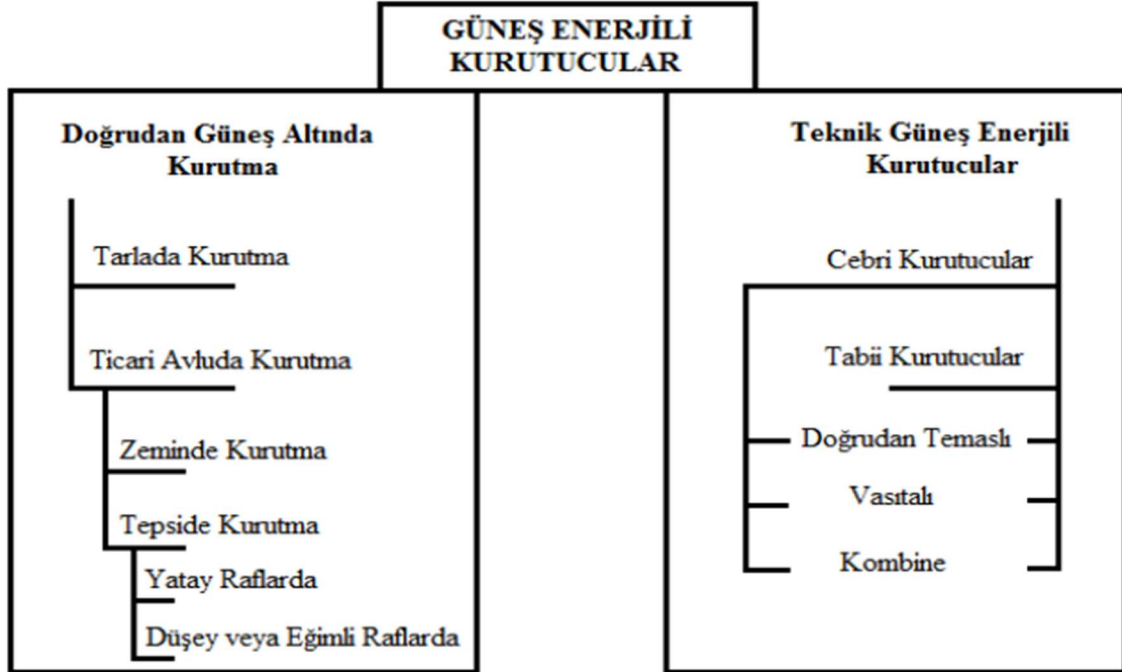
- Ürün bozulmadan uzun süre dayanabilir.
- Tohumların çimlenme yetenekleri korunur.
- Ekonomik değeri olan yeni ürünler elde edilir.
- Ürün artıkları yeni bir alanda değerlendirilebilir.
- Ürünlerin daha erken hasat edilmesine olanak sağlar.

Kurutma sistemlerini ikiye ayırabiliriz (Demir, 2012):



Şekil 1. 1 Kurutma sistemleri (Demir, 2012)

Güneş kullanılarak yapılan kurutmaları geleneksel ve güneş enerjisinden faydalanılarak yapılan sistemler olarak da gruplandırabiliriz (Demir, 2012).



Şekil 1. 2 Güneş enerjili kurutucular (Demir, 2012)

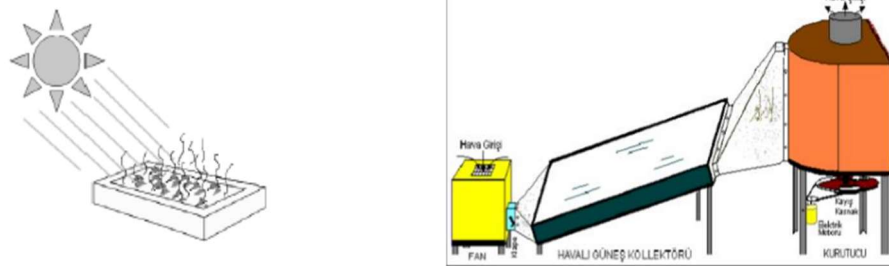
Tarhananın içindekiler ve yapım süreci kalitesini etkilemektedir. Geleneksel kurutma yöntemi gölgede kurutma ve güneşte kurutma olsa da gölgede kurutma yöntemi daha verimli sayılmaktadır. Kurutma aşamasında üzerine çok ince serilen örtüler hava geçişini sağlar, rengin istenilen düzeyde olmasını etkiler, aynı zamanda da üzerine gelecek böcek vb etkenlerle teması önler.

Tarhananın kurutulması ev şartlarında güneşte ya da gölgede tercih edilirken sanayi koşullarında kurutma genelde fırında yapılmaktadır. Tarhan ev ortamında temiz bez üzerine ince bir tabaka halinde sürülerek kurutulmaya bırakılır. Ara ara karıştırılır. Parçalar kurudukça küçültülür ve en son öğütülerek toz haline getirilir. Tarhana, pH (3,5-5) aralığındadır ve nem miktarı az olduğu için uygun koşullarda daha uzun süre (1-2 yıl) saklanıp kullanılabilir (Doruk, 2022).

1.3 Teknik Kurutma ve Doğal Kurumanın

Güneş ısısından faydalanılarak malzemelerde bulunan sıvı (su) miktarının düşürülmesi için yapılan en eski ve en kolay yöntem "doğal kurutma" denir. Bu durumun olumlu ve olumsuz tarafları vardır. Doğal kurutma yöntemi bazı ürünlerin yapısını, rengini ve kalitesini olumsuz etkilemektedir. Dış ortam şartlarını kontrol altında tutmak kolay olmayabilir (toz, rüzgar, yağmur, böcek vs). Aynı zamanda geniş alan ihtiyacı vardır. Güneş sıcaklığına bağlı ısıtma hızı ve kurutma süresi değişkenlik gösterir. Ürünlerdeki nem oranı çoğunlukta %15 su oranından daha aşağıya düşürülemez. Bu dezavantajları nedeniyle doğal kurutma her ürüne yapılamaz ve her ürün için ısı miktarı yeterli olmayabilir (Soysal 2004).

Güneşte kurutma, güneş kollektörlü kurutma, dondurarak kurutma yöntemleri doğal kurutma yöntemleri içerisinde bulunmaktadır.



Şekil 1. 3 Güneşte kurutma (Anonim, https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/185330/mod_resource/content/1/11-Do%C4%9Fal%20ve%20Yapay%20Kurutma.pdf, Erişim tarihi:05/06/2023).

Kurutma işleminin kapalı ortamlarda ve kontrol edilebilir koşullarda uygulanması işlemine "yapay kurutma" denir. Yapay kurutma ya da teknik kurutma ürün kalitesi etkilenmeden ürünlerdeki sıvının büyük bir kısmının uzaklaştırılmasıdır. Kurutulmuş gıdalarda en önemli etken kurutma öncesi ve sonrası gıdaların kalite olarak benzer özellik göstermeleridir (Teymur 1999).

Kabin kurutucularla, tünel kurutucularla, konveyör kurutucularla yapılan kurutmalar ve diğer kurutma çeşitleri yapay kurutma yöntemleri içerisinde bulunmaktadır.



Şekil 1. 4 Yapay kurutucular

(Anonim, https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/185330/mod_resource/content/1/11-Do%C4%9Fal%20ve%20Yapay%20Kurutma.pdf, Erişim tarihi:05/06/2023).

1.4 Tarhananın Özellikleri

Tarhana geçmişten günümüze kadar yerini koruyarak gelen en eski çorba çeşitlerinden biridir. Tarhana geleneksel ve aynı zamanda yöresel bir üründür. İçerikleri kadar yapım süreçleri ve kurutma tarzları da farklılık göstermektedir. Tarhana içerisindeki karışımlara ve fermente türüne göre protein, yağ, selüloz, demir, çinko, magnezyum, kalsiyum, sodyum, potasyum, B1, B2 gibi birçok mineral ve vitamin içermektedir.

Tarhananın fermente olarak yapılması vitamin içeriğini olumlu etkilemekte ve içerisinde bulunan tahıllarında kolay sindirilmesini sağlamaktadır. Tarhananın içerisindeki vitaminler, mineraller ve sindiriminin kolay olması bağışıklık sistemini de olumlu etkilemektedir.

Aynı zamanda probiyotik ve prebiyotik olması, bağışıklık sistemini desteklemesi hem bebek hem de diğer insanlar için besleyiciliği ve bağırsak sağlığına etkisi yüksek bir besindir (Doruk, 2022).

Günümüzde tarhananın üretimine dair kaynaklar yetersizdir. Bu durum tarhananın kişilerin kendi ev içerisindeki ihtiyacı karşılamaya yönelik yaptıkları ile açıklanmıştır. TS 2282 tarhananın dört çeşit olduğunu belirtir. Ancak tarhananın tarif çeşitliliği, bölgelerde, yörelerde hatta yapan kişilerin imkânları ile çeşitlilik göstermektedir. TS 2282 de ifade edilen tarhana çeşitleri un tarhanası, göçe tarhanası, ırmık tarhanası, karışık tarhanadır.

Ev içerisinde yapılan ve tüketilen tarhana un, yoğurt, domates, soğan, karabiber ve aromatik bitkiler gibi malzemelerin karıştırılıp yoğrulması, fermantasyon sürecinin yapılması, uygun şartlarda kurutulması ve öğütülmesi aşamalarından oluşur. Bazı yerlerde fermente sürecini etkilemek amaçlı maya eklenmektedir (TS 2282, 2004). Evde

tarhana yapanların azalması, zaman alıcı bir işlem olması, el emeği istemesi ve sağlıklı besin olarak tarhanaya talebin artması ticari olarak üretimi beraberinde getirmiştir.

Tarhananın içerisinde bulunan tahıllardan ve sebzelerden bitkisel protein ve vitaminler, süt ürünlerinden hayvansal proteinler ve bunların fermentasyonu ile zengin içerik oluşmaktadır(Üçok ve ark. 2019). Tarhana üretim süreci 4 basamaktan oluşur.

1. Hamur Karışımı
2. Fermantasyon (30-35°C de 1-3-5-7-21 gün arasında)
3. Kurutma
4. Öğütme

Tarhana; temel malzemeleri un ve yoğurda eklenen soğan, domates, tuz, biber, nane gibi pişmiş ya da çiğ sebze ve aromatik bitkilerin karıştırılarak, 1 ile 21 gün arasında fermente edilir. Un ve yoğurt miktarı çoğunlukta eşit oranda yapılmasına rağmen bölgeden bölgeye değişmektedir. Tarhana hazırlanırken sebzeler temizlenir, doğranır çiğ ya da pişirilerek hamurla birleştirilir. Domates ve kırmızıbiber yerine domates ve biber salçası kullanılabilir. Bütün malzemeler bir müddet karıştırılarak homojen bir hamur elde edilir. Tüm malzemelerin hazırlanması, temizlenmesi, doğranması gerekiyorsa pişirilmesi ve birleştirilmesi ve malzemelerin birbirinin içinde özdeşleşmesiyle hazırlık süreci gerçekleştirilir.

Fermantasyonun etkin olabilmesi için sıcaklık aralığı önemlidir. Sıcaklık 30°-35°C arasında olmalıdır. Tarhana ev ortamında yapılıyorsa güneşe direk maruz kalmayan bir ortamda yapılır. Sanayi tipi tarhana üretiminde ise sıcaklığı ve nemi kontrol edilebilen koşullarda fermente işlemi yapılır. Sıcak havalı fırınlarda 30-35°C sıcaklıkta ve uygun nem aralığında işlem yapılmaktadır (Doruk, 2022).

Fermente işlemi; ürünü tat olarak (ekşimsi) etkilemenin dışında ürünün içeriğini de zenginleştirmektedir. Ürünün yapısı, dokusu, aroması, lezzeti oluşmaktadır. Klasik tarhana üretiminde alkol ve laktik asit fermantasyonları faaldir. Laktik asit yoğurttan kaynaklanır. Etil alkol fermantasyonu ise mayadan oluşmaktadır. Laktik asit, etil alkol ve karbondioksit tarhananın kendine özgü koku, tat ve lezzetini ortaya çıkarır. Fermantasyon süreci, tarhananın ekşi tadını belirleyen bir unsurdur. Bu durum her bölge ve yörede değişkenlik gösterir.

Tarhananın kurutma işlemi ev ve ticari üretimlerinde değişkenlik gösterir. Ev tipi üretimde güneşte kurutma ya da gölgede kurutma gerçekleştirilirken sanayi tipi (ticari)

üretimde ise kurutma fırınları kullanılır. Tarhana da yaş oranının yüksekliğinden dolayı kabuklaşma ve mikrobiyal bozulma oluşur. Bu nedenle nem oranı %10 ve daha düşük olmalıdır. Bu durum tarhananın raf ömrünü etkilemekte ve 2 yıla kadar rutubetsiz ortamlarda bez torba içerisinde muhafaza edilebilmektedir. Kurutma işlemi için hamurlar küçük ve ince tabakalar halinde temiz bir bez üzerinde güneşte ya da gölgede kurutulur. Ürünler kurumaya başladıkça ufalanır küçük parçalar haline getirilir. Daha sonra öğütülür ve toz gibi küçülür. Gerekirse öğütme işlemi tekrarlanır. Tarhananın, pH (3,5-5) değeri küçük olduğu ve nemi az olduğu için yaklaşık 1-2 yıl boyunca depolanabilmektedir (Erden, 2019).

Tarhananın bu çok uzun yolculukları sırasında sadece isminde değişiklik olmamıştır. Teknolojinin gelişmesi ile tarhana içine konan hammaddelerin, fermentasyon ve kurutma yöntemlerinin değiştirilmesiyle besin ögesi zenginliği ve daha hijyenik bir imalat üzerinde çok çeşitli araştırmalar yapılarak modernize edilmiştir

1.5 Hazır Çorba Sanayisi ve Tarhananın Yeri

Yoğun iş temposu, kadınların iş hayatındaki yerinin artması, yeme alışkanlıklarının değişmesi, yapımının kolay olması, taşıma ve saklama koşullarının kolaylığı gibi etmenler hazır çorbalara olan ilgiyi arttırmaktadır.

Hazır kuru çorbalarla ilgili çalışmalar çok az sayıdadır. Hazır çorbalıklar konsantre çorbalar, hızlı dondurulmuş çorbalar, hazır kuru çorbalar olmak üzere üç farklı formda tüketiciye sunulmuştur.

Konsantre çorbalar İngiltere’de konserve kutularında 2.Dünya Savaşından çok önceleri satılmıştır. 1959’da Amerika’nın İngiltere’de konsantre çorba fabrikası açması ile yeniden üretimi başlamıştır. Ancak yüksek sıcaklıklarda üretildiği için lezzeti olumsuz etkilemiştir.

Hızlı dondurulmuş çorbalar yüksek kalite ve lezzete sahiptir. Ancak üretim aşamasındaki ileri teknoloji, yüksek maliyet ve mutfak koşullarında saklanamaması önemli dezavantajlarıdır.

Hazır kuru çorbalar çeşitli karışım (bakliyat, un, sebze, aromatik bitkiler vb.) ve değişik yöntemlerle (kuru karışımlar, yaş ürünlerin birlikte fermente edilmesi gibi) elde edilen kuru, paketli, oda koşullarında saklanabilen ve pişirme süresi kısa olan gıda ürünüdür (Çoksaygılı, 2002).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Gültekin'in belirtmesine göre (Gültekin, 2016) Selçuk ve ark. (1974), meyve kurutma için ahşap çatılı, sade yapılı, az toprak kullanılarak maliyeti az birleşik raflı bir tip güneş kurutucusu yaparak deneyler gerçekleştirmişlerdir. Isı geçişine izin veren polietilen film tabakası kullanmışlardır. Güneş ışınımının emilmesi için iki kümes teli tabakasının arasına ince metal yongalardan yapılmış Matris tipi hava ısıtıcısı toplayıcı oluşturulmuştur (Gültekin, 2016).

Şanlıurfa' da sera tipi güneş enerjili kırmızıbiber kurutma üzerine yapılan çalışmada güneş enerjisini etkili kullanabilmek için kullanım ihtiyacı olduğu görülmüştür (Çakır, 2015).

Şanlıurfa' da zorlamalı konveksiyonlu güneş enerjili bir kurutucuda kırmızı biber kurutma işlemi deneysel olarak yapılmıştır (Koç ve ark., 2004).

Karadeniz Bölgesi nemli ve yağışlı bir bölge olduğundan dolayı fındık kurutma işlemlerin de kayıpların önüne geçmek ve ekonomik kurutma için güneş enerjili fırınlarda kurutma çalışmaları ekonomik ve verimli olmaktadır (Aktaş ve ark., 2004). Güneş enerjili çotanaklı fındık kurutma üzerine yapılan diğer bir çalışma ise şöyledir: panellerde ısıtılan su devir-daim pompası yardımı ile kurutma kabineine gönderilir. Böylece dolaşım hattına giren suyun taşıdığı ısı esanjörden geçer içeride bulunan fan tarafından üflenen havaya taşınır. Prototipin, için de bulunan helezon mil, kabin içinde bulunan ürünü karıştırarak; oluşan hava her yere eşit bir şekilde ulaşması sağlanır ve kurutulacak ürünü de prototipin hacminden bağımsız hale getirir (Altınsu, 2017).

Ankara' da güneş enerjili havalı kolektörlü bir kurutma fırınında elma kurutulması deneysel olarak incelenmiştir (Ceylan ve ark., 2006). Elma kurutulması ile ilgili farklı yerlerde (Mersin gibi) güneş enerjili farklı çalışmalarda yapılmıştır (Yıldız ve Gökayaz).

Tokat' ta 2006 yılında güneş enerjili doğal akışlı raflı kurutucu da ve direk güneşe serilerek domates kurutma üzerine çalışma yapılmıştır (Mutlu ve Ergüneş, 2008).

Fotovoltaik ve termal güneş enerjili sürekli bir kurutucuda domates kurutma için yapılan sistemde hem kurutma, hem güneşten elektriği kullanma hem de enerjiyi depolayarak ihtiyaç halinde kullanma ile sürdürülebilir bir kurutma sistemi hayata geçirilmiş ve sistem analiz edilmiştir (Aktaş ve ark., 2012).

Güneş enerjili ısı borulu kurutucu ile güneş enerjili sera tipi kurutucuda eşit şartlarda defneyaprağı kurutulması ve kurutma parametrelerinin karşılaştırılması üzerine

yapılan çalışmada kuruma süresi, ısı verim ve kurutulan defneyaprağının fiziksel özellikleri incelenmiştir (Demir, 2012).

Şanlıurfa’ da 2016 yılında güneş enerjili patlıcan kurutma için yapılan çalışma hem ekonomik hem de teknik şartların uygun olduğunu göstermiştir (Gültekin, 2016).

Manisa’ ya bağlı Güzelköy Asmalık Tımarı’nda 2016-2017 yıllarında yapılan çalışma % 3’ lük ve % 5’ lik bandırma çözeltisi kullanılarak ve bir tanesi güneş panelli bir tanesi güneş panelsiz olmak üzere 2 adet sera da çekirdeksiz üzümün kuruma süresi, kuru ürün rengi gibi kriterler üzerine deneyler yapılmıştır (Mert, 2019)

Osmaniye’ de 2018 yılında havalı güneş kollektörü ile tasarlanan güneş enerji destekli kurutma sisteminde patlıcan ve kabak üzerine yapılan çalışma kurutmadaki kalitenin daha iyi olduğunu göstermiştir (Saydam ve ark., 2019).

Muğla’ da 2019 yılında kabin tipli güneş enerjili kurutucu ile doğrudan güneş altında çarliston biber kurutma deneyinde güneş enerjili kurutma sistemi enerji, verim ve kurutma süreleri bakımından daha avantajlı olduğu görülmüştür (Çayan, 2019).

İzmir’ de 2020 yılında faz değiştirici parafin malzeme (FDM) kullanılarak ısı geri kazanım üniteli, güneş enerjisi destekli meyve kurutma sisteminde Santa Maria armudu kurutularak enerji tüketimi az, kaliteli ürün ile deney sonuçlanmıştır (Özçelik, 2020).

Sakarya ‘da 2021 yılındaki çalışmada, yenilenebilir enerji olarak güneşten faydalanılarak ve termoelektrik modül kullanılarak enerji elde etmeye ve bilgisayarda program verileri ile benzerliği kıyaslanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucu hata payının %2 olduğu görülmüştür (Özçavdar, 2021)

Traktörlerin ve iş makinaları yoğun çalışan araçlardır ve araçlarda güvenli çalışma yapılabilmesi için içme suyunu soğutmak zorunludur. Bu duruma uygun olarak geliştirilen termoelektrikli prototip; 12V ile çalışan, taşınabilir ve hızlı bir soğutucu konumdadır. Yapılan prototip cihaz istenilen performansı göstermiştir(Arslan, 2021)

2019’da Ergüneş tarafından yapılan çalışmada, kurutma rafı ve tepsileri s-tipi bir yük hücrelerine asılarak kurutulan ıspanakların ağırlığı elektrik sinyaline dönüştürülmüş ve yük hücrelerinden gelen elektrik sinyalleri sırasıyla sinyal dönüştürücü ve veri toplama kartına gönderilmiştir. Kurutucu kabin giriş ve çıkışında kurutma havasının sıcaklık ve bağıl nem değerlerini sensörler yardımıyla ölçüp veri toplama kartına gönderilmiştir. Veri toplama kartı gelen verileri saniyede bir kez bilgisayara aktarmış ve Labview programı kullanılarak “Kurutma Süreci İzleme Uygulaması” geliştirilmiştir (Ergüneş, 2019) .

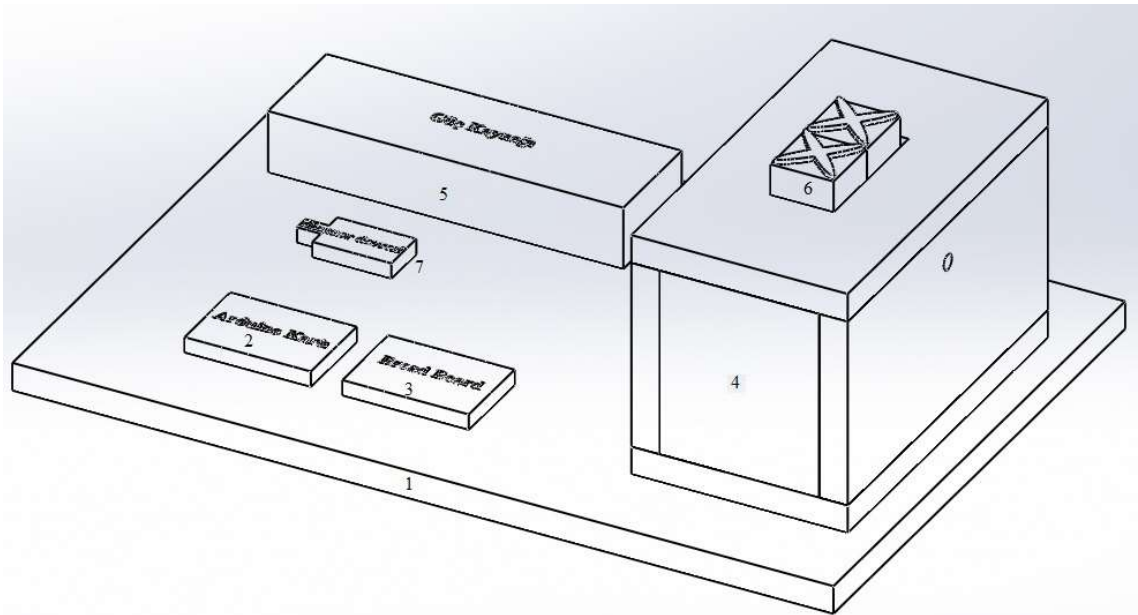
3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Deney Sisteminin Tasarımı

3.1.1 Mekanik Bileşenler

Deney sistemi tasarlanırken mekanik aksam, sensör ve elektronik birleşenler deney şartlarına ve birbirlerine uyumlu çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır. Matlab&Simulink programında yazılım ihtiyaçları giderilerek deney sistemi tasarımı tamamlanmış ve imalata başlanmıştır. İmalat süreci ve kullanılan bileşenler ilişkin detaylar tezin ilgili bölümlerinde detaylandırılmıştır.

Mekanik bileşenlerin ilki kurutma kabinidir. Kurutma kabini tasarımının en önemli detayı, kurutma hacmidir. Kurutma hacminin istenilen boyutta olabilmesi için tasarım ve imalat ölçülerini belirlenmesi önem arz etmektedir. Enerji tüketiminin doğru kıyaslanabilmesi için hazırda bulunan halojen lambalı kurutucunun ölçüleri ve bileşenleri baz alınarak termoelektrik modüllü kurutucu tasarım ve imalatı yapılmıştır. Kabin kısmının ölçüleri 240x140x137 mm ölçülerindedir. İç kısmı 30 mm kalınlığa sahip yalıtım malzemesi ile kaplanarak içerideki kurutma hacminin ölçüsü halojen lambalı kurutma sisteminin hacmine eşitlenmiştir. Sistemin genel çizimi Şekil 3.1 'de verilmiştir.



Şekil 3. 1 Termoelektrik modüllü kurutma sisteminin çizimi

Şekil 3.1' de gösterilen numaralandırmalar TEM kurutma sisteminin kısımlarıdır. Bu kısımlar aşağıda verilmiştir.

1. Tabla
2. Arduino kartı
3. Devrenin kurulduğu bread board
4. Kurutma kabini
5. Güç kaynağı
6. Fan ve Soğutucular
7. Dimmer devresi

Kabin imalatı alt bölüm ve üst bölüm olarak iki aşamalı ele alınmıştır. Kabinin üst kısmında termoelektrik modül, soğutucu ve fanların yerleştirilebilmesi için 8x4 cm boyutunda yuva açılmıştır. Kabin iç tarafına montajı yapılacak fan ve termoelektrik modüllerin kablolarını kabinin dışına çıkarabilmesi için açılan yuva ölçüleri kablo kalınlıkları baz alınarak toleranslı açılmıştır. Kabin içi sıcaklık ölçümü için kullanılacak NTC bileşenini kabin içinde konumlandırmak amacı ile NTC montaj deliği açılmıştır. NTC ve kablolar düzenlendikten sonra kablo çevresinden enfiltrasyonla ısı kaybına mahal vermemek için boşluklar ısıya dayanıklı silikon ile yalıtılmıştır. Yalıtım işlemi termoelektrik modül çerçevesi içinde uygulanmıştır. Kurutma kabini üst tablası tasarım, imalat ve montajı 52x35x18 mm boyutunda, sunta malzemeden yapılan bir levha üzerine yerleştirilmiştir.

3.1.2 Termoelektrik modüller

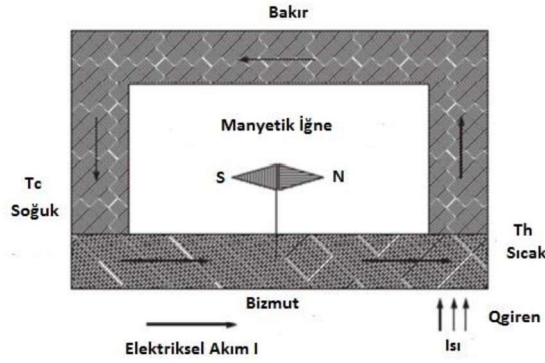
Termoelektrik etki üç faktörden meydana gelir. Bunlar:

- Seebeck tesiri,
- Peltier tesiri,
- Thomson tesiri (Lee, 2017).

3.1.2.1 Seebeck etkisi

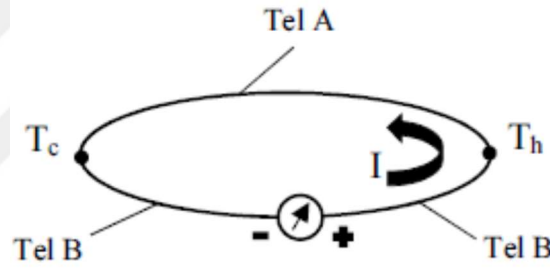
Tarihsel olarak bakıldığında ilk defa 1821 senesinde Thomas J. Seebeck çalışmalarıyla gözlemlenen termoelektrik etkiyi incelerken, iki farklı metalin uçlarını

birleştirek kapalı bir devre kurmuştur. Birleşim noktaları ısıtılan devrede, Şekil 3.2’de görüldüğü gibi pusula iğnesinde bir miktar sapma olduğunu gözlemlemiştir (Lee, 2017).



Şekil 3. 2 Klasik Seebeck etkisinin uygulaması (Lee, 2017)

Sıcaklık farkı ile oluşan potansiyel farktan kaynaklanan akıma dönüşüm, termoelektrikte Seebeck etkisi olarak bilinir.



Şekil 3. 3 Seebeck etkisi (Lee, 2017)

Şekil 3.3’de Seebeck etkisinin genel şeması verilmiştir. Burada, A ile B teli birleştirilmiştir. B telinin üzerine voltmetre bırakılarak oluşturulan kapalı devrede, rastgele bir birleşme yerine ısı uygulanınca, ısı uygulanan uçlar arasında oluşmakta olan sıcaklık farkına bağlı olarak V gerilimi oluştuğu görülmüştür. Sıcaklık farkı ile oluşan potansiyel fark orantılı olduğu tespit edilmiştir. Eşitlik 3.1 ile bu potansiyel farkın büyüklüğü belirlenir. Eşitlik 3.1 ‘deki ifadelerin açık hali Eşitlik 3.2 ve Eşitlik 3.3’ de verilmiştir.

$$V = \alpha_{AB}\Delta T \quad (3.1)$$

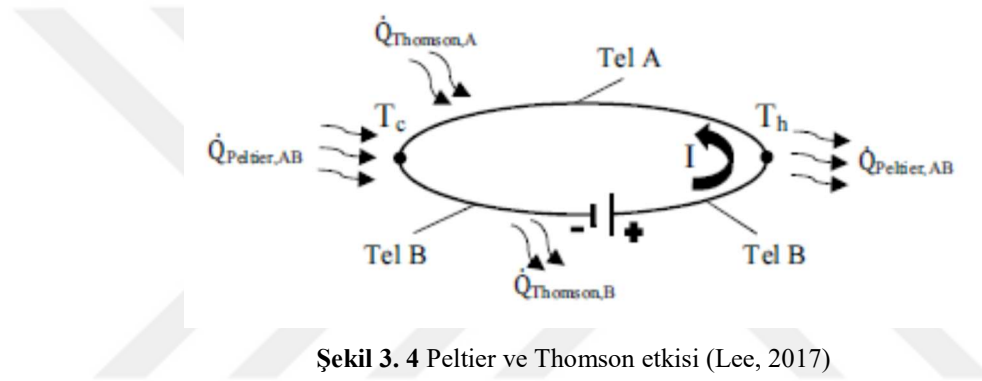
$$\Delta T = T_h - T_c \quad (3.2)$$

$$\alpha_{AB} = \alpha_A - \alpha_B \quad (3.3)$$

Burada α_{AB} , ısıl çiftin seebeck katsayıları farkıdır (V/K).

3.1.2.2 Peltier etkisi

Peltier tesiri, Seebeck etkisinin zıddıdır, Charles Peltier'in emekleriyle ilk defa 1834 yılında keşfedilmiştir. İki ayrı kablonun birleşim yerinden akım geçirildiğinde, Şekil 3.4'te belirtildiği gibi, ısının birleşim yerinden devamlı olarak çekildiği gözlenmiştir. Aynı zamanda diğer birleşim yerinden ise ısının ortama verildiği görülmüştür.



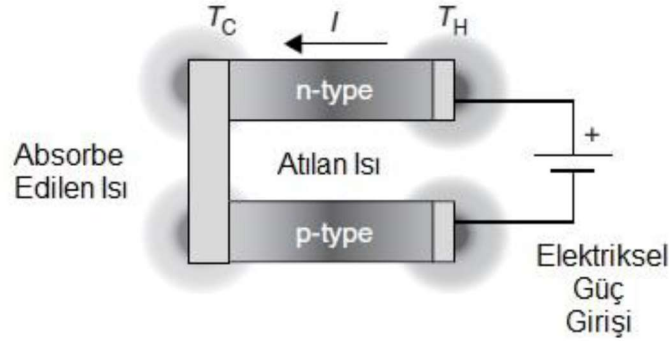
Şekil 3. 4 Peltier ve Thomson etkisi (Lee, 2017)

Ortaya çıkan ısı enerjisi, akımla orantılı olup, çekilen ısı veya ortama verilen ısıyla, akımı ters çevrildiğinde yönünün de değiştiği görülmüştür. Peltier ısı miktarının ($\dot{Q}_{peltier}$) birim cinsi Watt'tır ve Eşitlik (3.4)'de verilmektedir.

$$\dot{Q}_{Peltier} = \pi_{AB} I \quad (3.4)$$

Bu kısımda görüldüğü üzere; π_{AB} peltier etkisinin katsayısıdır. Peltier soğutma veya ısıtma, elektrik ve ısı kavramları arasında tersinir olduğu anlaşılmaktadır. Farklı bir ifade ile ısıtma ya da soğutma işlemi ile enerji kaybı olmaksızın doğrudan elektrik enerjisi elde edilebilir. A teline girmiş olan akımın bağlantılı olduğu bölüm ısıtılırsa ve akımın A telindeki bağlantı bitiş bölümü ısı kaybına uğratılırsa π_{AB} işaret olarak pozitif gösterecektir (Lee, 2017).

P ve N şeklindeki yarı iletken özellikteki cisim üzerine elektriksel potansiyel verildiğinde, akım yönü değiştirilmek suretiyle peltier tesiriyle ısının emildiği kısımlar değiştirilebilmektedir. Şekil 3.4'de peltier tesiri şemayla gösterilmektedir.



Şekil 3. 5. Peltier Etkisi, TE Soğutma (Rowe, 2006)

3.1.2.3 Thomson etkisi

Termoelektrik modül ve Seebeck etkileşimlerine ilaveten, iletken bir cismin rastgele iki farklı noktası arasında sıcaklık gradyanı var ise ve bununla birlikte bu iletken cisimden elektrik akımı geçirilir ise bu durumda Thomson tesiri ortaya çıkmaktadır. Thomson etkisi incelendiğinde akımın yönüne ve malzemenin içeriğine bağlı olarak uçlardan birinde ısı açığa çıkarmaktayken diğer uçta ısının soğurulduğu görülmektedir. Thomson etkisine bakıldığında, sıcaklık gradyanıyla da elektrik akımıyla da orantılı olduğu görülmektedir ve (3.5) eşitliği ile ifade edilmektedir.

$$\dot{Q}_{Thomson} = -\pi_{AB} I \Delta T \quad (3.5)$$

Burada; π_{AB} Thomson etkisindeki katsayıdır ve bu katsayı incelendiğinde öteki termoelektrik katsayılardan değişik olarak bir tane malzeme için ölçülür. Ayrıca Thomson ısısına bakıldığında, bunun elektrik ve ısı arasında tersinir özellikte olduğu görülmektedir.

3.1.2.4 Thomson (Kelvin) ilişkisi

Thomson çalışmalarında, termodinamiğin kanunlarından I. ve II.' sini kullanarak uygulamasında (3.4) ve (3.5)'teki eşitlik değerlerine ulaşmıştır. Thomson tesiri Termoelektrik modülün tesiriyle karşılaştırıldığında çok küçük olmaktadır. Ama bu tesir, Thomson ilişkilerinin tam olarak kavranmasında ciddi bir rol üstlenmektedir (Lee, 2017).

$$\pi_{AB} = \alpha_{AB} T \quad (3.4)$$

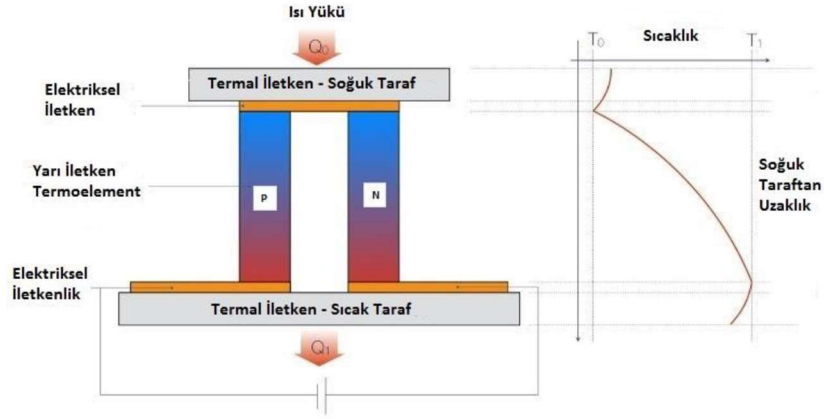
$$\pi_{AB} = T \frac{d\alpha_{AB}}{dT} \quad (3.5)$$

Eşitlik (3.5) kullanıp, Termoelektrik modül ısı değeri ölçümünde (3.6) eşitliğine ulaşılmaktadır. Bu kısımda; T birleşim noktasında olan sıcaklığı ifade etmektedir.

$$\dot{Q}_{Peltier} = \alpha_{AB}TI \quad (3.6)$$

2.2.2 Termoelektrik modül ve soğutucu olarak kullanımı

Rastgele ele alınan TES devre ya da sistemin oluşumunda, ısı pompası görevini yerine getiren bir Termoelektrik modül soğutucu bulunmaktadır. Sistemde yer alan TES modül yapısı incelendiğinde, termal açıdan paralel bağlantılardan, elektriksel açıdan seri bağlantılardan oluştuğu görülmektedir. N tipli bir yarı iletkene, uygulanan DC gerilim ile yük taşıyıcı durumda olan elektronlar eksi kutup tarafından ittirilirken artı kutup tarafından çekildiği görülecektir. Mevcut koşullar saat yönünde, sağa doğru elektron akışmasını sağlamaktadır. Elektronların hareketi sistem üzerinde gözlemlendiğinde n tipindeki uygulamada akış yukarı yönlü olurken, ısı tabandaki birleşme noktasından emilime uğramakta ve aktif olarak yukarıdaki birleşme noktasına aktarılmaktadır. Bundan dolayı ısının yarı iletkende bulunan yük taşıyıcılar tarafından pompalandığı görülmektedir. Termoelektrikte tip olarak p olan yarı iletken sistemlerde olabildiğince çok kullanıldığı bilinmektedir. Yapısal olarak bakıldığında p tipindeki malzemelerin yük taşıyıcıları pozitif (boşluk-hole) olarak tasarlanıp üretilmektedir. Buradaki boşluklar p tipindeki kristal yapının elektriksel açıdan iletkenliğini oldukça artırır ve bir voltajla etkileşime geçtiğinde elektronların mevcut malzeme içinde serbestçe hareketine izin verir. Pozitif yük taşıyıcılar, güç kaynağındaki pozitif kutup vasıtasıyla ittirilir ve negatif kutup vasıtasıyla çekilmektedir. Bundan dolayı boşluk akımıyla elektron akımının tersinir olduğu açıkça görülür. Isının taşınması yük taşıyıcılar vasıtasıyla yapıldığından, p tipi malzemelerde ısı aşağı yönlü yani yukarıdan aşağıya, pozitif kutuptan negatif kutba doğru taşınmasını sağlamaktadır. N ve p tipi ürünlerin birbirleriyle zıt ısı pompalama özellikleri termoelektrik soğutucu tasarımlarında önemli bir rol üstlenmektedir (Goldsmid, 2009).

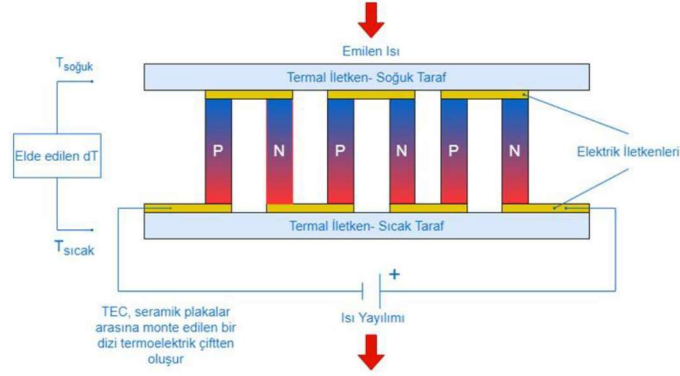


Şekil 3. 6. P ve n tipi Elemanların Elektrik ve Isı İletimi Mekanizması (<https://www.tec-microsystems.com/faq/thermoelectric-coolers-intro.html>)

Şekil 3.6’ da incelendiğinde görüleceği üzere, n ve p tipindeki yarı iletken özellikli malzemeler birleşme noktalarında bakır iletkenin bulunduğu çiftler halinde kullanılmaktadır. Böylelikle ısı yüklerinin seramik termal iletkenli sistemler üzerinden aynı yönlü aktığı elektriksel seri devreler oluşturulabilmekte ve bu devrelerde birden fazla n ve p çiftleri bulunabilmektedir (Goldsmid, 2009).

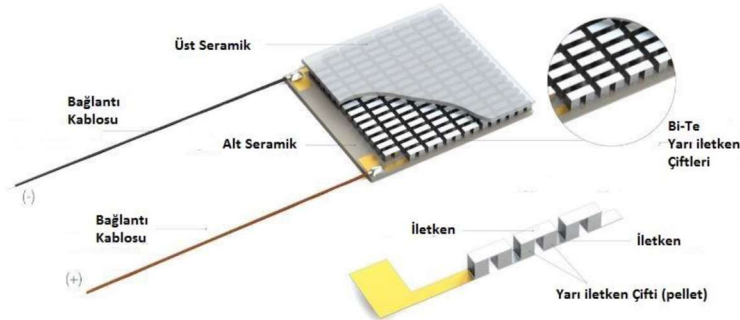
Negatif terminale P tipli yarı iletkenin serbest ucunun bağlantısı yapılırken, aynı şekilde n tipli yarı iletkenin de serbest ucunun bağlantısı negatif terminale yapılır.

Böylelikle p ürünündeki pozitif yük taşıyıcıları pozitif voltajla ittirilip, negatif voltajla çekilme davranışı göstermektedir. n ürünündeki negatif yük taşıyıcısı elektronlarsa negatif potansiyel vasıtasıyla ittirilmekte, pozitif potansiyel vasıtasıyla çekilme davranışı göstermektedir. bakır bağlantılardaki ve tellerdeki yük taşıyıcıları elektronlardan oluşmaktadır. Buradaki elektronlar p ürününe vardığında, p tipindeki ürünün yapısındaki kristal boşlukların içinden akarak taşınırlar. Bundan dolayı elektronlar daima voltaj kaynağındaki negatif uçtan n ürününe, oradan bakır iletkene, oradan p ürününe taşınırlar. Sonrasında da kaynağın kutbuna varırlar. Değişik iki özellikte yarı iletken malzemeler kullanıldığından yük taşıyıcılarla ısı termo elemanları akış yönü olarak aynı yönde hareket etmektedir (Goldsmid, 2009) (Şekil 3.7).



Şekil 3. 7. P ve n tipi Elemanların Elektrik ve Isı İletimi Mekanizması (<https://www.tec-microsystems.com/faq/thermoelectric-coolers-intro.html>)

Bu düzenekteki gibi birçok sayıdaki n ve p çiftini mekanik olarak bir arada tutmak için Şekil 3.11’de görülen yapılarıdaki gibi, bakırdan oluşan şeritlerle bir çift seramik plaka arasına yerleştirilip n ve p çiftleri elektronik anlamda karşılıklı olarak seri bağlantılı bir durumda sıkıştırılmaktadır (<https://www.tec-microsystems.com/faq/thermoelectric-coolers-intro.html>).



Şekil 3. 8. Termoelektrik Soğutucu Modül ve Bileşenleri (Anonim, <https://www.tec-microsystems.com/faq/thermoelectric-coolers-intro.html>, Erişim tarihi:05/06/2023)

3.1.3 Elektronik Bileşenler

Elektronik kısım tasarlanırken mikrodenetleyici olarak Arduino Uno kullanılmıştır. Arduino kartı bilgisayarın usb portundan beslenmiştir. Sensör olarak ise sıcaklık ölçümünde $10K\Omega$ luk NTC kullanılmıştır. Termoelektrik modül ve fanların akım kontrolünün manuel olarak kontrolü için dimmer devresi kullanılmıştır. Buradaki amaç termoelektrik modül ve fanların manuel olarak akımını kontrol edip, aşırı akımlarda bu elemanların zarar görmesini engellemek, sıcaklık değerine göre termoelektrik modüllere verilen gücü kesmek için termoelektrik modül öncesindeki dimmer devresinin girişine bağlanan rölenin açılıp kapanması sağlamaktır.

Devre elemanlarına gerekli olan gücü sağlamak için maksimum 252W değerinde güç kaynağı kullanılmıştır. 2 besleme çıkışı veren güç kaynağında bir çıkışı röle ve dimmer devresin üzerinden termoelektrik modüllere, diğer çıkış ise direk fanları beslemek için kullanılmıştır.

3.1.3.1 Termoelektrik modül ve fanların özellikleri

Hazırlanan deney düzeneğın TEC1-12705 Termoelektrik modül kullanılmıştır. Kullanılan termoelektrik modül 'e ait özellikler Çizelge 3.1' de, görünüşü ise Şekil 3.9' da verilmiştir.

Çizelge 3. 1. TEC1-12705 Termoelektrik modülün özellikleri

ÖZELLİK	SEMBOL	PARMETRE	DURUM
Maksimum işletme sıcaklığı	T	< 138 °C	
Maksimum soğutma gücü	Qmax	49	Vakum test sıcaklığı Th=30 °C
Maksimum sıcaklık farkı	ΔT_{max}	75 °C	Vakum test sıcaklığı Th=30 °C
Maksimum giriş voltajı	Vmax	16.2	Vakum test sıcaklığı Th=30 °C
Maksimum akım	Imax	5.3	Vakum test sıcaklığı Th=30 °C
Direnç	R	2.75 \pm 0.05	Ortam sıcaklığı Th=25 °C

Çizelge 3.1'de görüldüğü üzere TEC1-12705 Termoelektrik modül maksimum çalışma sıcaklığı 138 °C 'dir. Maksimum yüzeyler arası sıcaklık farkı ise 75 °C 'dir. Çekeceği maksimum akım 5,3 A 'dir. Ortalama soğutma gücü 49 W olup 16,2 V maksimum gerilim altında çalışabilir.



Şekil 3. 9. TEC1-12705 Termoelektrik modül

Hazırlanan deney düzeneğinde kullanılan fanlara ait özellikler Çizelge 3.2' de, görünüşü ise Şekil 3.10' da verilmiştir.

Çizelge 3. 2. 40x40x10 mm ince kasa fanı özellikleri

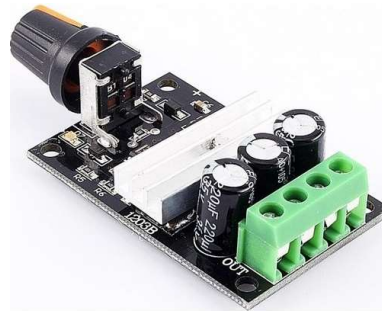
ÖZELLİK	DEĞER
Çalışma voltajı	DC 12 Volt
Fan boyutu	40x40x10 mm
İşlev akımı	0.15 Amper
Güç	1.80 Watt
Ses seviyesi	28 dB
Devir	4800 Rpm
Hava seviyesi	31.28 CFM

**Şekil 3. 10.** DC 12V 40x40x10 mm TEC1-12705 Termoelektrik modül

Çalışma voltajı DC 12V 'tur. Çalışma esnasında 0,15 A 'de 1,8 w güç çekmektedir. 4800 Rpm devirde dönerken 28 dB ses çıkarmaktadır.

3.1.3.2 Dimmer devresinin özellikleri

Giriş besleme gerilimi 6 ile 28V DC aralığındadır. Maksimum çıkış gücü 80 W'tır. Maksimum sürekli çıkış akımı ise 3A amperdir. %0 ile %100 arasında ise görev döngüsüne sahip olup ayarlanabilmektedir. Kullanılan dimmer devresi Şekil 3.11' de verilmiştir.

**Şekil 3. 11.** DC 6 - 28V 3A dimmer devresi

3.1.3.3 Güç kaynağının özellikleri

Tasarlanan kurutma sisteminde kullanılan güç kaynağı 250 V AC giriş 12V DC 21A çıkışa sahiptir. 2 çıkış olan güç kaynağının bir çıkışı dimmer devresi üzerinde

peltiere diğer ise fanlara verilmiştir. Güç kaynağının görünüşü Şekil 3.12’ de görülmektedir.



Şekil 3. 12. DC güç kaynağı

3.1.3.4 Wattmetre'nin özellikleri

Hazırlanan termoelektrik modüllü kurutma sistemi ve halojen lambalı kurutma cihazında harcanan gücü tespit etmek için RZ CQ-836EU wattmetre kullanılmıştır. Kullanılan wattmetre' ye ait özellikler Çizelge 3.3' de verilmiştir.

Çizelge 3. 3. RZ CQ-836EU wattmetre özellikleri

ÖZELLİK	DEĞER
Güç ölçer monitörünün güç tüketimi	0.5W
Çalışma gerilimi	230V AC
Frekans göstergesi	50Hz
Çalışma akımı	Max 16A
Geniş voltaj aralığı	230V - 250V
Set watt ekran aralığı	0W - 9999W
Gerçek watt ekran aralığı	0 - 3680W
Zamanlama ekran aralığı	0 saniye-9999 gün
Voltaj ekran aralığı	0V - 9999V
Mevcut ekran (amper)	0.000A - 16.000A
Frekans göstergesi	0Hz - 9999Hz
Fiyat ekran aralığı	0.00 maliyet/KWh < 99.99 maliyet/KWh
Toplam KWh ve maliyet göstergesi	0.000KWh - 9999KWh, 0.00cost-9999COST

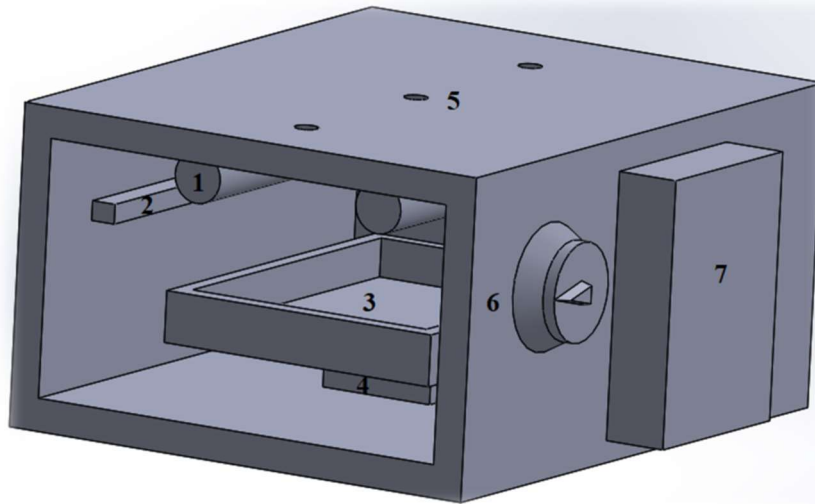
Güç, enerji, gerilim, akım, hertz, maliyet, minimum ve maksimum güç (W) gibi çeşitli parametreleri görmeye imkân tanımaktadır. LCD ekran boyutu 2.36 inç x 1.85 inç olup, ekran arkadan aydınlatmalıdır. Aydınlatma süresi 10 dakikadır. Varsayılan aşırı yük gücü 0 ile 3680W arasında ayarlanabilmektedir. Wattmetre 'nin, güç tüketimi verileri prizden çıkardıktan sonra kaydeder. Wattmetre 'nin görünüşü ise Şekil 3.13' de verilmiştir.



Şekil 3. 13. RZ CQ-836EU Wattmetre

3.1.3.5 Halojen lambalı kurutma sistemi

Kurutma fırını, deneysel çalışma için uygun özelliklerde tasarlanarak imalatı yapılmıştır. İki adet 100W halojen ısıtıcı kullanılarak İmalatı yapılan kurutma fırınında, kurutma havasının sıcaklığını kontrol etmek için analog termostat kullanılmıştır. Loadcell ile ölçülen bilgi doğrultusunda sistemin açılıp kapatılması için veri toplama cihazının özelliği olarak bulunan röle ile sağlanmıştır.



Şekil 3. 14. Halojen lambalı kurutma sistemi

Şekil 3.14’ de gösterilen numaralandırmalar halojen lambalı kurutma sisteminin kısımlarıdır. Bu kısımlar aşağıda verilmiştir.

8. Halojen ısıtıcı
9. Sıcaklık ve Nem Sensörü
10. Ürün sepeti
11. Load cell
12. Nem Tahliyesi
13. Termostat
14. 24V Sensör besleme Trafosu

Sistemde kullanılan ekipmanlar Çizelge 3.4’ de verilmiştir. Deneyler yapılırken load-cell ile anlık ağırlık takibi yapılarak son ölçülen üç değer aynı oluncaya kadar kurutmaya devam edilmiştir.

Ürünlerin başlangıç ve son ağırlıkları yüksek hassasiyetli dijital terazi ile kontrol edilmiştir.

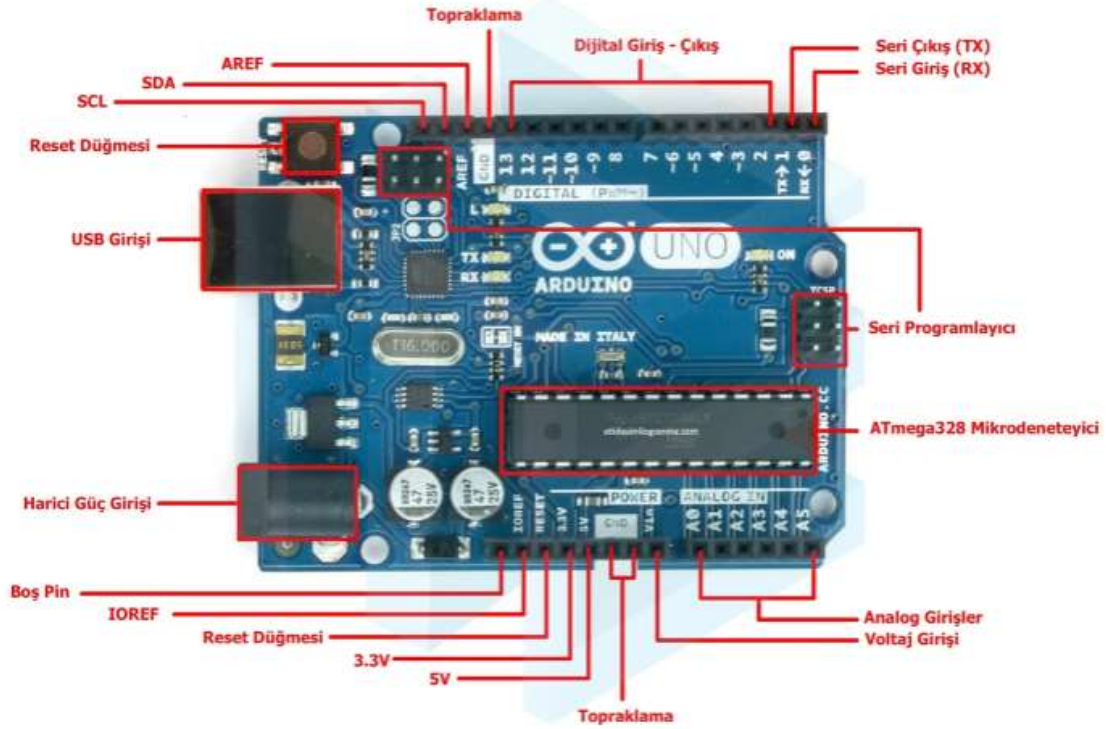
Ürünün tam kuru ağırlığı belirlenmesi için yapılan kurutma işlemi etüv fırınında gerçekleştirilmiştir.

Tüm ekipmanların kalibrasyonu ve hata analizi yapılarak deneysel çalışmada kullanılmıştır.

Çizelge 3. 4 Kullanılan ölçü aletleri ve özellikleri

Kullanılan Cihaz	Marka Model	Teknik Özellikleri	Hata Analizi
Dijital tartı	Desis Ehb 300	300g kapasiteli, hassasiyetli	±0,012g
Veri Toplama ve İzleme Cihaz	Graptec GL 240	10 Kanallı	
Etüv		80x60x60 mm	
Yük Hücresi	Celtron Lps	0,6kg, alüminyum, tek nokta,	±0,024
Yük Hücresi Transmitteri	Esit TR03	0-10V çıkış, 1 kanal röle çıkışı	0,03

İlk olarak tam kuru ağırlık için 105 °C’ de (suyun buharlaşma sıcaklığının üstünde) etüv fırınında kurutulan tarhananın içindeki su oranı tespit edilmiştir. Deneyler



Şekil 3. 16. Arduino Uno (Anonim, <https://www.etkilesimliogrenme.com/arduino-nedir>Anonim, <https://www.tec-microsystems.com/faq/thermoelectric-coolers-intro.html>, Erişim tarihi:06/06/2023)

Arduino programlama kartı kullanılarak birçok uygulama yapılabilmektedir. Bunlardan bazıları aşağıda belirtilmiştir.

- Çevreyle etkileşimli olarak kolay bir şekilde çalışabilecek sistemler tasarlanabilmektedir.
- Açık kaynak kod ile çalıştığı için kullanıcı istediği şekilde ekleme ve çıkarmalar yapabildiği gibi aynı zamanda da geliştirebilmektedir.
- Kütüphaneleriyle mikrodeneleyiciler kolaylıkla programlanabilmektedir.
- Dijital ve analog girişlere sahip olduğundan, analog ve dijital veriler işlenebilmektedir.
- Arduino ile sensörler çalışabildiğinden sensör verileri kullanılabilir.
- Çıktı olarak (ışık, ses, hareket vs.) üretilebilmektedir.
- Kart ile çeşitli robotik ve elektronik uygulamalarda kolayca kullanılabilir.
- Kullanılan programlama dili oldukça basit olduğundan çok sayıda kaynak kod bulunabilmektedir.
- Yazılımları ücretsiz indirilebilir, farklı işletim sistemleri için desteği bulunduğundan uyum problemi olmadan uygulamalar geliştirilebilmektedir.

Çizelge 3.5’ de Arduino Uno kartının frekansı, çalışma gerilimi, analog ve dijital pin sayıları, bellek kapasiteleri vb. özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3. 5. Arduino Uno teknik özellikleri

ÖZELLİK	DEĞER
Mikrodenetleyici	ATmega328
Frekansı	16 MHz
Çalışma Gerilimi	5 V
Analog Giriş Sayısı	6 pin
Besleme Gerilimi	9-12 V
I/O Pinlerine düşen akımı	40 mA
3.3V Pin Akımı	50 mA
Flash	32 KB
Dijital I/O pin sayısı	14 pin
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB

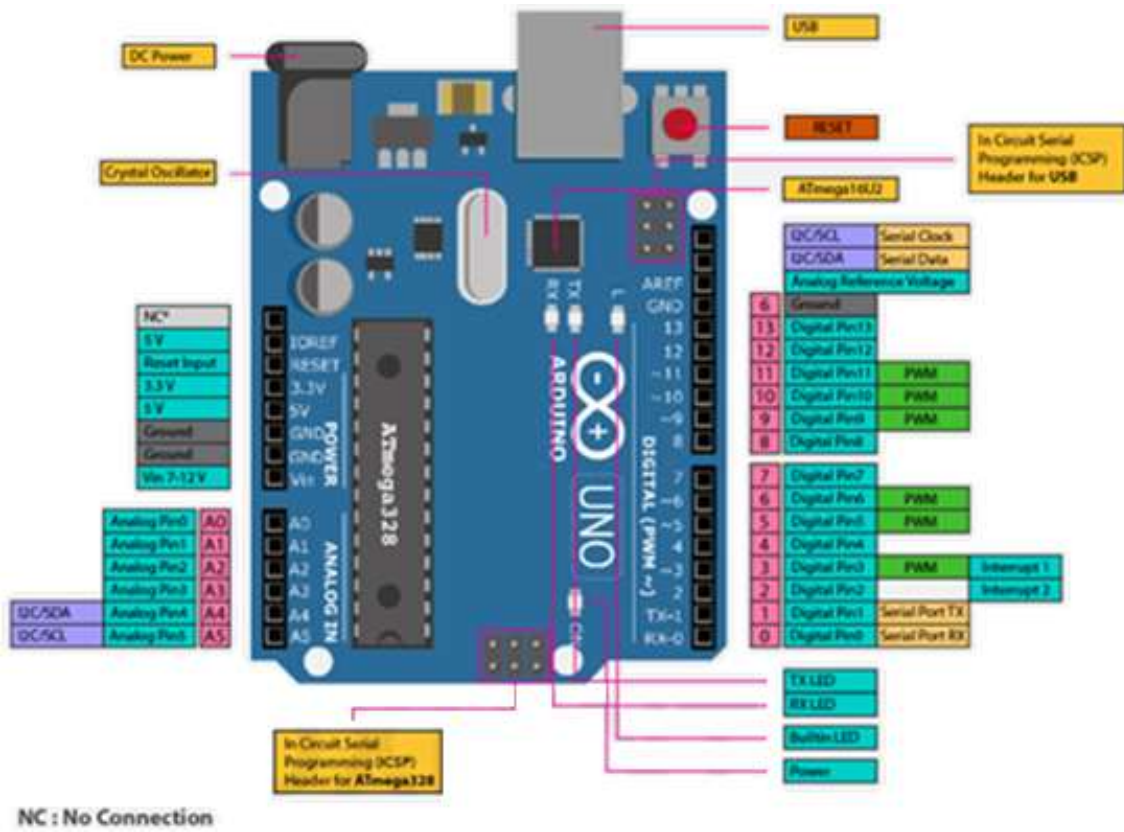
Arduino Uno, Arduino Nano, Arduino Mega 2560, Arduino Leonardo, Arduino Mega ADK, Arduino Micro, Arduino Ethernet, Arduino Mini gibi çeşitli özelliklere sahip Arduino programlama kartları bulunmaktadır.

Çizelge 3.6’ da Arduino Uno R3 kartının bağlantı tipi, kart besleme gerilimi, giriş ve çıkış pin sayısı, frekansı vb. teknik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3. 6. Arduino Uno R3 kart özellikleri

ÖZELLİKLER	DEĞER
Dijital I/O	14 adet
Analog giriş	6 adet
PWM I/O (Digital pinlerden)	6 adet
Kristal osilatör frekansı	16 MHz
Bağlantı tipi bağlantısı	USB
Power giriş boyutu	2.1 mm
ICSP başlığı / reset butonu	Var
Kart besleme gerilimi	DC 9~12 V

Ayrıca Arduino Uno yapılacak bütün I/O işlemleri kart ile kolayca kontrol edilebilmektedir (Şansal, 2017). Şekil 3.17’ de Arduino Uno pin şeması ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir.

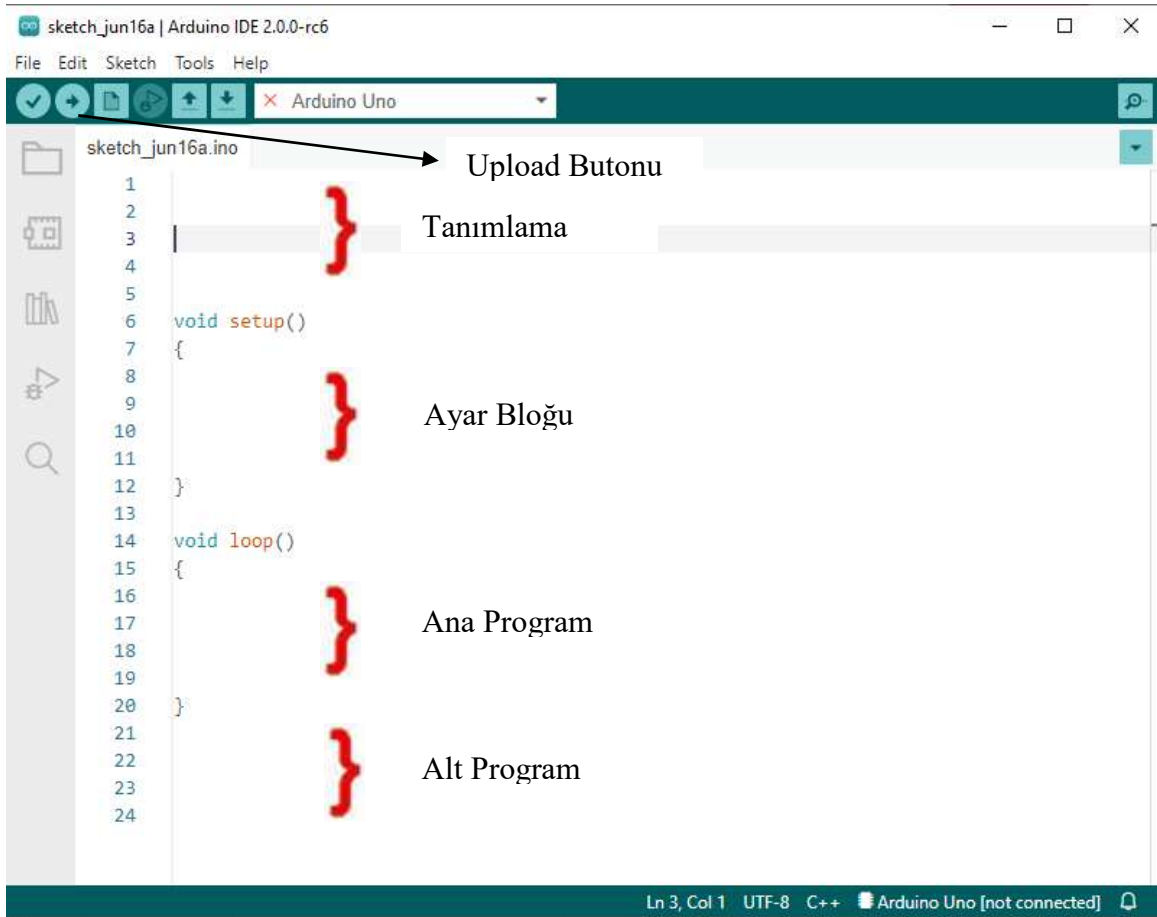


Şekil 3. 17. Arduino Uno pin şeması (Anonim, <https://linuxhint.com/arduino-uno-pinout-guide/> ,Erişim tarihi:06/06/2023)

3.1.4 Yazılım kısmı

3.1.4.1 Arduino Ide arayüz programı

Arduino kartlarının, açık kaynak kodlu olarak isteyen herkesin ücretsiz olarak üretip yazılımını kullanabilmesi, çok fazla tercih edilmesine sebep olmuştur. C/C++/Java gibi yaygın dillerle programlanabildiği gibi tinkercad, scratch for arduino ve ardublock gibi blok tabanlı yazılımlarla da kodlama bilgisine sahip olmadan birçok proje geliştirilebilmesine kolaylık sağlamaktadır. Arduino IDE kendi içinde birçok örnek kod bulundurduğundan kullanıcının proje geliştirmesine de kolaylık sağlamaktadır (Çetin, 2019). Şekil 3.18’ de Arduino IDE programının kodlama kısmı görülmektedir.



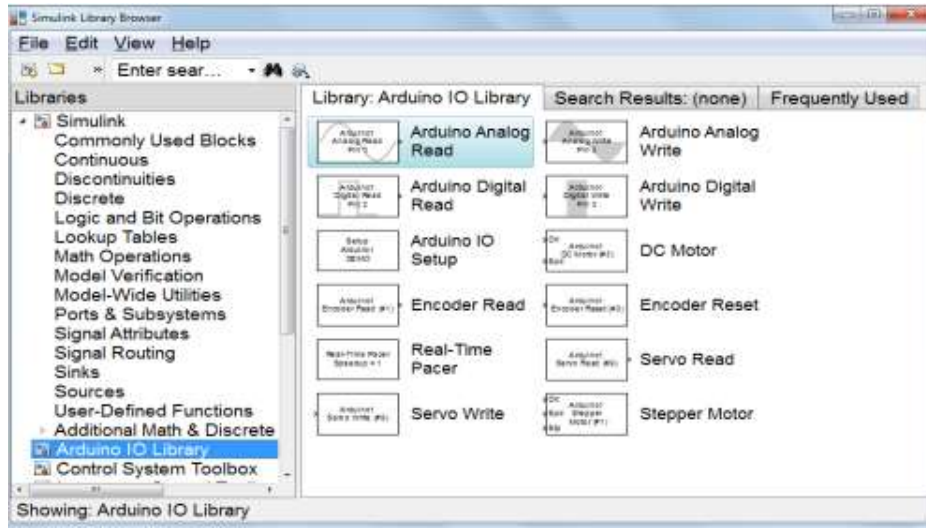
Şekil 3. 18. Arduino IDE görünüm

Arduino IDE programı içinde arduino için yazılan kodları yüklemek için Şekil 3.18’ de gösterilen upload butonuna basılır. Arduino IDE programı yazılan kodu önce kompile edip sonra Arduino’ya yükler. Daha önceden hazırlanmış kodu açmak için ise File menüsünden Open seçeneği seçilir.

3.1.4.2 Matlab-Simulink programına Arduino kütüphanesinin eklenmesi

Arduino’yu Matlab-Simulink’ de kullanabilmek için internette bulunan Arduino IO kütüphanesi eklenebilmektedir. Bu kütüphane yardımıyla Arduino üzerinde bulunan I/O pinleri Matlab-Simulink’ de bloklar ile kontrol edilmektedir. Kütüphane ekleme için Arduino IO paket dosyası internetten indirilerek veya Matlab Add-on butonuna tıklanarak Get Hardware Support Packages seçeneği kullanılarak eklenebilmektedir(Batan, 2019).

Bu paket ile birlikte gelen adioes.kütüphane dosyasını Arduino IDE programı ile Arduino’ya yüklenmesi gerekmektedir. Bu program Arduino I/O tanımlamalarını sağlamaktadır. Bu yapı Şekil 3.19’ da Matlab / Simulink’ teki library bölümüne eklediği Arduino kütüphanesindeki bloklar gösterilmiştir.



Şekil 3. 19. Matlab-Simulink'e arduino kütüphanesinin eklenmesi

Şekil 3.19' da görüldüğü gibi Arduino kütüphanesinde analog okuma, analog yazma, dijital okuma, dijital yazma gibi Arduino 'ya ait işlemlerin yapılabildiği bloklar vardır.

3.1.4.3 NTC sıcaklık sensöründen sıcaklık okunması ve Matlab Simulink modeli

Yarı iletkenler de sıcaklığa bağlı öz direnç değişimi için en iyi yaklaşım Steinhart - Hart denklemidir. A,B ve C ifadeleri Steinhart-Hart katsayılarıdır. Bu denklem termistörlerin kalibrasyonunda kullanılmaktadır (Albayrak, 2006).

$$\frac{1}{T} = A + B \ln(\rho) + C(\ln(\rho))^3 \quad (3.7)$$

Sıcaklık değerlerinin okunması için Arduino Uno, sensör olarak da 10 K Ω NTC sıcaklık sensörü kullanılmıştır. İlk aşamada;

$$k = \log\left(\left(\frac{10240000}{deger}\right) - 10000\right) \quad (3.8)$$

$$T = 1/(0.00129148 + (0.000234125 + (0.0000000876741 * k * k)) * k) \quad (3.9)$$

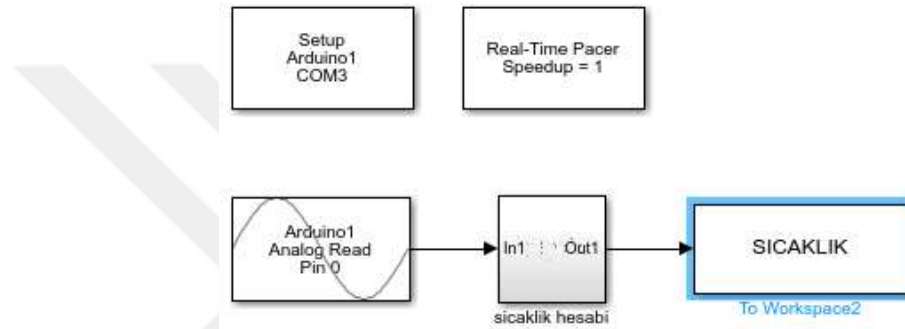
Arduinodan okunan değeri yukarıdaki işleme tabi tutarak Arduinodaki okunan sıcaklık değeri bulunmuştur. Buradaki 10000 ifadesi ise devredeki NTC sensörüne bağlanan direnç değeridir.

Bu aşamadan sonra sıcaklık değeri kelvin olarak elde edilmekte ve bu kelvin değerinin santigrat derece cinsine çevirmek için aşağıdaki işlem uygulanmaktadır.

$$T = T - 273,15 \quad (3.10)$$

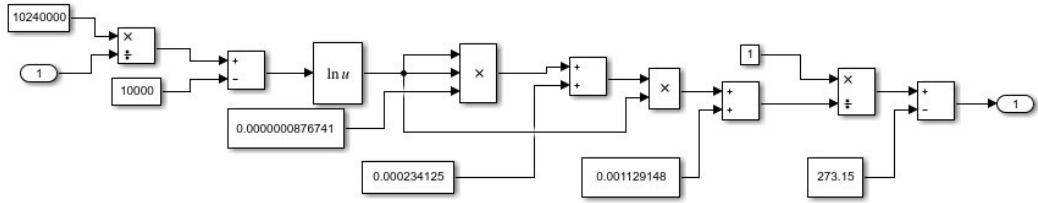
Burada bulunan değer santigrat derece cinsinden okunan sıcaklık değeridir.

Sıcaklık okumak için arduino ve okunan bilginin modeli Şekil 3.20' de verilmiştir. Bu modelde Steinhart-Hart denkleminin hesabı sıcaklık hesabi adında subsystem olarak düzenlenmiştir.



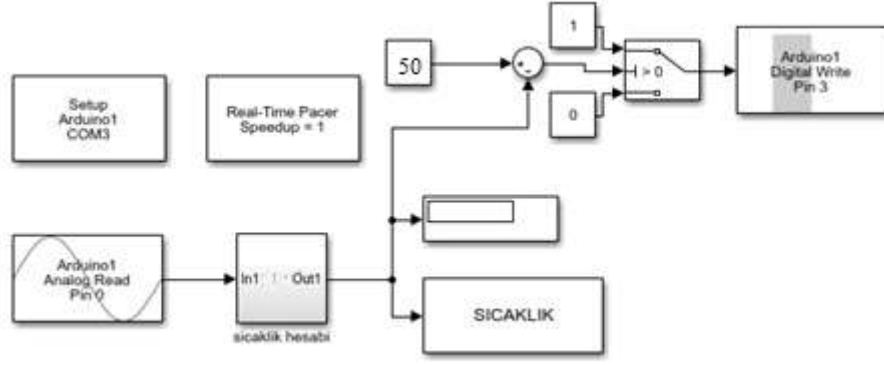
Şekil 3. 20. Sıcaklık okuma ve arduino okuma genel simulink modeli

Oluşturulan subsystem içindeki Steinhart-Hart denkleminin modeli Şekil 3.21' de verilmiştir.



Şekil 3. 21. Sıcaklık okuma subsystem simulink modeli

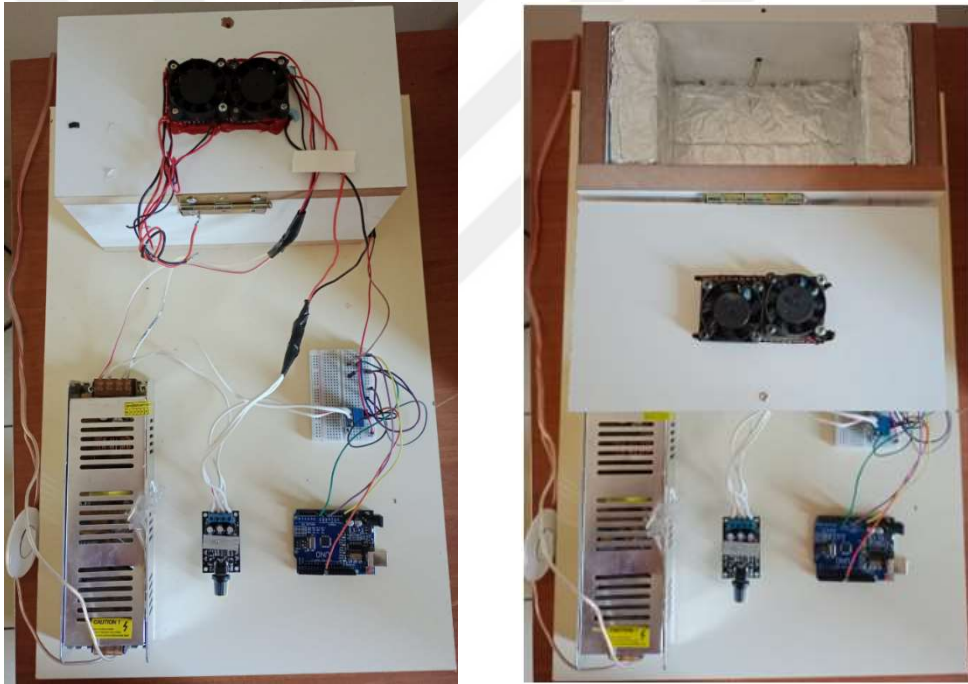
Sistemin Matlab Simulinkteki on/off kontrol yapılan ve deneylerde kullanılacak olan modeli Şekil 3.22' de verilmiştir.



Şekil 3. 22. Aç/kapa kontrollü simülasyon modeli

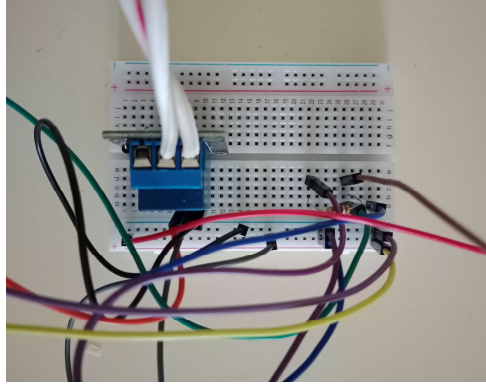
3.2 Sistemin Genel Görünümü

Şekil 3.26' da sistemin genel görüntüsü verilmiştir. Sistemi oluşturan bölümler ve özellikleri sonraki şekillerde verilmiştir.



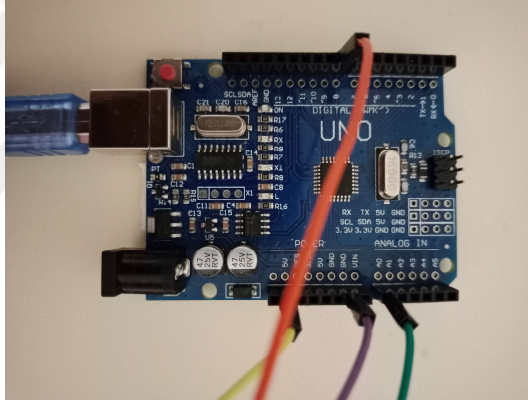
Şekil 3. 23. Sistemin genel görünümü

Şekil 3.23' de kullanılan NTC 'nin breadboard' daki bağlantısı verilmiştir. Şekil 2.24' deki bağlantı gerilim bölücü olarak yapılmıştır. NTC ve direnç seri bağlanıp ortak bağlanan data NTC ve direncin diğer uçlarına ise + ve – bağlanmıştır.



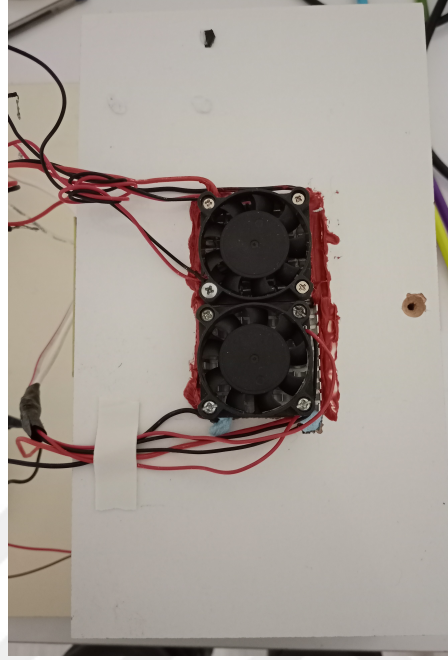
Şekil 3. 24. NTC ve röle kartının board bağlantısı

Şekil 3.25' de kullanılan NTC 'nin Arduino' daki bağlantısı verilmiştir. Şekil 3.24' deki bağlantıda 10 K Ω NTC ve 10 K Ω direncin ortak ucu A0 giriş pinine data olarak verilmiştir. NTC ve direnç + ve - bağlantıları Arduino'nun GND ve +5V pinine bağlanmıştır.



Şekil 3. 25. Arduino Uno bağlantısı

Şekil 3.26’ da sıcaklığı kontrol edilecek hacim verilmiştir. Boyutları 10x20x10 cm ‘dir. Hacmin ön merkez kısmından NTC ‘yi yerleştirmek için delik açılmıştır. Üst kısımda ise peltier ve fan birleşik halde yer almıştır.



Şekil 3. 26. Sıcaklığı kontrol edilecek hacim

3.3 Teorik Analiz

Tarhananın içindeki nem miktarını tespit etmek için etüv fırınında kurutma yapılmalıdır. Kurutma sürecinde sürekli olarak ağırlık ölçülür ve son iki ölçümün farkı % 1’in daha az olana kadar kurutma işleminin yapılması sürdürülür.

Ürünün başlangıçtaki nem miktarını belirlemek için etüv fırınında kurutma yapılabilir. Aynı zamanda kuru esasa ve yaş esasa göre Eşitlik 3.11, 3.12 ve 3.13 kullanılarak da hesaplanabilmektedir.

Kuru esasa göre hesaplanan nem miktarı;

$$MR_K = \frac{m_Y - m_K}{m_K} \quad (3.11)$$

Yaş esasa göre hesaplanan nemliliği MR_Y;

$$MR_Y = \frac{m_Y - m_K}{m_Y} \quad (3.12)$$

$$N_0 = \frac{m_Y - m_K}{M_0 - m_Y} \quad (3.13)$$

Kurutulan birim kütle ürün için harcanan enerji miktarına özgül enerji tüketimi denir (E_s). Eşitlik 3.14 ile hesaplanabilmektedir.

$$E_s = \frac{E_t}{W_r} \quad (3.14)$$

Üründen 1 kg suyu uzaklaştırmak için harcanan enerjiye özgül nem çekme oranı denir (SMER). Eşitlik 3.15 ile hesaplanabilmektedir (Demir, 2019).

$$SMER = \frac{m_{su}}{Q_h} \quad (3.15)$$

Eşitlik 3.11, 3.12, 3.13, 3.14 ve 3.15' de kullanılan denklemlerdeki ifadeler için kullanılan birimler Çizelge 3.7' de verilmiştir.

Çizelge 3. 7 Kullanılan birimler

İfade	Birimi
m_Y	Gr
m_K	Gr
M_0	Gr
N_0	Birimsiz
E_s	MJ/kg
E_t	MJ
W_r	kg
M_{su}	kg s ⁻¹
Q_h	kJ

Sistemlerin ısı verimi sistemlerden çıkan enerjinin sisteme giren enerjinin oranı şeklinde ifade edilir. Burada sistemlerden kayıp enerjiler ihmal edilerek sistemlerin saatlik ısı verim değişimleri (η_s) Eşitlik 3.16 'da verilmiştir.

$$\eta_s = \frac{\dot{Q}_c}{\dot{Q}_g} * 100 \quad (\%) \quad (3.16)$$

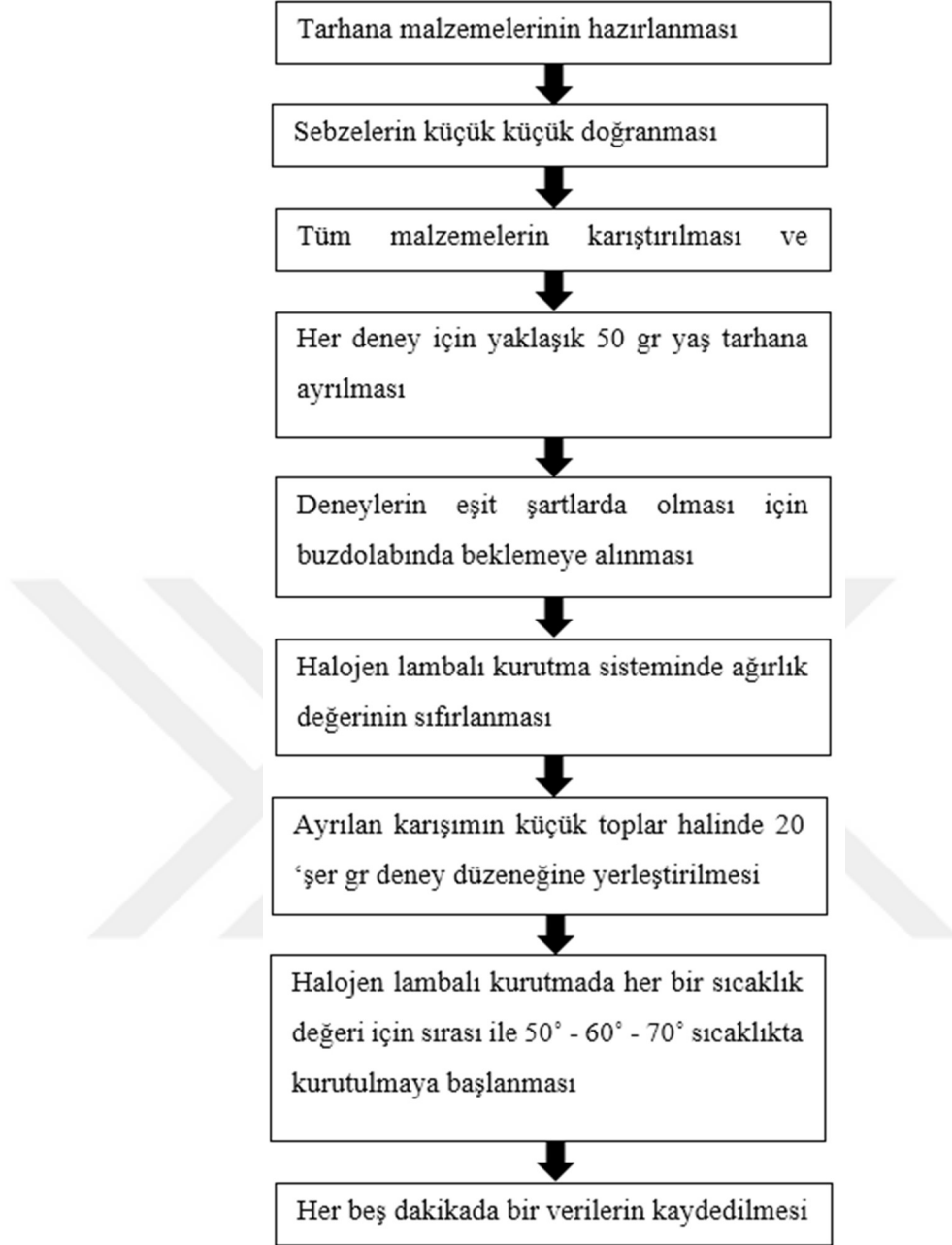
Giriş akım değeri dimmer devresi ile 3 amper ile sınırlandırılmıştır. Termoelektrik modülün datasheet dosyasındaki grafiklere bakılarak kurutma için harcanan enerji elde edilmiştir. Fanlarda harcanan enerji çok küçük değer olduğundan dikkate alınmamıştır. Girişte yani sisteme verilen enerjide wattmetre ile ölçülmüştür. Bunların oranı ile verim hesaplanmıştır. Halojen lambalı kurutma sisteminde ise aynı miktar ve aynı nem oranına sahip ürün kurutulmaya çalışıldığından çıkış gücü değerleri aynı alınmıştır. Giriş değerleri ise yine deney sırasında wattmetre ile ölçüldüğünden yine bu değerler oranlanarak verim değerleri bulunmuştur. Bu değerler Çizelge 4.5 'de verilmiştir.

3.4 Tarhananın Yapılışı ve Deney Süreci

Tarhanayı yapmak için gerekli olan malzeme listesi aşağıda verilmiştir.

- Süzme yoğurt (300 gr),
- Un (500 gr)
- Arnavut biber (70 gr- 8 tane)
- Sivri biber (200 gr-10 tane)
- Domates (180 gr-3 tane içi alınmış)
- Tuz (50gr-2 tatlı kaşığı)

Sebzeler daha homojen karışın diye blenderdan geçirildi. Un, süzme yoğurt ve tuz eklenerek yoğruldu. Deney süreci olumsuz etkilenmesin diye karışım 10 parça halinde ayrı kaplara konuldu ve buzdolabına bırakıldı. Beş saat sonra deneyde kullanılacak tarhana çıkarıldı. Ayrılan karışımın küçük toplar halinde 20 'şer gr deney düzeneğine yerleştirilmesi için hazırlanmıştır. Daha sonra halojen lambalı sistemde 50° sıcaklıkta kurutulmaya bırakılmıştır. Kurutma devam ederken her beş dakikada bir ağırlık, kuruma yüzdesi vb. veriler kayıt edilmiştir. Aynı aşamalar hazırlanan termoelektrik modüllü cihaz için de 1 saat süre ile yapılmıştır. Sistem çalışmadan önceki ve 1 saat süre geçtikten sonra yapılan ölçümler alınmıştır.



Şekil 3. 27 Deney yapım aşamaları

Deneyin yapılma aşamaları Şekil 3.27 'de algoritma şeklinde verilmiştir. Yapılan Tarhana hamurunun görünüşü şekil 3.28' de verilmiştir.



Şekil 3. 28 Üretilen Tarhana hamuru

Deney sonucunda TEM ve halojen lambalı kurutma sisteminden farklı sıcaklıklarda elde edilen kurutulmuş Tarhananın resimleri Şekil 3.29' da verilmiştir.



Şekil 3. 29 Farklı sistem ve sıcaklıklarda kurutulmuş olan Tarhananın resimleri

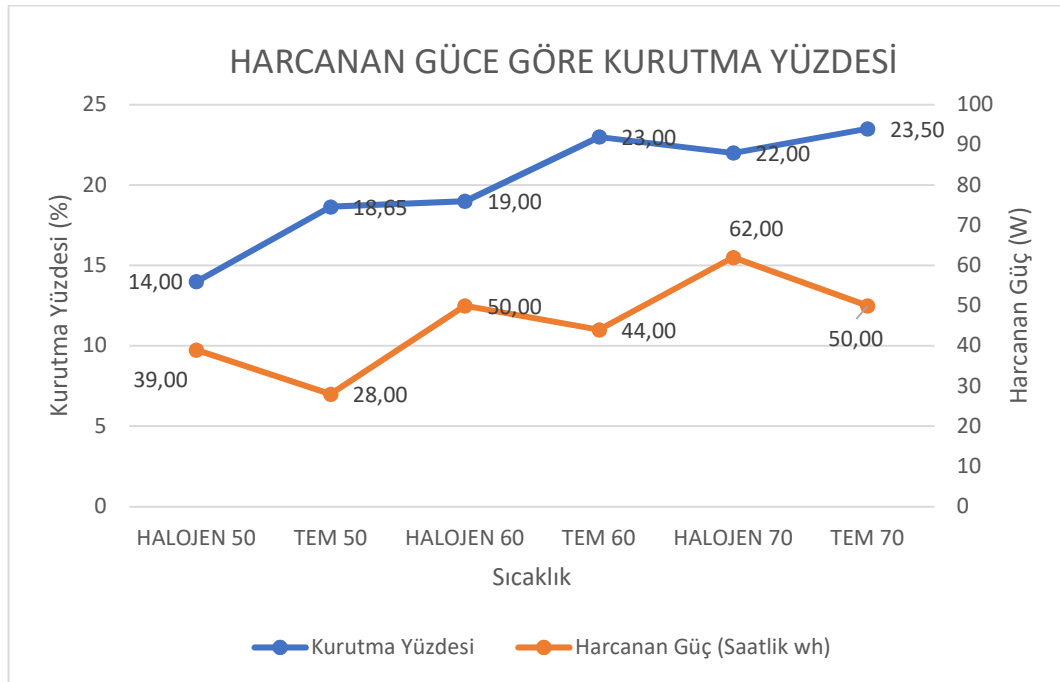
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Yapılan deneyler sonucunda her bir sistem için elde edilen kurutma yüzdesi ile harcanan elektrik enerjisi değerleri Çizelge 4.1’ de verilmiştir.

Çizelge 4. 1 Kurutma Yüzdesi ve Harcanan Güç Değerleri

	Kurutma Yüzdesi (%)	Harcanan Güç (W/h)
Halojen Lambalı Kurutma (50°C)	14	39
Halojen Lambalı Kurutma (60°C)	19	50
Halojen Lambalı Kurutma (70°C)	22	62
TEM Kurutma (50°C)	18,65	28
TEM Kurutma (60°C)	23	44
TEM Kurutma (70°C)	23,5	50

Şekil 4.1’ de görüldüğü gibi halojen lambalı kurutma sistemi ile saatte 39W enerji harcayarak 50°C sıcaklıkta Ürünün %14’ünü kuruturken, termoelektrik modül ile tasarlanan sistemde 28W ile Ürünün %18,65’i kurutulmuştur. Halojen lambalı kurutma sistemi ile saatte 50W enerji harcayarak 60°C sıcaklıkta Ürünün %19’unu kuruturken, termoelektrik modül ile tasarlanan sistemde 44W ile Ürünün %23’ü kurutulmuştur. Halojen lambalı kurutma sistemi ile saatte 62W enerji harcayarak 70°C sıcaklıkta Ürünün %22’ünü kuruturken, termoelektrik modül ile tasarlanan sistemde 50W ile Ürünün %23,5’u kurutulmuştur.



Şekil 4. 1 Cihazların deneylerde harcadığı güç değerine göre kurutma yüzdeleri

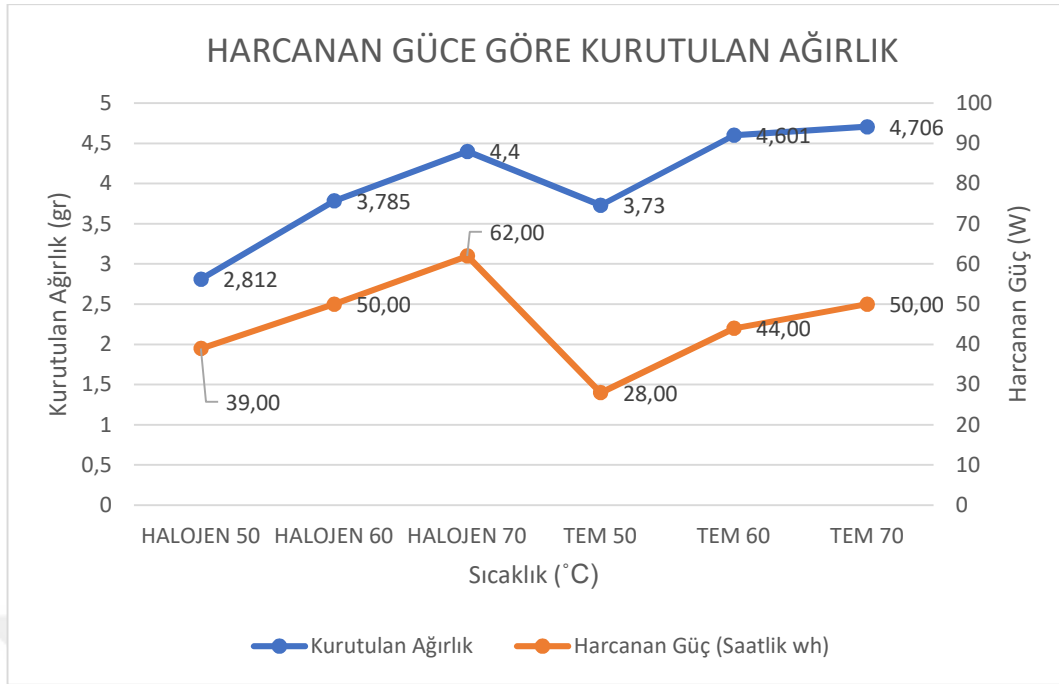
Termoelektrik modül ile yapılan sistem halojen lambalı kurutma cihazına göre daha az enerji harcamasına rağmen ürünün kurutma yüzdesi daha fazla olduğu görülmektedir.

Yapılan deneyler sonucunda her bir sistem için elde edilen kurutulan ağırlık ile harcanan elektrik enerjisi değerleri Çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4. 2 Kurutulan Ağırlık ve Harcanan Güç Değerleri

	Kurutulan Ağırlık (gr)	Harcanan Güç (W/h)	Sistem Verimi %
Halojen Lambalı Kurutma (50°C)	2,812	39	51,28
Halojen Lambalı Kurutma (60°C)	3,785	50	36
Halojen Lambalı Kurutma (70°C)	4,4	62	19,35
TEM Kurutma (50°C)	3,73	28	71,43
TEM Kurutma (60°C)	4,601	44	40,91
TEM Kurutma (70°C)	4,706	50	24

Şekil 4.2' de verildiği üzere, halojen lambalı kurutma sisteminde ile saatte 39W enerji harcayarak 50°C sıcaklıkta 20 gr ürünün 2,812 gr 'ı kurutulurken, termoelektrik modül ile tasarlanan sistemde 28W ile ürünün 3,73 gr 'ı kurutulmuştur. Halojen lambalı kurutma sistemi ile saatte 50W enerji harcayarak 60°C sıcaklıkta Ürünün 3,785 gr 'ı kurutulurken, termoelektrik modül ile tasarlanan sistemde 44W ile Ürünün 4,601 gr 'ı kurutulmuştur. Halojen lambalı kurutma sistemi ile saatte 62W enerji harcayarak 70°C sıcaklıkta ürünün 4,4 gr 'ı kurutulurken, termoelektrik modül ile tasarlanan sistemde 50W ile Ürünün 4,706 gr 'ı kurutulmuştur.



Şekil 4. 2 Cihazların deneylerde harcadığı güç değerine göre kurutulan ağırlıklar

Şekil 4.1’ deki sonuca bağlı olarak kurutulan üründe de benzer bir grafik çıkmaktadır. Şekil 4.2’ de de görüldüğü gibi termoelektrik modül ile yapılan sistem halojen lambalı kurutma cihazına göre daha az enerji harcayarak ürünü çok daha fazla kuruttuğu görülmektedir.

Yapılan deneyler sonucunda her bir sistem için elde edilen toplam güç tüketimi Çizelge 4.3’ de verilmiştir.

Çizelge 4. 3 Toplam güç tüketimi değerleri

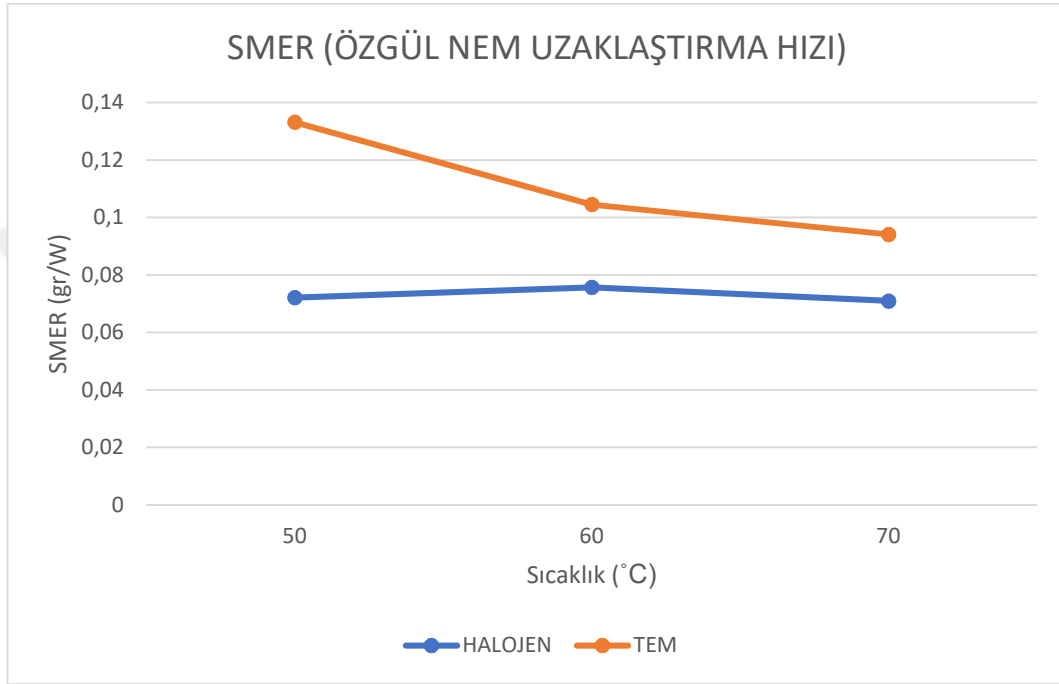
	Harcanan Güç (W/h)
Halojen Lambalı Kurutma (50°C)	136,5
Halojen Lambalı Kurutma (60°C)	166,6667
Halojen Lambalı Kurutma (70°C)	206,6667
TEM Kurutma (50°C)	65,275
TEM Kurutma (60°C)	99,2157
TEM Kurutma (70°C)	108,7963

SMER için yapılan hesaplama sonuçları Çizelge 4.4’ de verilmiştir.

Çizelge 4. 4 SMER değerleri

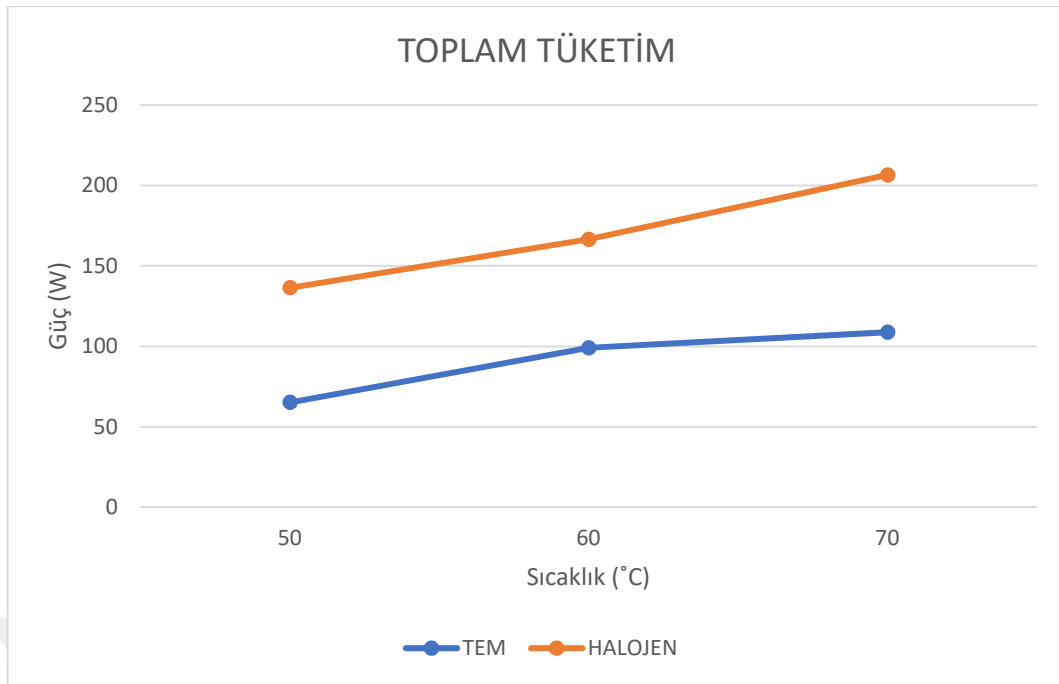
	50 °C	60 °C	70 °C
Halojen	0,072102564	0,0757	0,070968
Tem	0,133214286	0,104568182	0,09412

Şekil 4.3' de görüldüğü üzere özgül nem çekme oranı olarak bakıldığında 50 °C 'de halojen lambalı sistem için verim yaklaşık 0,072 çıkarken TEM 'li sistem için verim yaklaşık 0,133 çıkmıştır. 60 °C 'de halojen lambalı sistem için verim yaklaşık 0,076 çıkarken TEM 'li sistem için verim yaklaşık 0,105 çıkmıştır. 70 °C 'de halojen lambalı sistem için verim yaklaşık 0,071 çıkarken TEM 'li sistem için verim yaklaşık 0,094 çıkmıştır.



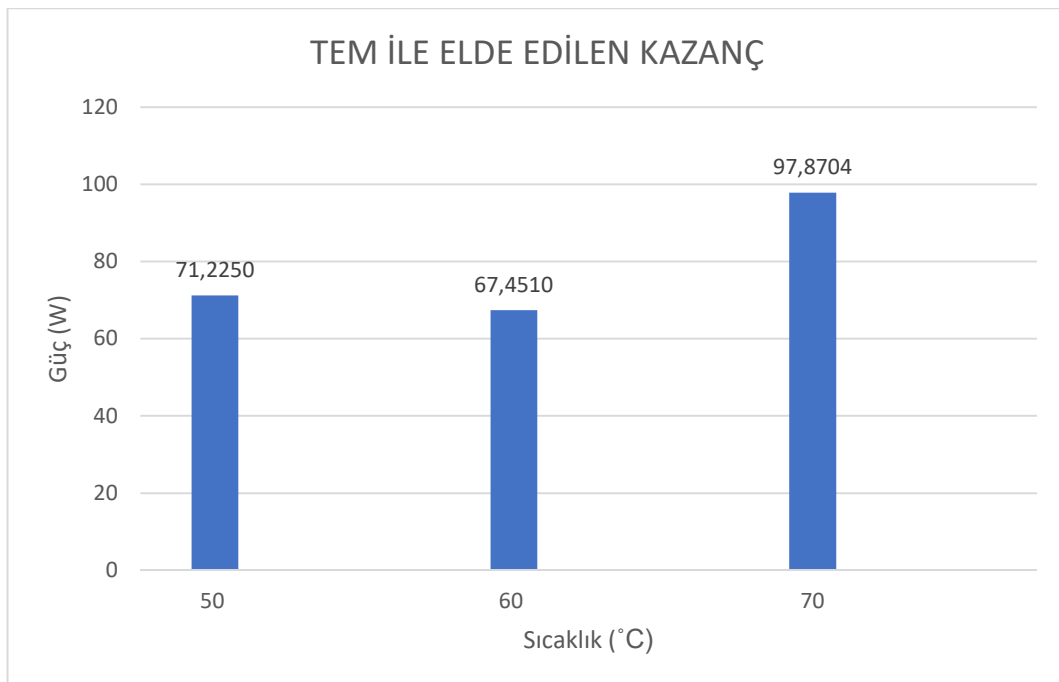
Şekil 4. 3 SMER değerleri

Şekil 4.4' de görüldüğü üzere sistemlerde tüketilen toplam güç değerleri ise halojen lambalı sistem için, 50 °C 'de 136,5 W, 60 °C 'de 166,6667 W, 70 °C 'de ise 206,6667 W, TEM 'li sistem için ise, 50 °C 'de 65,275 W, 60 °C 'de 99,2157 W, 70 °C 'de ise 108,7963 W çıkmıştır.



Şekil 4. 4 Cihazların deneylerde harcadığı toplam güç değerleri

Yapılan deneyler sonucunda her bir deneyde termoelektrik modül ile elde edilen net kazanç değerleri Şekil 4.5’ de verildiği üzere 50 °C ‘de 71,22 W, 60 °C ‘de 67,451 W, 70 °C ‘de ise 97,8704 W çıkmıştır.



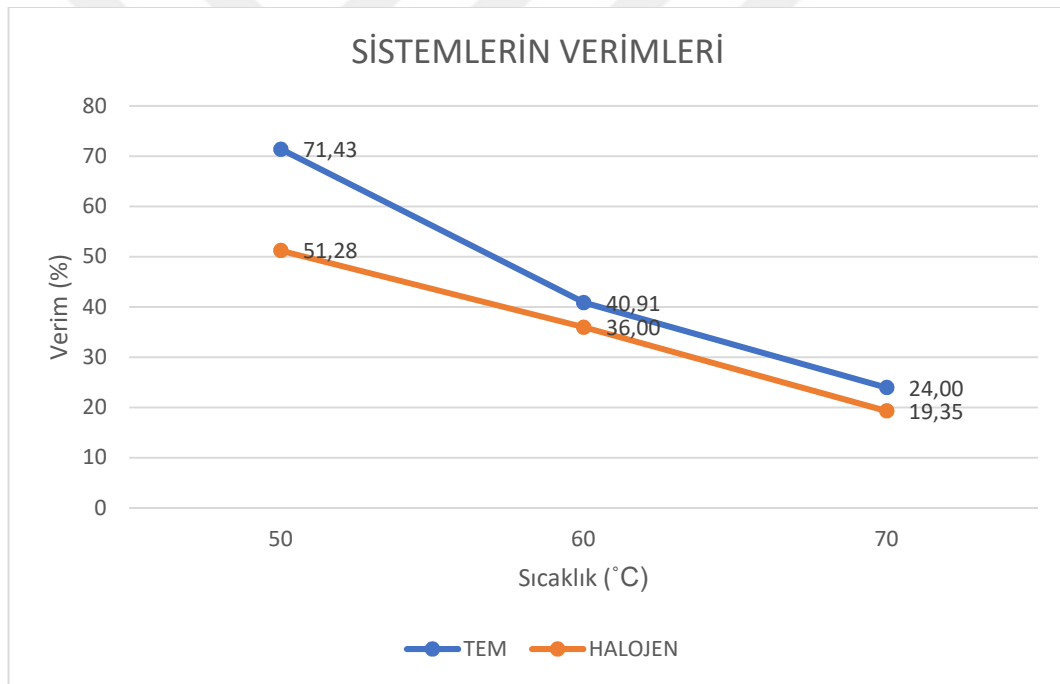
Şekil 4. 5 Güç değeri olarak termoelektrik modül ile elde edilen net kazanç

Her bir sıcaklık için sistemlerin hesaplanan verimleri Çizelge 4.5’ de verilmiştir.

Çizelge 4. 5 Sistem verimleri

	50 °C	60 °C	70 °C
TEM	71,43	40,91	24
HALOJEN	51,28	36,00	19,35

Şekil 4.5’ de görüldüğü gibi Çizelge 4.5’ de görüldüğü gibi verim olarak bakıldığında 50 °C ‘de halojen lambalı sistem için verim yaklaşık %51,28 çıkarken TEM ‘li sistem için verim yaklaşık %71,43 çıkarak daha verimli olduğu görülmektedir. 60 °C ‘de halojen lambalı sistem için verim yaklaşık %36 çıkarken TEM ‘li sistem için verim yaklaşık %40,91 çıkarak daha verimli olduğu görülmektedir. 70 °C ‘de halojen lambalı sistem için verim yaklaşık %19,35 çıkarken TEM ‘li sistem için verim yaklaşık %24 çıkarak daha verimli olduğu görülmektedir.

**Şekil 4. 6** Sistem verimleri

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yaptığımız tez çalışmasında termoelektrik modül kullanılarak bir kurutma sistemi tasarlanarak imalatı yapılmıştır.

Tasarlanan sistemin kontrolünü Matlab Simulink programında model hazırlanarak gerçek zamanlı kontrol sağlanmıştır.

Boşnak Tarhanasının halojen lambalı sistemde 20 gr başlangıç ağırlığı için 50°C, 60°C ve 70°C sıcaklıklar için kurutma işlemi yapılmıştır.

Tasarlanıp imal edilen sistem ile aynı başlangıç ağırlığı ve aynı sıcaklıklar ile deneyler tekrarlanmıştır.

Halojen lambalı kurutma sistemi ile saatte 39W enerji harcayarak 50°C sıcaklıkta Ürünün %14'ünü kuruturken, termoelektrik modül ile tasarlanan sistemde 28W ile Ürünün %18,65'i kurutulmuştur.

Halojen lambalı kurutma sistemi ile saatte 50W enerji harcayarak 60°C sıcaklıkta Ürünün %19'unu kuruturken, termoelektrik modül ile tasarlanan sistemde 44W ile Ürünün %23'ü kurutulmuştur.

Halojen lambalı kurutma sistemi ile saatte 62W enerji harcayarak 70°C sıcaklıkta Ürünün %22'ünü kuruturken, termoelektrik modül ile tasarlanan sistemde 50W ile Ürünün %23,5'u kurutulmuştur.

Her bir deney için iki sisteminde enerji tüketimleri, ürün kurutma yüzdesi ve kurutulan ürün miktarları yapılan ölçümler sonucunda tespit edilmiştir. Elde edilen bu değerler ile Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4' deki grafikler çizilmiştir.

Şekil 4.1' de görüldüğü gibi termoelektrik modül ile yapılan sistem daha az enerji harcayarak kurutma yüzdesi daha yüksek çıktığı görülmektedir.

Çizelge 4.5' de görüldüğü gibi verim olarak bakıldığında 50 °C 'de halojen lambalı sistem için verim yaklaşık %51,28 çıkarken TEM 'li sistem için verim yaklaşık %71,43 çıkarak daha verimli olduğu görülmektedir.

60 °C 'de halojen lambalı sistem için verim yaklaşık %36 çıkarken TEM 'li sistem için verim yaklaşık %40,91 çıkarak daha verimli olduğu görülmektedir.

70 °C 'de halojen lambalı sistem için verim yaklaşık %19,35 çıkarken TEM 'li sistem için verim yaklaşık %24 çıkarak daha verimli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.4' de görüldüğü gibi özgül nem çekme oranı olarak bakıldığında 50 °C 'de halojen lambalı sistem için verim yaklaşık 0,072 çıkarken TEM 'li sistem için verim yaklaşık 0,133 çıkmıştır.

60 °C 'de halojen lambalı sistem için verim yaklaşık 0,076 çıkarken TEM 'li sistem için verim yaklaşık 0,105 çıkmıştır.

70 °C 'de halojen lambalı sistem için verim yaklaşık 0,071 çıkarken TEM 'li sistem için verim yaklaşık 0,094 çıkmıştır.

Yapılan deneyler sonucunda her bir sıcaklık için her bir sistemin toplam tükettiği elektrik enerjisi hesaplanmıştır. Termoelektrik modül ile kurutmada daha az enerji tüketilerek daha fazla ürün kurutulduğu için enerji kazancı sağlandığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmadan yola çıkılarak yapılabilecek çalışmalarda, kurutulan her bir ürün için mikrobiyolojik açıdan da incelenebileceği düşünülmektedir.

Sistemde termoelektrik modülün zarar görmemesi adına dimmer devresi ile maksimum 3A akıma kadar sisteme güç verildi. Termoelektrik modülün yüzeyleri arasındaki maksimum sıcaklık farkını geçmemek koşulu ile daha fazla akım sağlanarak daha yüksek sıcaklıklar için deneyler yapılabilir.

Termoelektrik modül ile tasarlanan sistemde, termoelektrik modül sayısı artırılarak ve gerekli elektronik düzenlemeler yapılarak kurutma zamanı kısaltılabilir. Ancak yapılacak deney sonrasında ürün kaliteleri incelenmelidir.

Termoelektrik modül ile tasarlanan sistem farklı kuruma sistemleri ile (halojen lambalı, vakum tüplü, güneş enerjili kurutma sistemi vb.) kurutulan ürün kalitesi ve mikrobiyolojik açıdan kıyaslanabilir.

Termoelektrik modül ile tasarlanan sistem farklı kuruma sistemleri ile (halojen lambalı, vakum tüplü, güneş enerjili kurutma sistemi vb.) enerji tüketimi açısından kıyaslanabilir.

Termoelektrik modül ile tasarlanan sistemde, gerekli elektronik düzenlemeler yapıldıktan sonra farklı kontrol yöntemleri (PID, bulanık mantık vb.) kullanılarak enerji tüketimi açısından tekrar değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

- Anonim, https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/185330/mod_resource/content/1/1-Do%C4%9Ffal%20ve%20Yapay%20Kurutma.pdf, Erişim tarihi:05/06/2023
- Anonim, <https://linuxhint.com/arduino-uno-pinout-guide/>, Erişim tarihi:06/06/2023
- Anonim, <https://www.etkilesimliogrenme.com/arduino-nedir>, Erişim tarihi:06/06/2023
- Anonim, <https://www.tec-microsystems.com/faq/thermoelectric-coolers-intro.html>, Erişim tarihi:05/06/2023
- Aktaş, M., Ceylan, İ., Doğan, H., 2004, Güneş Enerjili Kurutma Sistemlerinin Fındık Kurutulmasına Uygulanabilirliği, Teknoloji, 7 (4).
- Aktaş, M., Şevik, S., Doğan, H., Öztürk, M., 2012, Fotovoltaik ve Termal Güneş Enerjili Sürekli Bir Kurutucuda Domates Kurutulması, Tarım Bilimleri Dergisi, 18 (4), 287-298.
- Altunsu, A. (2017), "Güneş Enerjili Sistem ile Fındık Kurutulması, Zaman ve Sıcaklık Otomasyonunun Sağlanması", Yüksek Lisans, Karabük Üniversitesi, Karabük, 49
- Arslan O. Ocak 2021, "Traktörlerde Kullanılmak Üzere Hızlı Bir Soğutucu Tasarımı ve Geliştirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Uygulama Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sakarya, 91
- Bulut, H., 2005, Termoelektrik Soğutma Sistemleri, Soğutma Dünyası, Sayı 31, Sayfa 9-16
- Ceylan, İ., Aktaş, M., Doğan, H., 2006, Güneş Enerjili Kurutma Fırınında Elma Kurutulması, Politeknik Dergisi, 9 (4), 289-294.
- Çakır, H. Haziran 2006, "Güneş Piliyle Elde Edilen Elektrik Enerjisinin Termoelektrik Soğutmada Kullanılması", Bilim Uzmanlığı Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, 89
- Çakır, M.T., 2015, Güneş Enerjisinden Yararlanarak Tarım Ürünlerinin Kurutulması, Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi (Gmbd), 1 (1), 41-55.
- Çayan, O. (2019), "Muğla Koşullarında Güneş Enerjili Bir Kurutucuda Biberin Kurutulmasının Deneysel Olarak İncelenmesi ve Sonuçların Klasik Kurutma Sonuçlarıyla Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, 66
- Çetin, A. 2019, "Arduino ve Android tabanlı kaza bildirim ve uyarı sistemi". İstanbul Gelişim Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 90
- Çoksaygılı, N. Ocak 2002, "Bursa Piyasasında Satılan Hazır Çorbaların Mikrobiyolojik Özellikleri", Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 38
- Çolak Güneş, N. Ocak 2009, "Gıda kurutma sistemlerinin ekserji analizi", Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 188
- Demir, Ö. (2019), Kızılötesi Kurutucuda Nane Bitkisinin Optimum Kurutma Sıcaklığının Belirlenmesi, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 8 (3), 1094-1100.
- Demir, Ö., (2012), "Güneş Enerjili Isı Borulu Kurutucu ile Sera Tipi Kurutucuda Defne Yaprağı Kurutulması ve Kurutma Parametrelerinin Karşılaştırılması", Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük Üniversitesi, Karabük, 65
- Doruk, Y. Şubat 2022, "Tarhana Kullanarak Grissini Hazırlanması ve Lezzet Profili Analizi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Okan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, 156
- Erden, S. Haziran 2019, "Ev ve Sanayi Tipi Gediz Tarhanasının Depolama Sırasında Bazı Besin Değerlerindeki Değişimlerin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 40

- Ergüneş, B., Ekim 2019, "Sıcak Havalı Kurutucular için Ağırlık İzleme Sistemi Geliştirilmesi", Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, 74
- Gültekin, R. (2016), "Şanlıurfa Şartlarında Patlıcanın Kurutulmasında Güneş Enerjili Kurutma Makinesi Geliştirilmesi, Yüksek Lisans, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, 61
- Özbalta, N., Güngör, A., Güneş Enerjili Kurutma Teknolojileri Ve Uygulamalarda Gelişmeler, mmo.org.tr, Erişim tarihi:05/06/2023
- Harun, S., 2011, Termoelektrikli Taşınabilir Bir Soğutucu Tasarımı, GÜFBED/GUSTIJ 1 (1):57-67
- Koç, A.B., Toy, M., Hayoğlu, İ.A., Vardin, H. 2004. Kırmızı Biber Kurutmada Kullanılan Güneş Enerjili Bir Kurutucu Performansı, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 8 (2), 57-65.
- Lee, H.S., 2017, Thermoelectrics: Design and Materials, ISBN-13: 978-1118848951, Western Michigan University, USA: John Wiley & Sons, Inc. 1-37.
- Lineykin, S., Ben - Yaakov, S., March/April, 2007, Modeling and Analysis of Thermoelectric Modules IEEE Transactions on Industry Applications, Vol 43, No. 2,
- Mert, Ş. (2019), "Güneş Enerjili Kurutma Sistemlerinin Çekirdeksiz Kuru Üzüm Üretimine Etkileri", Yüksek Lisans, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ege Üniversitesi, İzmir, 95
- Mutlu, A., Ergüneş, G., 2008, Tokat'ta Güneş Enerjili Rafli Kurutucu ile Domates Kurutma Koşullarının Belirlenmesi, International Journal Of Agricultural And Natural Sciences, 1 (1), 61-68.
- Ökten, E. Ocak 2007, "Mikrodenetleyicili Sıcaklık ve Hız kontrollü Termoelektrik Yarıiletken Üretim Sistemi", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 145
- Özçavdar A., Ekim 2021, "Güneş Enerjisi ile Çalışan Termoelektrik Jeneratör Tasarımı ve Performansının İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 152
- Özçelik, Ç. 2020, "Faz Değiştirmeli Güneş Enerjili Depolama Sistemiyle Entegre Güneş Enerjili Meyve Kurutma Sistemi Modellenmesi, Dizaynı, Testleri ve Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ege Üniversitesi, İzmir, 181sayfa
- Rowe, D. M., 2006, Thermoelectric Handbook: Macro to Nano, ABD: Taylor & Francis Group LLC.
- Saydam, D.B., Çerçi, K.N., Hürdoğan, E., 2019, Farklı Gıda Ürünlerinin Kuruma Karakteristiklerinin Güneş Enerji Destekli Bir Kurutucuda Deneysel Olarak Belirlenmesi, 14. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir
- Soysal, Y., 2004, Microwave Drying Characteristics of Parsley, Elsevier, Vol 89, No. 2.
- Sungur C., 2008, Güneş Pilleri İle Beslenen Termoelektrik Mobil Soğutucunun Tasarımı ve Analizi, Teknik-Online Dergi Cilt 7, Sayı:1
- Şansal, U. 2017, "Gömülü sistem tabanlı ev otomasyon ve güvenlik sistemi tasarımı", Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yozgat, 118
- Teymur, N. Haziran 1999, "Maydanoz ve dereotunun kurutulması ve kuruma karakteristiklerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 64
- Tüfekli, İ. Haziran 2008, "Termoelektrik Modüllü Lokal Uygulamalı Soğuk Tedavi Cihaz Tasarımı, İmalatı ve Deneysel İncelenmesi", Bilim Uzmanlığı Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, 76

- Usta, H., Kırmacı, V., 2002, Termoelektrik Etkiler ve Soğutma Etkinliğinin Uygulanması, Teknoloji, Sayı 3-4, 65-71
- Yalçınkaya, G. Kasım 2008, “Termoelektrik Modül ile Soğutma ve Deneysel Elektrik Üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 73
- Yıldız, Z., Gökayaz, L., 2019, Güneş Enerjili Kurutucuda Kurutulan Elma Dilimlerinin Kurutma Koşullarının Rsm ile Optimizasyonu, Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 34 (2), 100-108.
- Yıldız, Z., Gökayaz, L., 2020, Çok Raflı Güneş Enerjili Kurutucu ile Elma Kurutma İşlemi Üzerine Kurutma Koşulların Etkisi, Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 9 (1), 27-36.



EKLER**EK-1** Halojen Lambalı Kurutucu Sistemde 50° İçin 5 dakika Aralıklı Kurutulan Ağırlık Ve Kurutma Yüzdesi

Süre	Kurutulan Ağırlık	Kurutma Yüzdesi
0	20,019	0,000
5	19,714	2,000
10	19,439	3,000
15	19,182	4,000
20	18,942	5,000
25	18,710	7,000
30	18,489	8,000
35	18,271	9,000
40	18,061	10,000
45	17,855	11,000
50	17,655	12,000
55	17,461	13,000
60	17,272	14,000
65	17,090	15,000
70	16,915	16,000
75	16,748	16,000
80	16,587	17,000
85	16,433	18,000
90	16,285	19,000
95	16,147	19,000
100	16,015	20,000
105	15,892	21,000
110	15,776	21,000
115	15,668	22,000
120	15,567	22,000
125	15,474	23,000
130	15,386	23,000
135	15,303	24,000
140	15,225	24,000
145	15,151	24,000
150	15,080	25,000
155	15,014	25,000
160	14,933	25,000

165	14,891	26,000
170	14,833	26,000
175	14,778	26,000
180	14,725	26,000
185	14,674	27,000
190	14,624	27,000
195	14,578	27,000
200	14,532	27,000
205	14,489	28,000
210	14,446	28,000



EK-2 Halojen Lambalı Kurutucu Sistemde 60° İçin 5 dakika Aralıklı Kurutulan Ağırlık Ve Kurutma Yüzdesi

Süre	Kurutulan Ağırlık	Kurutma Yüzdesi
0	19,997	0
5	19,455	3
10	19,027	5
15	18,646	7
20	18,290	9
25	17,955	10
30	17,590	12
35	17,332	13
40	17,050	15
45	16,791	16
50	16,553	17
55	16,337	18
60	16,140	19
65	15,960	20
70	15,794	21
75	15,640	22
80	15,501	22
85	15,370	23
90	15,247	24
95	15,133	24
100	15,025	25
105	14,922	25
110	14,825	26
115	14,730	26
120	14,644	27
125	14,561	27
130	14,480	28
135	14,404	28
140	14,332	28
145	14,248	29
150	14,192	29
155	14,132	29
160	14,070	30
165	14,012	30
170	13,957	30
175	13,905	30

180	13,852	31
185	13,805	31
190	13,762	31
195	13,720	31
200	13,688	32



EK-3 Halojen Lambalı Kurutucu Sistemde 70° İçin 5 dakika Aralıklı Kurutulan Ağırlık Ve Kurutma Yüzdesi

Süre	Kurutulan Ağırlık	Kurutma Yüzdesi
5	20	0
10	18,452	8
15	18,105	10
20	17,705	12
25	17,366	13
30	17,043	15
35	16,746	16
40	16,485	18
45	16,248	19
50	16,023	20
55	15,793	21
60	15,608	22
65	15,430	23
70	15,252	24
75	15,081	25
80	14,921	25
85	14,764	26
90	14,615	27
95	14,470	28
100	14,332	28
105	14,200	29
110	14,070	30
115	13,948	30
120	13,829	31
125	13,720	31
130	13,610	32
135	13,515	32
140	13,422	33
145	13,334	33
150	13,254	34
155	13,178	34
160	13,111	34
165	13,045	35
170	12,985	35
175	12,929	35
180	12,885	36

185	12,850	36
190	12,785	36
195	12,758	36
200	12,740	36



ÖZGEÇMİŞ**KİŞİSEL BİLGİLER**

Adı Soyadı : Gavsı AVCI

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	Mürsel Altıntaş Sağlık Meslek Lisesi, Emirdağ, Afyonkarahisar	2000
Üniversite	Karabük Üniversitesi, Merkez, Karabük	2007
	Anadolu Üniversitesi	2008
	Anadolu Üniversitesi	2015
Yüksek Lisans	Muş Alparslan Üniversitesi	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2004-2013	Sağlık Bakanlığı	Acil Tıp Teknisyeni
2013-	Milli Eğitim Bakanlığı	Öğretmen

UZMANLIK ALANI**YABANCI DİLLER****BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER**