



**MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**PLC KONTROLLÜ, ELEKTRO MANYETİK GÜÇ İLE ÇALIŞAN  
VAKUM SİSTEMLİ KURUTMA FIRIN TASARIMI VE İMALATI**

**ADEM SOYSAL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Antakya / HATAY**  
**ŞUBAT- 2011**



**MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**PLC KONTROLLÜ, ELEKTRO MANYETİK GÜÇ İLE ÇALIŞAN  
VAKUM SİSTEMLİ KURUTMA FIRIN TASARIMI VE İMALATI**

**ADEM SOYSAL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Antakya / HATAY**  
**ŞUBAT- 2011**

**MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PLC KONTROLLÜ, ELEKTRO MANYETİK GÜÇ İLE ÇALIŞAN  
VAKUM SİSTEMLİ KURUTMA FIRIN TASARIMI VE İMALATI**

**ADEM SOYSAL**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Yrd. Doç. Dr. Enver YILDIZ danışmanlığında hazırlanan bu tez 25/03/2011 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Enver YILDIZ  
Başkan

Yrd. Doç. Dr. Cuma KARAKUŞ  
Üye

Yrd. Doç. Dr. Yakup KAR  
Üye

Bu tez Enstitümüz Makine Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

**Kod No:**

Prof. Dr. Necat AĞCA  
Enstitü Müdürü

**Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.**

<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>SAYFA</b>
ÖZET .....	II
ABSTRACT .....	III
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	VI
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Kurutma Sistemleri .....	1
1.1.1. Kurutma Usulleri .....	3
1.1.1.1. Güneşte, Açık Havada Doğal Kurutma .....	3
1.1.1.2. Sıcak Hava İle Kurutma .....	4
1.1.1.3. Soğutarak Kurutma .....	4
1.1.1.4. Vakumla Kurutma .....	4
1.1.1.5. Kimyasal Kurutma .....	4
1.1.2. Kurutucu Tipleri .....	4
1.1.2.1. Tepsili Kurutucular .....	5
1.1.2.2. Tünel Kurutucular .....	5
1.1.2.3. Konveyör (Bantlı) Kurutucular .....	6
1.1.2.4. Akışkan Yataklı Kurutucular .....	7
1.1.2.5. Püskürtmeli Kurutucular .....	7
1.1.2.6. Valsli Kurutucular .....	9
1.1.2.7. Güneş Enerjili Kurutucular .....	10
1.2. PLC ve Kullanım Alanları .....	11
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	23
3.1. Materyal .....	23
3.2. Yöntem .....	38
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....	43
5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	49
KAYNAKLAR .....	50
TEŞEKKÜR .....	53
ÖZGEÇMİŞ .....	54

**ÖZET****PLC KONTROLLÜ,ELEKTRO MANYETİK GÜÇ İLE ÇALIŞAN  
VAKUM SİSTEMLİ KURUTMA FIRIN TASARIMI VE İMALATI**

Yapılan bu tez çalışmasında bir kurutma fırınında elektromanyetik kuvvet yardımı ile 306 mbar vakum elde edilmiştir. Kurutma fırınının hacmi hesaplanarak her bir tetikleme sonunda dışarıya atılan su buharı miktarı mol bazında hesaplanmıştır. Buna bağlı olarak ürünün kuruması için kaç tetikleme yapılması gerektiği hesaplanmıştır. Bütün bu çalışmalar, PLC yardımı ile otomatik olarak tespit edilmiştir. Yapılan deneyde 500 g Amasya tip elmanın kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Vakumla kurutma işlemini konu alan çalışmaların sonuçları ile kıyaslandığında, bu çalışmada kurutma hızının arttığı tespit edilmiştir. Fırının harcadığı enerjinin de azaldığı ölçülmüştür.

2011, **54** sayfa

**Anahtar Kelimeler:** Kurutma, vakum, manyetik, PLC

**ABSTRACT**

**WORKING WITH ELECTRO MAGNETIC POWER PLC CONTROL  
VACUUM OF FRUIT AND VEGETABLES DRYER**

In this thesis, the drying furnace 306 mbar vacuum was obtained with the help of the electromagnetic force. In this work, the volume of drying furnace is calculated and the amount of water vapor thrown out at the end of each trigger is calculated on the mole basis. Correspondingly, the number of triggers need to be done to dry the product is also calculated. All of these studies were determined automatically with the help of the PLC. This experiment is conducted by drying the 500 grams Amasya apple. In comparison to earlier vacuum drying experiments and studies, the speed of drying in this experiment is observed to be higher and more efficient. Furthermore, the energy consumption level in furnace is minimized.

2011, **54** pages

**Key Words:** Dryer, vacuum, magnetic, PLC

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

U	Volt (Elektrik gerilim birimi)
I	Amper (Elektrik akım birimi)
P	Basınç (kPa)
$n$	Mol miktarı
$R_u$	Gaz sabiti
V	Hacim ( $m^3$ )
D	Çap (m)
m	Kütle (kg)
M	Mol kütlesi
T	Sıcaklık (K)
$g_{\delta}$	Önceki kütlesi
$g_s$	Sonraki kütlesi
$k$	Kütle kaybı
$N_s$	Sonraki nem oranı
$N_{\delta}$	Önceki nem oranı
t	Zaman (s)
kWh	Kilowattsaat (Enerji birimi)
mmHg	Milimetrecıva (Basınç birimi)
kPa	Kilopascal (Basınç birimi)
PLC	Programlanabilir mantık bilgisayar (Programlanabilir lojik kontrolör)
SCADA	Yönetmel denetim ve veri toplama (supervisory control and data acquisition)
AC	Alternatif akım (Alternative current)
DC	Doğru akım (Direct current)
CPU	Merkezi işlemci birimi
AHEF	Ankara halk ekmek fabrikası
YHB	Yüksek hidrostatik basınç

**ÇİZELGELER DİZİNİ**

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1. Eylül ayı sıcaklık ortalaması .....	40



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 1.1. Tepsili kurutucu .....	5
Şekil 1.2. Tünel kurutucu .....	6
Şekil 1.3. Bantlı kurutucu .....	6
Şekil 1.4. Akışkan yataklı kurutucu .....	7
Şekil 1.5. Püskürtmeli kurutucu ( Tek noktadan ürün çıkışı) .....	8
Şekil 1.6. Püskürtmeli kurutucu ( İki noktadan ürün çıkışı) .....	8
Şekil 1.7. Valsli kurutucu .....	9
Şekil 1.8. Güneş enerjili kereste kurutma fırını .....	10
Şekil 1.9. PLC' nin genel yapısı .....	13
Şekil 3.1. Kurutma fırını tesisat şeması .....	23
Şekil 3.2. Silindirik bakır kap .....	24
Şekil 3.3. Krom – Nikel kapak alt ve üst görünüşü .....	24
Şekil 3.4. Elektromıknatıs (çekirdek) .....	25
Şekil 3.5. Doğal mıknatıs .....	25
Şekil 3.6. Selenoid valf .....	26
Şekil 3.7. Röleler .....	26
Şekil 3.8. Hava yastığı ve sızdırmaz cam .....	26
Şekil 3.9. Sigortalar .....	27
Şekil 3.10. Kontaktörler .....	27
Şekil 3.11. Touch panel .....	28
Şekil 3.12. 24V DC güç kaynağı .....	28
Şekil 3.13. Nem sensörü .....	29
Şekil 3.14. Basınç sensörü ve basınç transdüseri .....	29
Şekil 3.15. PT100 sıcaklık sensörü .....	30
Şekil 3.16. Sıcaklık gösterge cihazı .....	30
Şekil 3.17. PLC cihazı ve CPU modülü analog giriş ve dijital çıkış modülü .....	30
Şekil 3.18. RS 232 ve RS 475 kablo .....	31
Şekil 3.19. Şalter .....	31
Şekil 3.20. Kontrol paneli devre şeması .....	32
Şekil 3.21. Analog giriş modülü devre şeması .....	32

Şekil 3.22. Dijital çıkış devre şeması .....	33
Şekil 3.23. Ladder diyagramı .....	33
Şekil 3.24. Liste diyagramı .....	34
Şekil 3.25. Kurutma fırını düzeneği .....	38
Şekil 3.26. Touc panelde set ekranı ve start ekranı .....	39
Şekil 4.1. Gerilim akım grafiği .....	44
Şekil 4.2. Akım basınç grafiği .....	44
Şekil 4.3. Nem miktarının zamana bağlı olarak değişimi .....	45
Şekil 4.4. Elmanın 55 °C de kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı .....	46
Şekil 4.5. Elmanın kurutulmasında zamana bağlı ağırlık kaybı .....	47
Şekil 4.6. Elmanın 65 °C de kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi .....	47
Şekil 4.7. Elmanın kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi .....	48

## 1.GİRİŞ

### 1.1. Kurutma Sistemleri

Kuru hava hacimsel olarak deniz seviyesinde; yaklaşık % 78 Azot, % 21 Oksijen ve % 1 oranında asal gazları (Helyum, Neon, Argon, Kripton, Ksenon) içermektedir. Nemli hava denildiğinde, su buharı ile havanın karışımı anlaşılmaktadır. Nemli havadaki su buharı miktarı, sıcaklığa bağlı olarak, sıfırdan başlayarak bir maksimum değere ulaşmaktadır.

Birim zamanda, birim alandan buharlaşan su kütlesi kurutma hızını belirler. Kaliteli ürün eldesi ve enerji maliyeti bakımlarından, kurutma hızı büyük önem taşımaktadır. Kurutma işleminin süresi, kurutmanın yapıldığı ortam havasının nemi ve sıcaklığına göre değişir. Bu bakımdan, kurutma süresinin kısaltılması kurutma havasının ihtiva ettiği mutlak nem miktarının azlığına bağlıdır. Havanın neminin fazla olduğu durumlarda kurutma işlemi de zorlaşır. İşin sürekliliği bakımından kurutmanın, istenilen şartlara uygun olarak, hızlı bir şekilde yapılması çok önemlidir. Nem, kısaca havadaki su buharı ve ürün içindeki su miktarıdır. Kurutma da; hava içindeki su buharının ve ürün içinde de genellikle su halinde bulunan nemin, fiziksel anlamda ortamdan uzaklaştırılması işlemidir. Kurutma süresinde ürünün cinsi ve biyolojik yapısı yanında; doğal çevrenin hava sıcaklığı, mevcut havanın nemi, havanın hareketi ve güneş ışınım yoğunluğu gibi faktörler de etkili olurlar (Doğan, 2001).

Kurutma, içerisinde su buharı bulunduran materyaller çeşitli şekillerde ısıtılarak materyalin içerisindeki su buharının atılması olayıdır. Kurutma tabii ortamda veya bir enerji harcanarak yapılabilir. Enerji harcanarak yapılan kurutmalar ya atmosferik basınç altında ya da vakum altında yapılmaktadır. Kurutma işlemi gelişen teknolojiyle beraber daha da önem kazanmaktadır.

Kurutma süreçleri, genellikle ürünleri daha kısa sürede kurutabilmek için yüksek enerji maliyetleri ile karşımıza çıkmaktadır. Ancak yüksek sıcaklıklarda özellikle biyolojik ürünlerin kurutulmasında ürün kalitesi düşmektedir. Kurutma sürecinin enerji maliyetini minimize etmek, ürün kalitesini istenen seviyede tutmaya çalışmak ve arzu edilen nem kesri değerine en kısa sürede ulaşabilmek için öncelikle bir optimizasyon probleminin tanımlanması gerekmektedir (Yüzgeç, 2005).

Endüstriyel bir proses olan kurutma işlemi kimya, tekstil, seramik, inşaat, kereste, gıda vb. gibi daha bir çok endüstriyel alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu

sektörlerde kurutma için tüketilen enerji toplam enerji tüketimi içinde önemli bir paya sahiptir. Gıda sektöründe kurutma, gıda maddelerinin bozulmadan uzun süre saklanması ve korunması için başvurulan önemli yöntemlerden biridir.

Taze meyve ve sebzelerin çabuk bozulması, bu ürünlerin taze olarak dar bir bölgede tüketilmesini zorunlu kılmaktadır. Oysa bunların kurutulmaları ile iç ve dış pazar istekleri rahatlıkla karşılanabilir. Günümüzde taze meyve ve sebzelerin tarladan çıktığı, bahçeden toplandığı gibi tüketilmesi azalmakta ve bu aynı zamanda ekonomik de olmamaktadır. Gelişmiş ülkelerde gıda maddelerinin % 60'ı teknolojik işlemlere tabi tutulurken bu oran bizde % 30'u bulmamaktadır. Bu oranların yükseltilmesi gelişme düzeyini artıracığı gibi ekonomik verimliliği de artırıcı ve hatta tarımsal kalkınmayı motive edici olacaktır. Gıda maddelerinin uzun süre kullanılmasını sağlayan teknolojik işlemlerin başında kurutma gelmektedir (Sarsılmaz, 1998).

Kurutmanın tarihsel gelişiminde, Davies 1904 yılında, kurutma hızının, hava ve ısı arasındaki basınç farkına bağlı olduğunu ifade etmiştir. Nemin katı içindeki hareketi (difüzyon), ilk kez Davies ve Eyre (1923) tarafından fark edilmiş, Lewis, Newman ve Sherwood tarafından incelenerek, bu konudaki bilgiler geliştirilmiştir (Özel, 1986).

Tarım ülkelerinde özellikle sebze ve meyvelerin korunmasında ülkemizde de yaygın olarak kullanılan üç yöntem; soğutma, konservecilik ve kurutmadır. Bu yöntemlerden ilk ikisinde, ürün cinsine bağlı olarak enerji girdisinin fazlalığı maliyeti artırmaktadır. Kurutma bu iki yönteme göre özellikle işlem kolaylığı nedeniyle daha uygulanabilir ve enerji girdisinin azlığı nedeniyle de daha ekonomik görünmektedir. Hasat döneminde iklimsel koşulların elvermesi ve güneş enerjisinden yararlanılması halinde, kurutma çok daha çekici hale gelebilmektedir (Özel, 1986).

Ülkemizde ürün kurutma işlemleri, kurutma makineleri ve açık alanlarda güneş enerjisi yardımıyla yapılmaktadır. Açık alanlarda yapılan kurutma işlemlerinde, gerekli hijyen koşullar sağlanamamakta ve güneş ışınları gıdaların besin değerlerinin kaybolmasına, renk, tat gibi özelliklerinin bozulmasına neden olmaktadır. Bu tip kurutma işlemlerinde gıdaların besin değerlerinin korunması, renklerinin muhafazası ve kurutma sırasında küf ve mantar oluşumunun önlenmesi için kükürtleme ve daldırma gibi yöntemler kullanılmaktadır(Sarsılmaz, 2001). Bu yöntemler renklerin muhafazasını sağlasa bile ürünün kabuğunda bulunan mum tabakası veya diğer bir adıyla reçine

tabakayı erittiğinden dolayı ürünlerinin besin değerlerinin kaybolmasına neden olmaktadır.

Kurutma sistemlerinin hemen hemen hepsinde petrol türevleri, elektrik, kömür gibi gün geçtikçe pahalılaşılan kaynaklar tüketilmektedir. Bu kaynaklar, bugün piyasada yeterince bulunsalar bile, fiyatları önemli ölçüde artmaktadır ve yakın gelecekte de genel eğilimin devam edeceği beklenmektedir. O halde;

- a. Bu yakıtları tüketen mevcut prosesler optimize edilerek, en ekonomik hale getirilebilir.
- b. Kurutma prosesinde yeni ve yenilebilir alternatif enerji kaynaklarından, bu arada güneş enerjisinden yararlanılabilir (Özel, 1986).

### **1.1.1. Kurutma usulleri**

Kurutma usullerinin tamamında amaç; kurutulmak istenilen ürünün içindeki nemin alınarak istenilen değerlere getirilmesidir. Üründeki nemin alınması, değişik usullerle yapılmaktadır. Bunlardan en yaygın olanlarını;

- Güneşte, açık havada doğal kurutma
- Vakum altında kurutma,
- Sıcak hava ile kurutma,
- Soğutarak kurutma,
- Kimyasal maddelerin yardımı ile kurutma olarak sıralamak mümkündür (Doğan, 1999).

Yalnız başına hava, değişik oranlarda çeşitli gazların karışımından oluşan homojen bir karışım veya çözeltilidir. Saf hava canlı hayati için uygun değildir. Bu bakımdan, başta da ifade edildiği gibi, yer küreyi saran hava, daima belli oranlarda su buharı ihtiva etmektedir. Dolayısıyla etrafımızı saran hava+su buharından oluşan maddeye “ıslak hava” denilmektedir. Ancak “hava” denilince çevremizi saran hava+su buharı kastedildiğinden, bu çalışmada da “ıslak hava” yerine sadece “hava” ifadesi kullanılmıştır.

#### **1.1.1.1. Güneşte, açık havada doğal kurutma**

Güneşte, tabii şartlarda kurutma, kurutulacak olan ürün doğrudan güneşin ısı etkisine bırakılarak kurutma şeklidir ki, en yaygın ve en ilkel kurutma şeklidir. Kurutma süresi, kurutulacak materyalin derecesine ve güneşin etkinliğine bağlı olarak değişir.

### **1.1.1.2. Sıcak hava ile kurutma**

Sıcak hava ile kurutma; kurutulan materyal içindeki nem, kurutma hücresinden geçen sıcak hava tarafından çekilerek yapılmaktadır. Bu sistemde sistem havası başka bir üniteye ısıtılarak, bağıl nemi düşürülüp, materyal üzerinden geçirilmektedir.

### **1.1.1.3. Soğutarak kurutma**

Soğutarak kurutmada, kurutma havası bir soğuk yüzeyde çiy noktası sıcaklığının altına kadar soğutulduğunda, bünyesinde taşıdığı nemi soğuk yüzeyde bırakır.

### **1.1.1.4. Vakumla altında kurutma**

Vakumlu kurutma; materyal içindeki suyun vakum yapılarak alınmasıyla yapılan kurutma şeklidir. Çok az olmakla birlikte, endüstride kullanılan bir metottur.

### **1.1.1.5. Kimyasal kurutma**

Bu metot “absorbsiyon ya da adsorbsiyonlu kurutma” olarak da bilinmektedir. Sistem havasının geçtiği kanala yerleştirilen kimyasal madde (higroskopik madde) tarafından materyal içindeki nem emilmekte ve emme sırasında bir miktar da ısı açığa çıkmaktadır.

Günümüzde hızla artan enerji fiyatları ve çevreye duyulan hassasiyet makine yardımı ile yapılan kurutma işlemlerinin dezavantajlarını gün geçtikçe daha fazla ortaya çıkarmış ve kurutma işlemlerinde yenilebilir enerji kaynakları kullanımını kaçınılmaz hale getirmiştir. Halen gıda sektörü tarafından tüketilen toplam enerjinin % 12’ si kurutma işlemleri için kullanılmaktadır (Mujumdar, 1987). Bu tezde fosil yakıt enerjisi yerine yenilebilir enerji kaynağı olan manyetik enerji kullanılarak hem çevre dostu bir kurutma hem de ülke ekonomisine katkı sağlanacaktır.

## **1.1.2. Kurutucu tipleri**

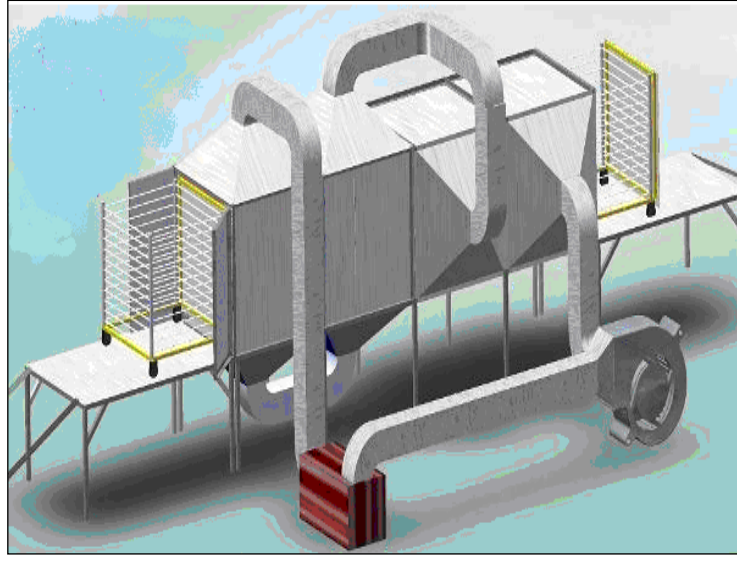
Kurutulacak katıya sıcaklık, nem vb. nitelikler bakımından kontrol olanağı sağlayan sistemlere kurutucu denir. Endüstriyel anlamda kurutucular ilk Almanya’da imal edilmiş ve yaygınlaştırılmıştır. 1877’de Işınım ısıtmalı kurutucu, 1880’ de Vakum kurutucu ve 1896’ da Pnömatik kurutucu için patent verilmiştir (Özel, 1986).

Gıda sanayinde kurutulacak ürüne göre ve uygulanacak prosese göre farklı tipte kurutma yöntemleri mevcuttur. Bu kurutma yöntemleri; güneşe maruz bırakarak kurutma, dondurarak kurutma, sıcak hava sirkülasyonlu fırınlarda kurutma olarak

sıralanabilir (Yağcıoğlu, 1999). Kurutucu tipleri ise, ortam koşulları, istenilen kurutma zamanı ve gıdaya göre seçilir. Kurutucu tipleri aşağıda verilmiştir:

#### 1.1.2.1. Tepsili kurutucular

Bu tip kurutucular sıvı ürünler için kullanılmaz (şekil 1.1). Dilimlenmiş katı ürünlerin tepsilere konularak, ısıtılmış havanın bir fan yardımı ile tepsideki ürünle muamele edilmesi prensibine dayanır (Yağcıoğlu,1999).

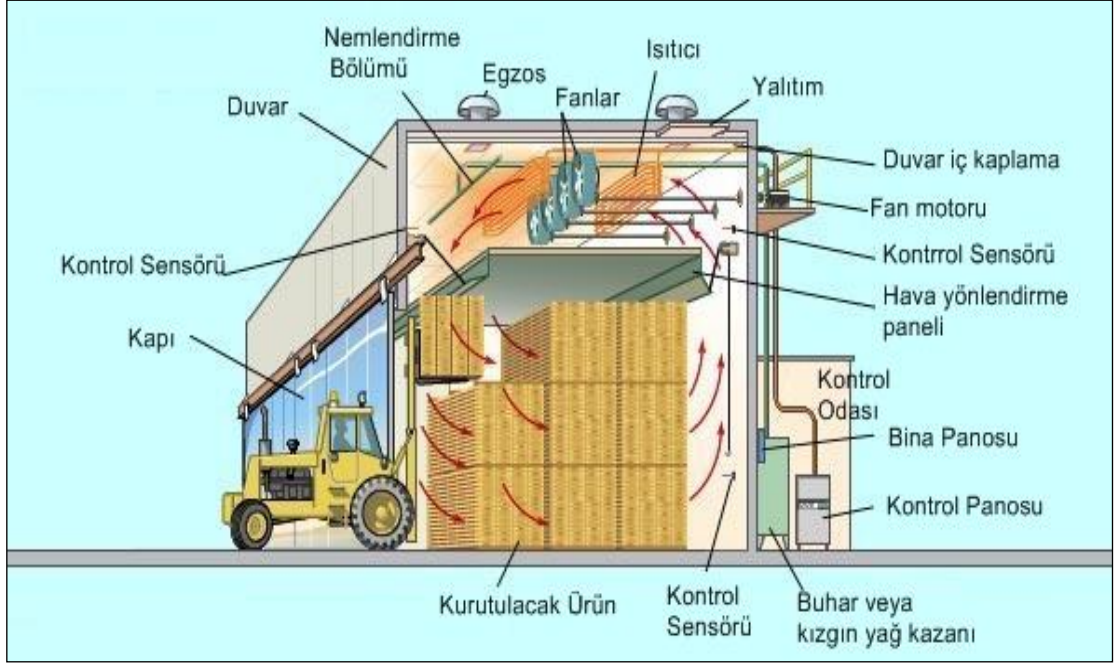


şekil 1.1. Tepsili kurutucu

([http://www.kurutma.net/hareketli\\_tepsili\\_kurutucu.html](http://www.kurutma.net/hareketli_tepsili_kurutucu.html), Ocak 2011)

#### 1.1.2.2. Tünel Kurutucular

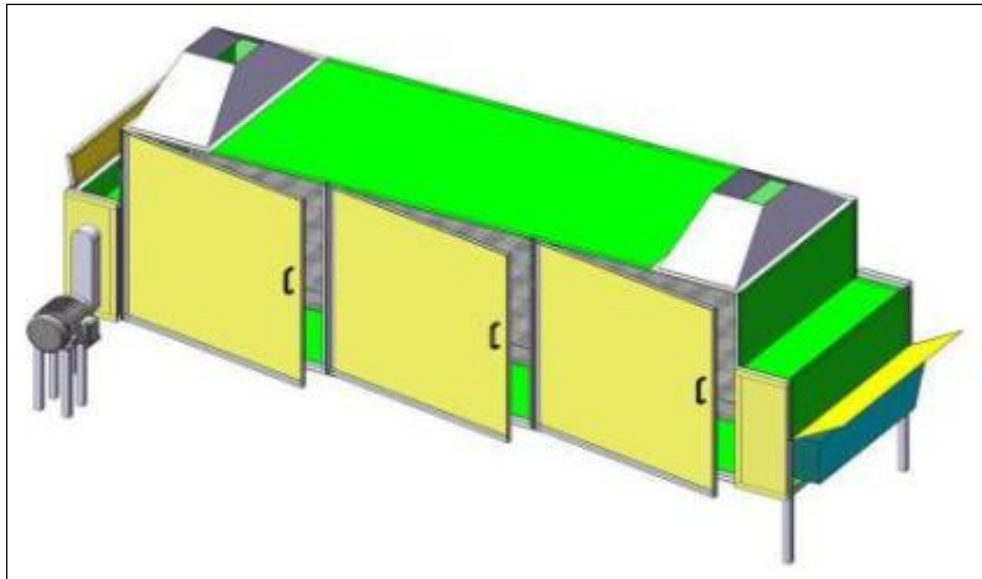
Bu kurutucular ile yüksek kapasitede ve nispeten kısa zaman da kurutma işlemi yapılır (şekil 1.2). rn tünele girişten çıkışa kadar maruz kaldığı sıcak hava ile kurutulur. Bu tip kurutucularda enerji verimliliği yüksek, işgücü maliyeti düşük ve ürün kalitesi yüksektir (Yağcıoğlu,1999).



Şekil 1. 2. Tünel kurutucu (Yağcıoğlu,1999)

### 1.1.2.3. Konveyör ( bantlı ) kurutucular

Bu tip kurutucularda ürünler bir veya daha fazla bant ile ilerlerken alttan veya üstten fanlar yardımıyla gönderilen sıcak hava ile muamele edilirler (Şekil 1.3). Böylece istenilen özellikte ürünler elde edilir (Yağcıoğlu,1999).



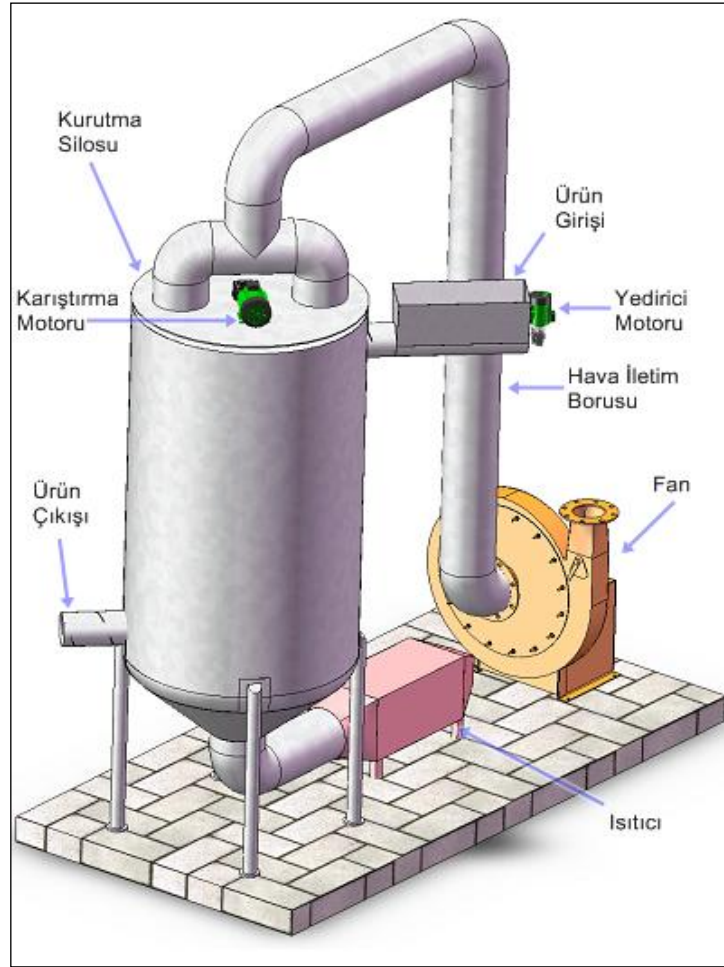
Şekil 1.3. Bantlı kurutucu

([http://www.kurutma.net/bantli\\_kurutucu.html](http://www.kurutma.net/bantli_kurutucu.html), Ocak 2011)



#### 1.1.2.4. Akışkan yataklı kurutucular

Bu tip kurutucuların avantajı sirküle ettirilen sıcak havanın kurutulmak istenen ürünün yüzeyinin her noktasına teması ile kurutmanın gerçekleştirilmesidir (Şekil 1.4). Bunun yanında dezavantajı ise; bu tip kurutucuların sadece akışkanlaşabilme özelliğinde olan yani hava içinde hareket edip askıda kalabilen küçük boyutlu gıdalar için uygunluğu verilebilir (Yağcıoğlu,1999).



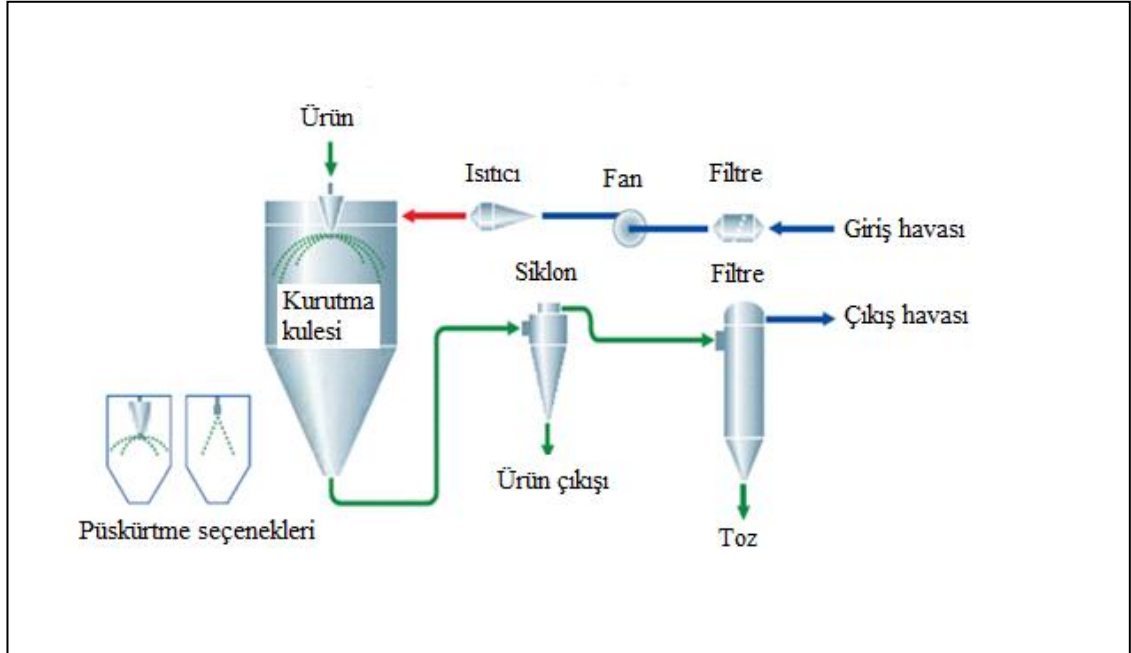
Şekil 1.4. Akışkan yataklı kurutucu

([http://www.kurutma.net/tahil\\_kurutucu.html](http://www.kurutma.net/tahil_kurutucu.html), Ocak 2011 )

#### 1.1.2.5. Püskürtmeli kurutucular

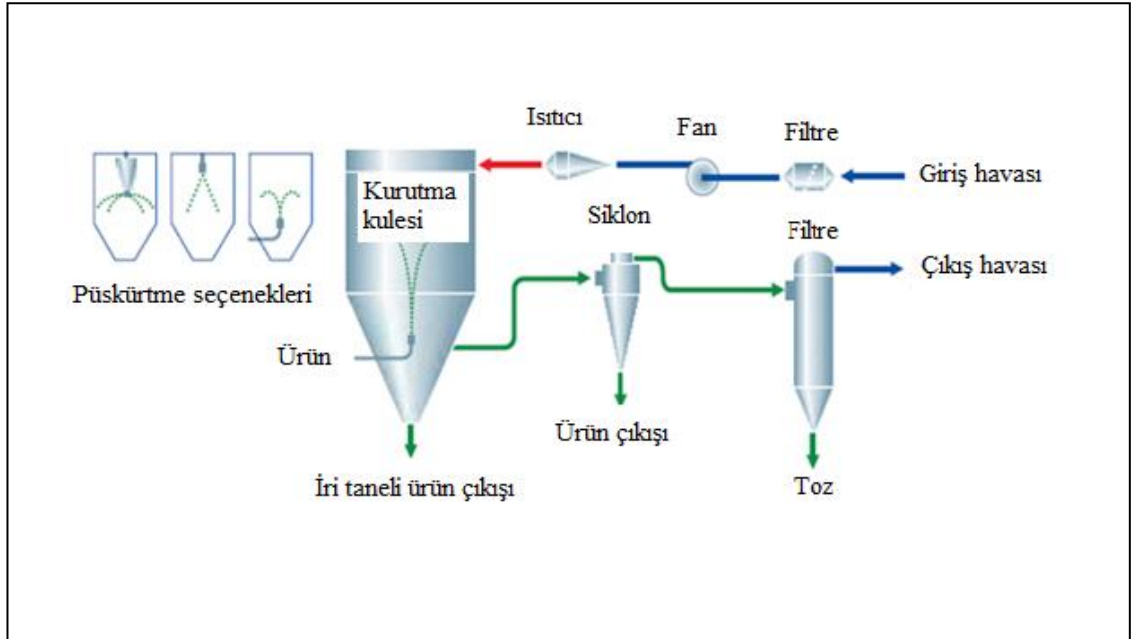
Bu kurutucularda diğerlerinde olduğu gibi ısıtılan hava, atomizer yardımı ile çok küçük partiküllere ayrılan ürünle muamele edilerek kurutma işlemi sağlanır ve

kurutulmuş ürün hava karışımı siklon seperatör yardımı ile ayrılır. Bu işlem daha çok toz ürün eldesi için gıda sanayinde kullanılır (Yağcıoğlu,1999). Bu sistemde tek ve iki noktadan ürün çıkışı olabilir (Şekil 1.5 ve Şekil 1.6).



Şekil 1.5. Püskürtmeli kurutucu (Tek noktadan ürün çıkışı)

([http://www.kurutma.net/sprey\\_kurutucu.html](http://www.kurutma.net/sprey_kurutucu.html), Ocak 2011 )

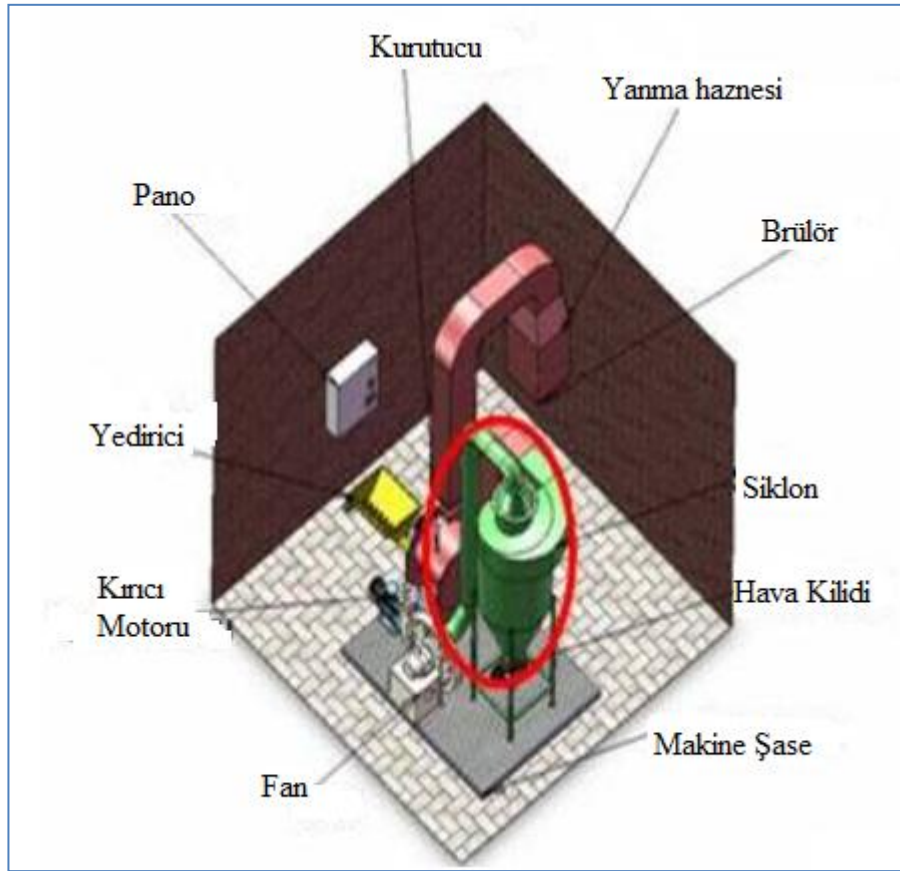


Şekil 1.6. Püskürtmeli kurutucu (İki noktadan ürün çıkışı)

([http://www.kurutma.net/sprey\\_kurutucu.html](http://www.kurutma.net/sprey_kurutucu.html), Ocak 2011 )

### 1.1.2.6. Valsli kurutucular

Bu kurutucularda ilke; içten buhar, sıcak su ya da ısı iletimi yüksek bir sıvı ile ısıtılan ve ekseni etrafında belirli bir hızla dönmekte olan dökme demirden yapılmış bir silindirin sıcak yüzeyine ince bir katman halinde yayılan sıvı gıda maddesinin silindirin dönüşü esnasında yüzeyde kuruması ve buradan kazınıp alınması olarak özetlenebilir (Şekil 1.7). Çift ve tek valsli olmak üzere iki gruba ayrılırlar (Yağcıoğlu,1999).

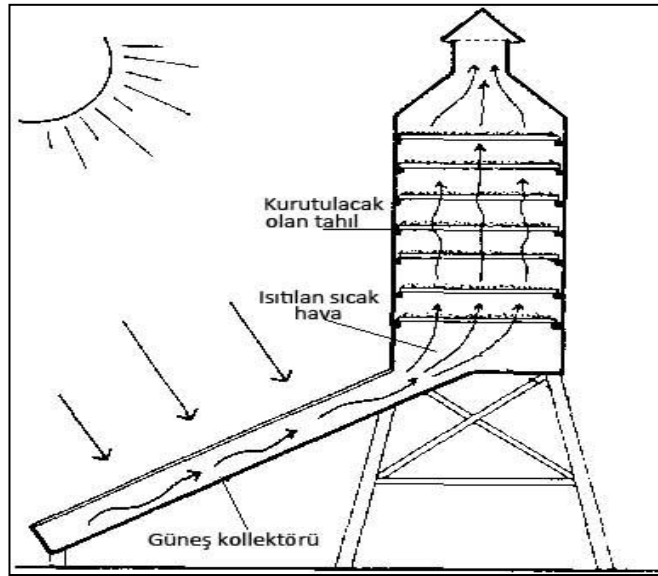


Şekil 1.7. Valsli kurutucu (Yağcıoğlu, 1999)

([http://www.kurutma.net/pinomatik\\_kurutucu.html](http://www.kurutma.net/pinomatik_kurutucu.html), Ocak 2011 )

### 1.1.2.7. Güneş enerjili kurutucular

Bu kurutucularda güneş bir enerji kaynağı olarak bir akışkanın ısıtılmasında kullanılır (genellikle su veya hava) (Şekil 1.8). Akışkanlara ısıyla yüklenen bu enerji gıdaların kurutulmasında direkt veya endirekt olarak kullanılmaktadır (Yağcıoğlu,1999).



Şekil 1.8. Güneş enerjili kereste kurutma fırını

(<http://www.gunessistemleri.com/kurutma.php>, Ocak 2011)

Vakum, teknolojiye zararlı mikro organizmaların yaşam fonksiyonlarını kontrol altında tutmak, sıvıların kaynama sıcaklıklarını düşürmek ve bazı kütleleri bir yerden başka bir yere taşımak gibi amaçlar için kullanılmaktadır (Işıkber ve ark., 2004). Daha birçok kullanım alanı olan vakum, vakum pompaları ve aspiratörler kullanılarak elde edilir. Vakum seviyesinin ölçülmesi için vakum manometreleri ve vakum sensörleri kullanılır. Ortama yerleştirilen vakum sensörlerinin üzerinde meydana gelen ısı kaybı ortamdaki basıncın bir fonksiyonu olduğundan, sensörlerde meydana gelen ısı kaybı yardımı ile ortamın basıncı ölçülür (Altuner, 1993).

Ürünlerin yüksek vakumda kurutulması halinde ürün yüzeyindeki buhar basıncı düşürülebilir. Bu suretle meydana gelen basınç farkı cisim bünyesindeki difüzyon olayı hızlandırılır ve bünyesindeki su dışarı atılır (Ateş, 1962).

Bu çalışmada; yapılan kurutma fırınında oluşturulacak vakumla, kurutulacak ürünlerin kaynama sıcaklıkları düşürülerek buharlaşma hızlandırılacak, ayrıca atmosfer sıcaklığı ile ürünlerin kaynama sıcaklıkları arasındaki fark da (proses sıcaklığı) düşürülerek atmosfer sıcaklığında suyun kaynaması sağlanacaktır. Böylece yapılan kurutma işlemi daha kısa sürede, daha ekonomik ve daha hijyenik ortamda gerçekleştirilecektir.

Geliştirilecek kurutma fırınında;

- Kurutma işlemi daha kısa sürede gerçekleştirilecektir.
- Enerji kullanımında kıt kaynaklar kullanılmadığından ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır.
- Kurutma hijyenik bir ortamda gerçekleştirilecektir.
- Ürünlerin vitamin değerleri korunacaktır.
- Tamamen çevre dostu bir kurutma gerçekleştirilecektir.

## **1.2. PLC ve kullanım alanları**

Endüstride kullanılan en önemli denetleyicilerden PLC “Programlanabilir Lojik Kontrolör” İngilizce kelimelerinin baş harflerinin kısaltılması ile oluşur. Endüstriyel uygulamaların her dalında yapılan genel amaçlı kumanda ve otomasyon çalışmalarının bir sonucu olan PLC tekniği 1980’li yıllarda sanayi uygulamalarında kullanılmaya başlanmıştır. Son on yıldır birçok firmanın tabanı ve programlama mantığı birbirine çok yakın fakat kendi aralarında değişik üstünlükler ile ayrılan PLC sistemlerini geliştirmeleri ile otomatik kontrol sistemlerinde hız, kontrol, güvenlik, ürün kalitesi artmıştır. Ayrıca sistemin değiştirilmesi için kumanda devrelerinin yeniden oluşturulması yerine sadece PLC programlama ile giderilmesi çok büyük bir avantaj sağlamıştır. Getirdiği bu kolaylıklar PLC’ nin endüstride vazgeçilmez bir denetleyici olarak kullanılmasını sağlamış, aynı zamanda her geçen gün yeni özellikler ile güncelleştirilmesi gereğini doğurmuştur.

Büyük tesislerde konvansiyonel röle ve kontaktör tekniği ile yapılan kontrollerin, montaj ve konstrüksiyon masrafları, otomasyon cihazları masrafları yanında da oldukça yüksektir. Ayrıca otomasyon sistem adım adım ilerlediğinden hatanın tespiti ve müdahalesi daha kolaydır. Yer ve montaj kolaylığı açısından da avantajlıdır (Şahin, 2001).

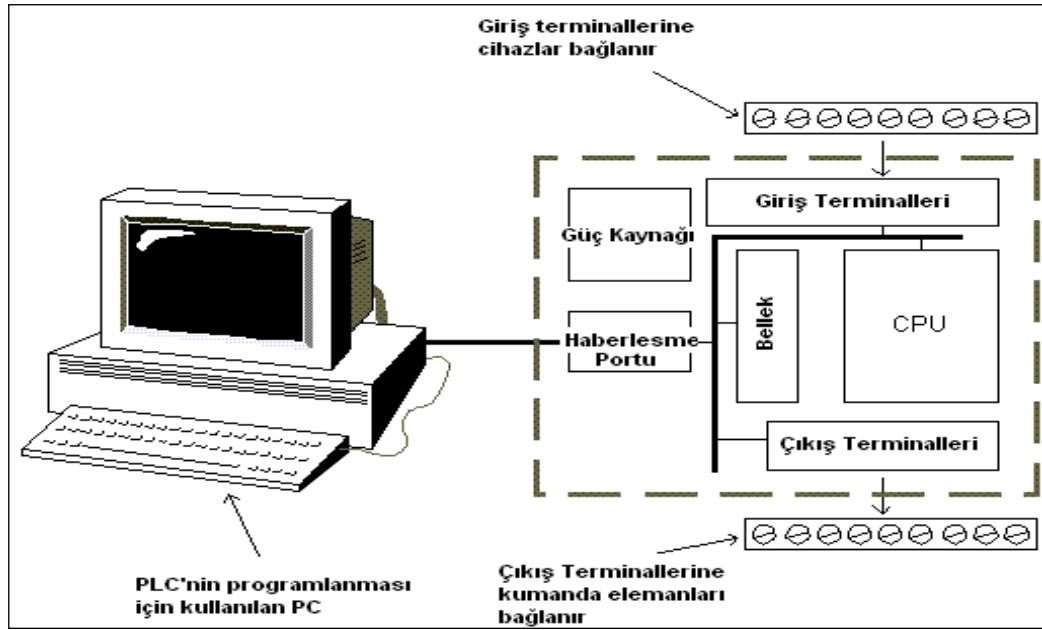
Otomasyon sistemlerindeki gelişmeler çeşitli süreçlerden geçmiştir. Analog sinyallerin güvenilir hale gelmesi ile pnömatik ve elektrikli cihazlar imalathanelerde kullanılmaya başlamıştır. 1960'larda dijital teknolojisi süreç verilerinin saklanması ve işlenmesinde ilk defa kullanılmaya başlamıştır. 1970'lerde ise entegre devreler ve PLC ' ler ile analog sinyaller denetim sürecinde iyi seviyelerde kullanılmıştır.

Günümüzde modern üretim süreçlerinde yüksek verim ve kalite için kaçınılmaz olan endüstriyel otomasyon sistemleri her geçen gün büyük bir hızla gelişmekte ve kendini yenilemektedir. Bu hızlı gelişim evresinde PLC kullanımı önemli bir yere sahiptir. Endüstriyel otomasyon sistemleri, en küçük biriminin amaca uygun çalışmasını düzenlediği gibi, bütün üretim sistemleri arasında veri iletişimi imkânı sağlayarak daha üst düzeyde yönetim ve planlama için gerekli bilgi tabanını oluşturur. Bu nedenle PLC' ler kendilerine oldukça geniş kullanım alanları bulmuştur. Bunlardan bazıları enerji dağıtım sistemleri, karmaşık fabrika otomasyonları, asansör sistemleri, konveyör vb. (Anonim, 2008).

En iyi, en hızlı ve en verimli üretimi sağlamanın temel çözümü olan endüstriyel otomasyon, bütün dünyada büyük bir hızla gelişmekte ve yaygınlaşmaktadır. Bu durum, bu konuda her geçen gün yetişmiş insan gücüne olan gereksinimi arttırmaktadır. Ülkemizde de üretimi dünyadaki gelişmiş ülkeler seviyesine yükseltmek için endüstriyel otomasyona önem verilmeli ve "üretim nasıl arttırılmalı?" sorusuna cevap aranmalıdır. İşte bu soruya verilen cevaplardan biriside seri üretim ve seri üretim bantlarının kontrolüdür. Bant sistemlerinin yerinden ve yeni gelişen teknoloji sayesinde internet aracılığı ile bir merkezden kontrolü ve bu işlem için hangi yöntemin kullanılacağına tespitidir. İşte PLC (Programlanabilir Lojik Denetleyici) bize bu isteklerimize cevap verebilecek bir otomasyon cihazıdır.

PLC sistemi sahada meydana gelen fiziksel olayları, değişimleri ve hareketleri çeşitli ölçüm cihazları ile belirleyerek, gelen bilgileri yazılan kullanıcı programına göre bir değerlendirmeye tabi tutar. Mantıksal işlemler sonucu ortaya çıkan sonuçları da kumanda ettiği elemanlar aracılığıyla sahaya yansıtır. Sahadan gelen bilgiler ortamda meydana gelen aksiyonların elektriksel sinyallere dönüşmüş halidir. Bu bilgiler analog ya da sayısal olabilir. Bu sinyaller bir transdüserden (algılayıcıdan), bir kontaktörün yardımcı kontağından gelebilir. Gelen bilgi analog ise gelen değerin belli bir aralığı için, sayısal ise sinyalin olması ya da olmamasına göre sorgulama yapılabilir. Bu hissetme

olayları giriş kartları ile, müdahale olayları da çıkış kartları ile yapılır. PLC ile kontrolü yapılacak sistem büyüklük açısından farklılıklar gösterebilir. Sadece bir makine kontrolü yapılabileceği gibi bir fabrikanın komple kumandası da gerçekleştirilebilir. Aradaki fark sadece, kullanılan kontrolörün kapasitesidir. Şekil 1.9'da gösterildiği gibi PLC'lerin yapısında bir güç kaynağı, merkezi işlemci ünitesi (CPU), bellek, giriş ya da algılama ünitesi (Input), çıkış ya da kumanda elemanları (Output) bulunmaktadır.



Şekil 1.9. PLC' nin genel yapısı, (Mirzaoğlu,2008)

PLC' li sistemler, geleneksel kumanda devreleri ile çalışan Ankara Halk Ekmek Fabrikası (AHEF)'deki ekmek üretim tesislerin modernizasyonunda kolaylıkla kullanılmıştır. PLC' ler için gerekli programın yazılmasında, var olan kontaklı kumanda devrelerinden yararlanılmıştır. PLC sistemleri ile, çok daha düşük maliyete, kısa zamanda, daha az parça ve kablaj kullanarak, güvenilir ve görsel izleme imkanı sağlayan kumanda devreleri oluşturulmuştur. AHEF'te yapılan yenileme çalışmaları, ortamdaki elektriksel gürültüyü, elektromanyetik parazitleri, arıza bulma ve giderme sürelerini azaltmıştır. Ekmek üretim kapasitesi, 70.000 arttırılarak günde 1.250.000'ne ulaşmıştır (Yılmaz, 2005).

Analog sistemde günün ve çağın değişen şartlarına uyum sağlamak mümkün olmazken, PLC' nin kullanıldığı sistemler her türlü soruna optimal çözüm

getirebilmekte, ek yatırım, kablo bağlantı değişikliği vb. gibi birçok ayrıntıya gerek kalmadan ihtiyaçlar zamanında karşılanabilmektedir (Çolak ve ark., 2007).

Ülkemiz işletmelerine, kalite kontrolünü; ön tanımlı ürünlere göre gerçekleştirebilecek bilgisayar tabanlı yapay görme sistemi ile geometrik tolerans görme sistemi tasarımı yapılmıştır. İlk olarak mekanik olarak çalışacak kısmı elektro-pnömatik olarak tasarlanmıştır. Elektro- pnömatik valflerin ve sistemin ana kontrolü için PLC kullanılmış ve programlanmıştır (Uyar ve ark., 2008).

Gıda endüstrisindeki biyolojik ürünlerin kurutma süreçlerinde ulaşılması gereken birçok hedefi sıralamak mümkündür:

- Makinelerin üretim verimini arttırmak,
- İşçilerin üretim verimini arttırmak,
- Ürün kayıplarını azaltmak,
- Ürün kalitesinin belirli bir çerçeve etrafında koruyabilmek (renk, tat, koku, yumuşaklık vs.),
- Sürecin ve makinelerin esnekliğini arttırmak,
- Biyolojik ürünlerin doğal değişkenliklerinin etkisini azaltmak,
- Üretim ve sürecin hijyenliğini arttırmak.

Yukarıdaki hedefleri yakalayabilmek için kurutma süreçlerinde kullanılan birçok kontrol uygulaması vardır: PD (optimal kontrol), PI (model tabanlı öngörülü kontrol), PID (bulanık kontrol), PLC ve yapay sinir ağları ile kontrol vs. (Yüzgeç, 2005).

Ürünlerin ve işlemlerin üretimi ve tasarımı için bilgi sistemleriyle birlikte mekanik, elektrik ve bilgisayar sistemlerinin bütününde bir sinerji vardır. Sinerji, parametrelerin doğru birleşimiyle üretilir. Bu da son ürün tüm parçalardan daha iyi olabilir demektir. Mekatronik ürünler daha önce sinerjili birleşim olmaksızın başarılması çok zor olan performans özellikleri göstermekteydiler.



## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kurutma sistemlerinde gerekli enerji; elektrik enerjisi, ısı pompası, güneş enerjisi, yakıt enerjisi vb. ile sağlanabilir. Kurutma esnasında harcanan enerji miktarı ve kurutma şartları (sıcaklık, bağıl nem ve hız) önemlidir. Yine, kurutma sistemlerinde yapılan daha önceki çalışmalar değerlendirildiğinde daha gelişmiş kontrol teknolojilerinin kullanılması gerektiği görülmüştür.

Aker (2006), tarafından bildirildiğine göre, Örs (1986), doğal olarak kurutulan ağaç malzemenin, istenen nem derecesinde kurutulması için uzun süre bekletilmesi ve bunun için de büyük kereste depoları gerekeceğini belirtmiştir.

Kantay (1978), klasik kurutmada fırının ısıtılması için % 10–25 elektrik ve % 75–90 ısı enerji kullanılması gerekir Teknik kurutmada kısa zamanda istenen nem derecesi sağlanmakla birlikte yakıt ve işletme masrafları yüksektir.

Yücel (2006), kurutma işlemi, eşzamanlı ısı ve kütle transferleri sonucu oluşan su kaybıdır. Yüksek hidrostatik basınç (YHB) işlemi 100 ve 800 MPa basınç aralığında, paketli veya paketsiz haldeki sıvı ve katı gıdalara uygulanabilir. YHB uygulaması hücre duvarının yapısını etkileyerek hücrelerin geçirgenliğini artırır ve böylece difüzyonu kolaylaştırarak yüksek kurutma hızları sağlar.

Özel (1986), seramik ürünlerinin 70 °C sıcaklıkta kaliteli olarak kurdukları saptanmıştır. Diğer parametrelerin aynen kalması koşuluyla 1 kg suyu buharlaştırmak için 3400 kJ' lük enerji (İdeal değer, 1 kg su 2500 kJ enerji ile buharlaşmaktadır) gerekmektedir. Kurutma süresi ise % 25 oranında azalmaktadır. Böylece daha az enerji ile daha kısa sürede, kaliteli ürün elde etme koşulu sağlanmış olmaktadır.

Cui ve ark. (2004), havuç dilimlerini mikrodalgalı vakumla kurutmuşlar ve teorik bir model geliştirmişlerdir. 3–5 mm olarak dilimlenen havuçlar; 336.5, 267.5, 162.8 W mikrodalga güçlerinde ve 30, 51, 71 mbar vakum altında kurutulmuşlardır. Teorik ve deneysel veriler, kurutma oranının mikrodalga çıkış gücü ile doğrusal ve o andaki suyun vakum basıncının, buharlaşmanın gizli ısısı ile ters orantılı olduğunu belirlemişlerdir.

Işık ve Alibaş (2000), dünya'da ticareti yapılan kurutulmuş sebzelerin % 97- 98'i kontrollü koşullarda sıcak hava ile kurutulmaktadır. Ülkemizde ürünlerin çoğunluğu hala güneş altında açık havada kurutulmaktadır. Buda ürünün toz ve toprağa maruz kalması ve güneş ışınlarının doğrudan kurutulan ürüne temas etmesi gibi olumsuz

özellikleri nedeniyle kalite kaybına neden olmaktadır. Bu kalite kayıpları ürünün ekonomik açıdan da iç ve dış pazarda kaybına neden olmaktadır.

Saldamlı ve Saldamlı (1990), vakumlu kurutma, ısıya duyarlı gıdaların kurutulmasında kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde kurutma düşük sıcaklıklarda (100 °C'nin altında) vakum altında yapıldığı için aroma değişikliği ve diğer ısı zararları söz konusu değildir).

Ayhan (2005), vakumlu kurutmada, kurutma ortamında az miktarda hava bulunduğundan oksitlenmenin önüne büyük oranda geçilmektedir. Ayrıca ürün yüzeyinde sert bir kabuk tabakası oluşmayacağı için nem difüzyonu ürün kuruyana kadar engellenmeden devam etmektedir.

Yüzgeç (2005), kurutma süreci için, en düşük enerji maliyeti ile en kısa sürede ve en iyi kalitede ürün elde etmek amacıyla iki kontrol yapısı tasarlamıştır. Bu kontrol yapılarından birincisi genetik algoritma tabanlı doğrusal olmayan öngörülü kontrol yapısıdır. Bu yapıda havanın sıcaklığı ve havanın nem kesri kontrol değişkeni olarak kullanılmış kurutma sürecinin optimizasyon problemi genetik arama algoritması ile çözülmüştür. Tasarlanan kontrol yapısı akışkan yataklı kurutma süreci modeline uygulanarak benzetim çalışmaları yapılmıştır. Benzetim çalışmalarının ilkinde yalnızca havanın sıcaklığı kontrol değişkeni olarak alınmış ve değişik öngörü ufukları için kontrolör cevabı ve kurutma modeli çıkışları elde edilmiştir. İkinci benzetimde kontrolör değişkenine havanın nem kesri de ilave edilmiş ve benzetim çalışmaları bu doğrultuda yürütülmüştür. Bu benzetimlerden kontrol yapısının süreç için oldukça iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Tasarlanan kontrol algoritmasının endüstriyel kurutma süreçleri uygulamalarında kullanılması ile birlikte, enerji tüketiminin ve toplam kurutma süresinin azaldığı görülmüştür.

Litvin ve ark. (1998), havuç dilimlerini, dondurarak kurutmanın; kısa süreli mikrodalga uygulaması ve hava yada vakumlu kurutma ile birleştirilmesiyle kurutmuşlardır. Havuçlar elle soyulmuş, laboratuvar tipi dilimleyicide 7–10 mm kalınlığında dilimlenmiş, bir dakika süreyle buharla haşlanmış, akan su altında soğutulmuş, -18 °C' de dondurulmuş ve daha sonraki işlemlere kadar -18 °C' de depolanmıştır. Kısmen dondurarak kurutulmuş ürüne 50 saniye mikrodalga uygulanmış ve sonra % 5'lik nem değerine kadar vakumla veya hava ile kurutulmuştur. Kısmen dondurarak kurutulmuş, mikrodalga uygulanmış ve havayla kurutulmuş ürünün rengi,

boyutları ve nemi geri alma oranı, ulaşılan son nem değerine ve aynı kalite parametrelerine sahip dondurarak kurutulmuş ürünle aynıdır. Vakum fırınında yapılan son kurutmanın renk üzerine yararlı bazı etkileri vardır. Dondurarak kurutmanın, mikrodalga uygulamasını takiben havayla kurutma işlemiyle birleştirilmesi, dondurarak kurutma zamanında önemli bir kazanç sağlanmıştır. 3.5–3.75 saatlik kısmi dondurarak kurutmayı takiben kısa bir mikrodalga uygulaması ve 3.75 saatlik havayla kurutma olmak üzere toplam 7.25–7.50 saat sürerken sadece dondurarak kurutmada toplam kurutma süresi 30 °C’de 9.5 saat sürmektedir.

Ayhan (2005), tarafından bildirildiğine göre, Cui ve ark. (2004), havuç dilimlerini mikrodalgalı vakumla kurutmuşlar ve teorik bir model geliştirmişlerdir. 3–5 mm olarak dilimlenen havuçlar; 336.5, 267.5, 162.8 W mikrodalga güçlerinde ve 30, 51, 71 mbar vakum altında kurutulmuşlardır. Teorik ve deneysel veriler, kurutma oranının mikrodalga çıkış gücü ile doğrusal ve o andaki suyun vakum basıncının, buharlaşmanın gizli ısısı ile ters orantılı olduğunu belirlemişlerdir.

Doğan (2001), “Düşük Nem Oranlı Hava ile Kurutma” deneyine göre giriş havasının içindeki su buharının yoğunlaşması için harcanan enerji miktarı 0,0216 kW ‘dir.

Ceylan (2002), vakumla kereste kurutma metodunun esasını ağaç malzemenin bulunduğu ortamda basıncın düşürülmesi suretiyle odun dokuları içerisindeki suyun yüzeylere doğru hareketini ve yüzeylerden buharlaşmasını çabuklaştırmak teşkil eder. Bu çabuklaşmanın sağlanmasında ağaç malzemenin ısıtılması da önemlidir.

Chun Yu ve ark. (2004), yenilebilir mantardan (*Auricularia auricula*) kaliteli toz elde etmek için klasik mekanik metot ve vakumla dondurarak kurutma teknolojisiyle mekanik metodu birleştirerek kullanmışlardır. İşlenmemiş yenilebilir mantarın ve toz haldeki mantarın temel besleyici madde içeriği, aminoasit içeriği ve mikrostrüktürü analiz edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Mantar tozunun ortalama taneciklilik boyutu mekanik metotla 1–5 µm, vakumla dondurarak kurutmaya birleştirilmiş mekanik metotla 0,5–1 µm elde edilmiştir. İşlenmemiş yenilebilir mantara göre iki metotla da elde edilen tozların suyu geri alma kapasiteleri ve kaliteleri daha iyi ve saklama süreleri daha uzun olmuştur. Klasik mekanik metoda göre, vakumla dondurarak kurutma teknolojisiyle elde edilen yenilebilir mantar tozlarının bütün özellikleri daha üstün bulunmuştur.

Çam ve Ersus (2008), çilek meyvesi doğal antioksidanların yanı sıra vitamin, mineral antosiyanin, flavonoids ve fenolik asitler açısından da zengindir. Soğuk depolamada toplam fenolik madde içeriği depolama sıcaklığından önemli düzeyde etkilenmektedir. Dondurarak kurutma tekniği çok düşük sıcaklıkta işlem gerçekleştirilerek yüksek kalitede kurutulmuş ürün elde etmek için kullanılan bir yöntemdir. Suyun katı fazda üründen vakum yardımıyla uzaklaştırılması ürünün dokusunu şeklini korumakta ve hacim kaybı oluşmasına engel olmaktadır. Ayrıca mineral, vitamin hatta lezzet ve aroma kayıpları da minimize edilmektedir. Taze çilek meyvesinin toplam fenolik madde içeriğini en iyi şekilde korunmasına imkan sağlayacak olan dondurarak kurutma tekniğiyle dayanıklı hale getirildiğini ve dondurularak kurutulmuş çileklerin toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasitesinde belirli bir düşme olmadığını görmüşlerdir.

Ayhan (2005), tarafından bildirildiğine göre, Jaya ve Das (2004), mango pulunun vakumla kurutulmasında; maltodekstrin, gliserol monostearin ve trikalsiyum fosfatın kurutulan mango tozu özelliklerine etkilerini araştırmışlardır. Sistemde istenen 710–730 mmHg vakumu (30–50 mmHg mutlak basıncı) yaratmak için 3.7 kW, 0.0236 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> kapasiteli sulu vakum pompası kullanılmıştır.

Yongsawatdigul ve Gunasekaran (1996), çalışmalarının ikinci bölümünde kırmızı yabanmersininin mikrodalgalı vakumla kurutulmasını enerji ve verim açısından incelemişlerdir. Kurutma, laboratuvar tipi mikrodalgalı vakumlu fırında, sürekli ya da kesikli olarak yaş baza göre son nem içeriği % 15 olana kadar yapılmıştır. Sürekli kurutma iki mikrodalga gücünde (250, 500 W) ve iki mutlak basınçta (5.33, 10.67 kPa), kesikli kurutma ise 250 W gücünde 5.33 ve 10.67 kPa basınçta yapılmıştır. Kesikli kurutmanın, sürekli kurutmaya göre enerji açısından daha verimli olduğu belirtilmiştir. Her iki yöntemde de düşük basıncın, kurutma verimini artırdığı vurgulanmıştır.

Sunjka ve ark. (2004), mekanik olarak ve ozmotik olarak ön işlem görmüş yabanmersinlerini mikrodalga-vakum ve mikrodalga-hava ile kurutmuşlardır. Mikrodalga-vakum kurutma, mikrodalga-hava kurutma ile karşılaştırıldığında gözlemlenen tüm parametrelerde birincisinde daha olumlu değerler elde edilmiştir. Mikrodalgalı-vakumlu kurutmanın enerji verimi, mikrodalga-hava kurutmaya göre daha fazladır.

Aktaş (2007), ısı pompalı PID kontrollü kurutucuda kurutma havası sıcaklığının PID olarak kontrol edilmesi sistemde kurutma havası hızının değişimi ile mümkün kılınmıştır. Sistemde yapılan deneyler süresince kurutma havası hızı değerleri ortalama olarak 40 °C için 0,38 m/s, 45 °C için 0,32 m/s ve 50 °C için 0,25 m/s olarak ölçülmüştür.

Özkan ve Işık (2001), % 88.12 nem değerine sahip domatesi maksimum ayarda 30 dakika fanlı fırında, sonra sırasıyla 90 W mikrodalga kademesinde 6 dakika, 160 W mikrodalga kademesinde 10 dakika, 350 W mikrodalga kademesinde 5 dakika, 500 W mikrodalga kademesinde 5 dakika, 650 W mikrodalga kademesinde 9 dakika olmak üzere toplam 65 dakikalık kurutma periyodu ile sıcak havayla kurutmuşlardır. Fanlı fırında kurutmada materyal merkez sıcaklığı 1. dakikada 24 °C, 30. dakikada 160 °C' dir. Mikrodalga kurutma periyodunun başladığı 31. dakikada 166 °C, 65. dakikanın sonunda ise 393 °C' dir. Kurutma sonunda domateslerin renk, koku, tat gibi özelliklerini kaybetmedikleri gözlenmiştir.

Ceylan ve ark., (2006) ısı pompası destekli kereste kurutucusunun enerji ve ekserji analiz çalışmasında, 40 °C sıcaklık ve 0,8 m/s hava hızında yapılan kurutma işleminde kavak keresteleri 1,28 kg su/kg kuru madde nem oranından 0,15 kg su/ kg kuru madde nem oranına 70 saatte ve çam keresteleri de 0,60 kg su/kg kuru madde nem oranından 0,15 kg su/kg kuru madde nem oranına 50 saatte indirgenmiştir.

Apaydın (2007), günümüzde ticari olarak kullanılan kurutucular tam ekonomik ve kaliteli kurutma işlemini bir arada sağlayamamaktadır. Kurutma havasının ısıtılmasında ticari enerji kaynaklarının kullanılması, işletme masraflarını artırdığı için kırsal kesimde meyve ve sebzelerin kurutulması çoğunlukla ekonomik olmamaktadır. Ülkemizin kırsal bölgelerinde yetiştirilen sebze ve meyvelerin kaliteli ve hızlı kurutulması için çok değişik tipte ve boyutlardaki güneş enerjili kurutucuların kullanılabileceği görülmüştür.

Mirzaoğlu (2008), ırmik üretiminde sisteminde, kompanzasyon sisteminin yenilenmesi, PLC'nin uygun yazılım kullanılarak sistemdeki motorların verimli çalıştırılması, SCADA (Yönetmel denetim ve veri toplama)'ya geçilmesi ile anında verimden haberdar olunması ve müdahale edebilmesi sayesinde üretilen ürün miktarı başına enerji tüketiminde % 50 tasarruf sağlandı.

Aktaş (2007), güneş enerjisi ile üç farklı sistemde fındığın kurutulmasını deneysel olarak incelemişler ve kabinet tipi, dolap tipi ve çadır tipi olmak üzere üç sistemde

findığı kurutmuşlardır. Yapılan sistemlerde, açık havada findığın 82 saat civarında kuruduğu tespit edilerek; kabinet tipli kurutucuda ek ısıtıcı kullanılması durumunda 28 saatte, ek ısıtıcı kullanılmadığı durumda 50 saatte, çadır tipli kurutucuda 73 saatte, ek ısıtıcı kullanılmayan dolap tipli kurutucuda ise 72-76 saat içerisinde findığın kuruduğunu tespit etmişlerdir. Kurutulmuş olan fındıklardan alınan numuneler görüntü ve tat analizine de tabi tutulmuş ürünlerde herhangi bir bozulmaya rastlanılmamıştır. Sistemde ek ısıtıcı kullanıldığı durumda kurutma süresinin oldukça kısaldığı görülmüştür.

Phani ve ark. (2005), kapalı çevrimli sürekli akışlı ısı pompası destekli kurutma sisteminin test edilmesinde araştırmacılar, bu sistemde ürün kalite optimizasyonu için düşük sıcaklıklarda (30 - 35) °C kurutulması gereken bitkileri kurutmuşlardır. Özgül nem çekme oranını (SMER) 0,006 – 0,61 kg/kWh arasında hesaplamışlardır. Ürün kurutmasında elektrikli tel ısıtıcılı konvansiyonel sistem ile ısı pompası sistemi karşılaştırıldığında ısı pompalı sistemde kurutma süresinin % 65 ve kullanılan enerjinin de % 22 azaldığı görülmüştür.

Fatouh ve ark. (2006), ısı pompalı kurutucu kullanarak maydanoz, nane ve ebegümece kurutma işleminde sistemde R-134a gazı kullanılmıştır. Bu bitkilerin kurutulmasında gerek duyulan en düşük enerji tüketim değerleri maydanoz için 3684 kJ/kg, nane için 3982 kJ/kg ve ebegümece için 4029 kJ/kg olarak hesaplanmıştır.

Doğan (2001), kurutma havası ön kurutmaya tabii tutulmuş bir kurutma sisteminde yapılan deney sonucunda görülmüştür ki; bu sistem içinde gölgede kurutulan ürünler, kuru ve sıcak hava etkisiyle daha çabuk kurdukları gibi, güneşin de radyasyon etkisinden korundukları için, renk olarak, doğrudan güneşte tabii şartlarda kurutulan üründen daha canlıdır. Ayrıca; cebri hava dolaşımı ile ürün içinden buharlaşan suyun ürün dış yüzeyinde (nem yönünden) doygun bir hava tabakası oluşturarak sürekli buharlaşmayı engellenmesi önlendiği için de; kuruma süresinde hızlilik sağlanmıştır.

Yıldız (2006), PLC' de oluşturduğumuz programın tarama süresi 10 ms'dir. Bu tarama süresine örnekleme zamanı diyoruz. Bu zaman çok önemlidir. Bu süreç içerisinde termokupldan alınan analog değer PLC' nin analog giriş kartına verilir. Burada sayısallaştırıldıktan sonra bulunan hataya göre PLC' nin dijital kartından gerilim sinyali uygulanır. Bu fonksiyonların geçtiği süreye tarama zamanı veya örnekleme zamanı demekteyiz. Örnekleme zamanını deney deneyimleri sonucunda en uygun değer

olarak belirlemektediriz. Parametre ayarları yapıldığında maksimum asmanın ve yerleşme zamanının azaldığı, sürekli rejim hatasının minimuma düştüğü görüldü.

Sham ve ark. (2001), kalsiyum ön işleminin, vakum düzeyinin ve elma cinsinin; hava ile ve vakumlu mikrodalga ile kurutulmuş elma krakerlerinin yapısı üzerine etkilerini incelemiştir. Yerel marketlerden satın alınan Golden Delicious, Red Delicious ve Fuji cinsi elmalar örnek miktarı bir kg olacak şekilde tartılmış, yıkanmış, 4 mm kalınlığında dilimlenmiş, iki dakika buharda haşlanmıştır. Elma dilimleri nem içeriği kuru baza göre % 5 olana kadar 70 °C' de, yaklaşık 3.5 saat, hava akış hızı 1.1 m<sup>3</sup>/dk olan hava ile bantlı kurutucuda kurutulmuştur. Dondurarak kurutma, 100 µmHg vakum altında, oda sıcaklığı 20 °C' de, kondenser sıcaklığı -55 °C' de 10.5 saat kurutulmuştur. Vakumlu mikrodalga ile kurutmada yüksek vakum uygulaması yoğunluğu düşürmüş ve gevrekliği arttırmıştır. Ayrıca Fuji cinsi elmaların, Red ve Golden Delicious cinsi elmalara göre daha yüksek kalsiyum içeriğine ve gevrekliğe sahip olduğu belirtilmiştir.

Yücedağ ve Coşkun (1998), yapılan çalışmanın ikinci aşamasında ise; rotor devresindeki direnç kademelerine bağlı olarak rotor üzerinde düşen gerilim, her direnç kademesinde düşüş göstermiş ve dirençler devreden tamamen çıkınca rotor uç gerilimi de sıfıra düşmüştür.

Akgül (2000), günümüz modern binalarında arzu edilen konfor koşullarını sağlanması ve ilk yardımın sürekli hazır tutulması, büyük mali kaynakları gerektirmektedir. Isıtma, soğutma, havalandırma sistemleri, yangın ve gaz güvenliği ile asansörlerin çalışmaları ve bakımları, fazla miktarlarda enerji tüketimini beraberinde getirmektedir. Tamamen bilgisayar kontrollü olan bu sistemler mümkün olabilecek düzeyde enerji tasarrufu da sağlamaktadır.

Sağlamyürek (1997), seralarda ürün taşımak ve ilaçlama yapmak için hazırlanan bu otomasyonda programlanabilen mantık kontrol edici (Programmable Logic Controller) kullanılmıştır. PLC sınır anahtarları, sensörler, fotoseller v.b. gibi elemanlardan sinyal alıp işlemekte ve daha sonra kontaktörler vasıtasıyla tahrik motorlarını, selenoidleri ve kasa tutma bobinlerini kontrol etmektedir. Kullanılan PLC Omron Sysmac CQM1 marka olup 16 girişi ve 16 çıkışı vardır. Bu sistem büyük oranda işgücü tasarrufunu ve çalışanların ilaçların etkisinden uzak tutulmasını sağlar. Ayrıca seradaki bitkiler homojen bir şekilde ilaçlanır ve ilaç ekonomik bir şekilde kullanılır.

Sistem uzun vadede ekonomik olup çok sık bakım ve tamir gerektirmez. Serasında bu sistemi uygulayan bir çiftçi otomasyona ileri bir seviyeden başlamış olur ve ihtiyaç duyduğunda sisteme daha değişik amaçlı diğer kontrolleri da ekleyebilir.

Bayındır ve Ateş (2002), laboratuvar boyutlarında geliştirilmiş olan sürtünme kaynak cihazı tahrik motoru, fren, dönen ve sabit parça aynaları ile hidrolik ünite gibi ana elemanlardan oluşmaktadır. Sürtünme süresi, sürtünme basıncı, yığma süresi ve yığma basıncı gibi kaynak parametrelerinin uygulanma süreleri yazılan program yardımıyla hassas bir şekilde ayarlanmıştır.

Kitiş (2007), tasarlanan ve gerçekleştirilen PIC16F84 mikro denetleyicisi temelli PLC'nin gerçek sistemlerin kontrolünde kullanılabilirliğinin test edilmesi amacıyla iki örnek sistem incelenmiştir. İki sistem için farklı çalışma senaryoları ele alınmış ve yazılan kontrol kodu sayesinde bu sistemlerin kontrolü başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Lin ve ark. (1998), nemi geri kazanma, renk, yoğunluk, besin değeri ve yapı özellikleri bakımından, vakumlu mikrodalga ile kurutulmuş havuç dilimlerini, havayla ve dondurarak kurutulmuş havuç dilimleri ile karşılaştırmışlardır. Ön işlem olarak havuçlar (*Daucus carota*) kurutulmadan önce yıkanmış, kabuğu soyulmuş, 4 mm kalınlığında dilimlenmiş ve suda 90 °C'de 7 dakika haşlanmıştır. Kurutucu olarak nominal 4 kW, değişken güçlü vakumlu mikrodalgalı kurutucu kullanılmıştır. Vakumlu mikrodalga ile kurutmada, örnekler en son % 10 neme sahip olana kadar sırasıyla 3 kW mikrodalga gücünde 19 dakika, 1.0 kW mikrodalga gücünde 4 dakika ve 0.5 kW mikrodalga gücünde 10 dakika 100 mmHg sabit vakum uygulanmıştır. Sıcak hava ile kurutma 70 °C'de ve dondurarak kurutma ise 1.6 mmHg'de 20 °C'de ve kondansatör sıcaklığı -55 °C'de yapılmıştır.

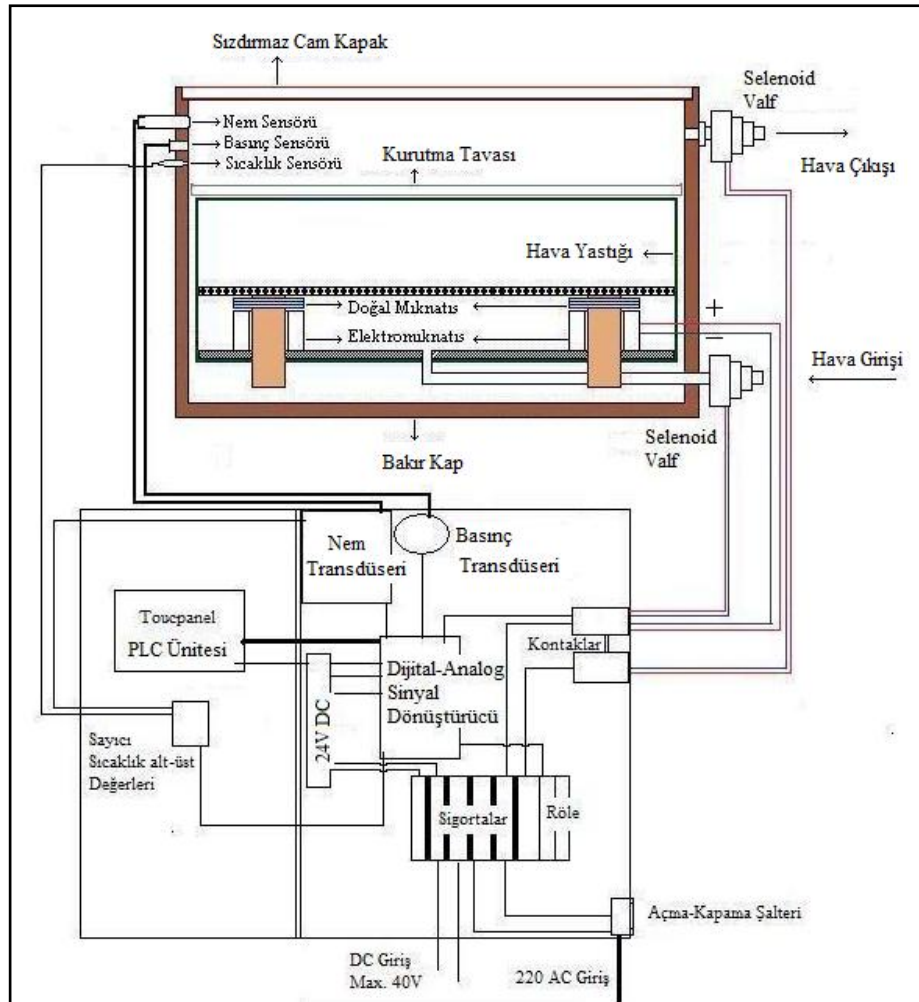
Hawlder ve ark. (2005), asal çevre gazları şartlarında (nitrojen ve karbondioksit) ısı pompalı kurutucuda elma, hint armudu ve patates kurutmuşlardır. Çalışmada, kurutulan ürünlerde renk analizi, yüzey gözenekliliği ve rehidrasyon yeteneği incelenmiştir. Isı pompalı kurutucudaki örneklerle vakum ve dondurarak yapılan kurutma örnekleri karşılaştırılmıştır. Araştırmacılar, asal gazlar kullanıldığında ısı pompalı kurutucudaki örnekler ile vakum ve dondurarak yapılan kurutma örneklerinin benzer olduğunu saptamışlardır.



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Yapılan çalışmada sistemde kullanılan parçaların tesisat şeması aşağıdaki şekilde verilmiştir. Şekilde görülen silindirik bakır kabın tabanına yerleştirilen elektromıknatıslar üzerinde üçer adet doğal mıknatıs yer almaktadır. Bu doğal mıknatıslar üzerinde ise piston olarak görev yapan Krom-Nikel kapak yer almaktadır. Yine silindirik kap içerisinde nem sensörü, basınç sensörü, sıcaklık sensörü, silindirik kabın alt ve üst taraflarına yerleştirilmiş selenoid valfler ve sızdırmaz cam kapak ile hava yastığı görülmektedir. Sistemde yer alan PLC ünitesi, dijital - analog sinyal dönüştürücü ve kullanılan diğer elemanlar Şekil 3.1’de görülmektedir.



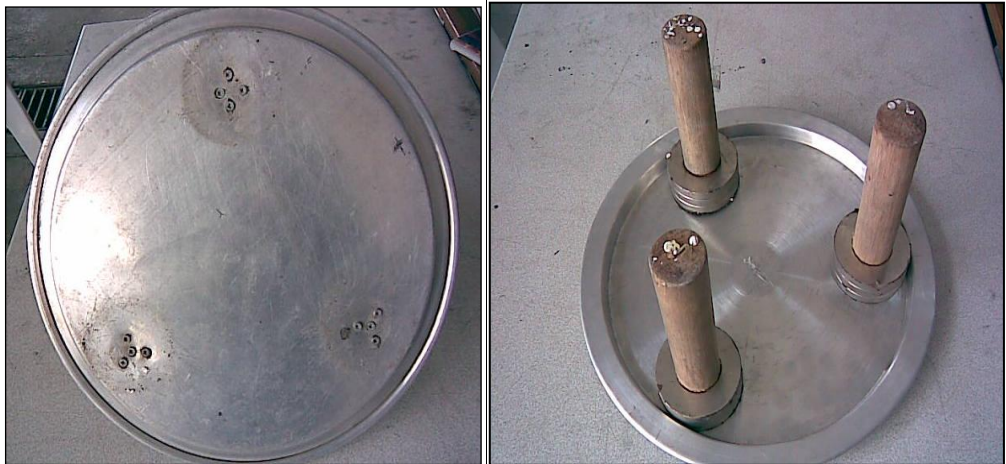
Şekil 3.1 Kurutma firmı tesisat şeması

Ø40x40 cm ebatlarında silindirik bakır kap (Şekil 3.2) proses'te kurutma fırının gövdesini oluşturmaktadır. Kurutma fırınının gövdesini oluşturan kazanın bakır malzemeden seçilmesinin nedeni, manyetik alan şiddetinden etkilenmemesi içindir. Sistemde kullanılan elektromıknatıs ve doğal mıknatıslar silindirik bakır kap içerisine monte edilmiştir. Bakır kazanın ağız kısmı sızdırmazlığı sağlamak için sert plastik ile kaplanmıştır. Silindirik bakır kabın yan yüzeylerine bir adet basınç, bir adet sıcaklık ve bir adet de nem sensörü monte edilmiştir. Ayrıca hava giriş ve çıkışının sağlamak amacıyla selenoid valfler takılmıştır.



Şekil 3.2. Bakır kap

Şekil 3.3'te görülen Krom-Nikel kapak ise alt yüzeylerine monte edilen üç adet doğal mıknatıs ve bunlara yerleştirilmiş tahta kollar elektromıknatıslar ile dengeli bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır.



Şekil 3.3. Krom – Nikel kapak alt ve üst görünüşü

Sistemde kullanılan üçer adet 60 mm çapında 50 mm kalınlığında doğal mıknatıslar üç adet 60 mm çapında 50 mm kalınlığındaki elektromıknatısların ortasındaki yuvalarına karşılıklı olarak yerleştirilmektedir (Şekil 3.4 ve Şekil 3.5). Kapalı bir sistemdeki pistonun bu hareketi vakum oluşmasına neden olmaktadır.



Şekil 3.4. Elektromıknatıslar (çekirdek)

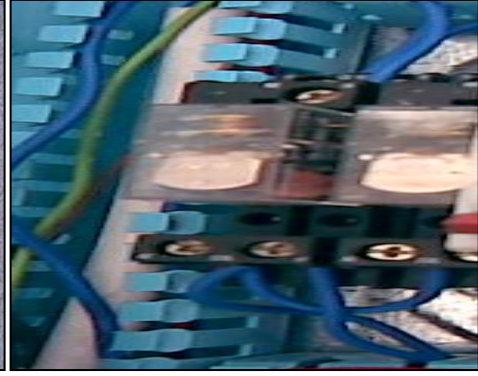


Şekil 3.5. Doğal mıknatıslar

Solenoid valflerden silindirik kap çerisinde iki adet kullanılmış olup, bu valfler silindirik kap içerisine gönderilen komutlara göre açılıp kapanarak istenilen zamanda hava giriş-çıkışı sağlamaktadırlar. Şekil 3.6'da yer alan ve proseste kullanılan solenoid valflerden her biri, Şekil 3.7'de yer alan birer adet röle aracılığı ile kontrol edilmektedir. Bu rölelerden her biri silindirik bakır kazanın alt ve üst tarafında bulunan valflere bağlıdır. Bu röleler valflerin istenilen zamanda açılıp kapanmasını sağlamaktadırlar.



Şekil 3.6. Selenoid valf



Şekil 3.7. Röleler

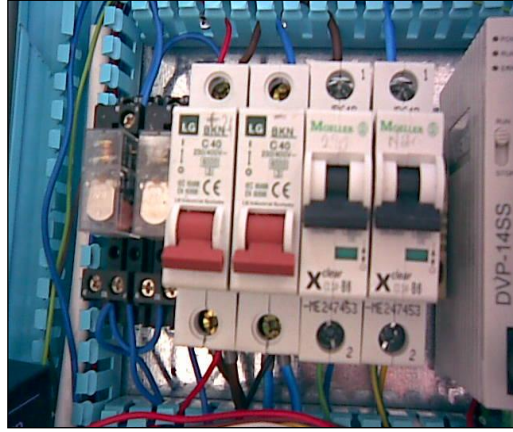
Silindirik bakır kazan içerisinde basınç, sıcaklık ve nem değerlerinin yeterince oluşabilmesi ve bu değerlerin doğru ölçülebilmesi için silindirik kap içerisine hava yastığı konulmuştur. Ayrıca kap içerisinde sızdırmazlığı sağlayarak bu değerlerin korunması amacıyla kazanın üst kısmına 38 mm çapında ve 10 mm kalınlığında sızdırmaz bir cam kapak konulmuştur. Böylece kazan içindeki sensörler ulaşılan değerleri doğru bir şekilde iletmektedirler. Hava yastığı ve sızdırmaz cam kapak şekil 3.8’de görülmektedir.



Şekil 3.8. Hava Yastığı ve sızdırmaz cam kapak

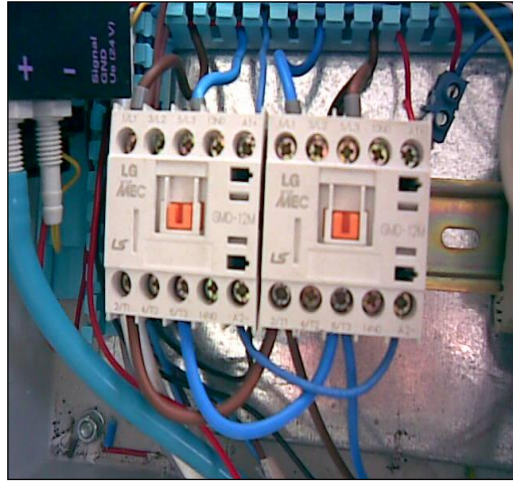
Sistemin çalışması esnasında oluşabilecek kısa devre veya aşırı akım oluşmasına karşı sistemi korumak amacı ile Şekil 3.9’de yer alan iki adet 40 A ve iki adet de 16 A’lik sigortalar takılmıştır.





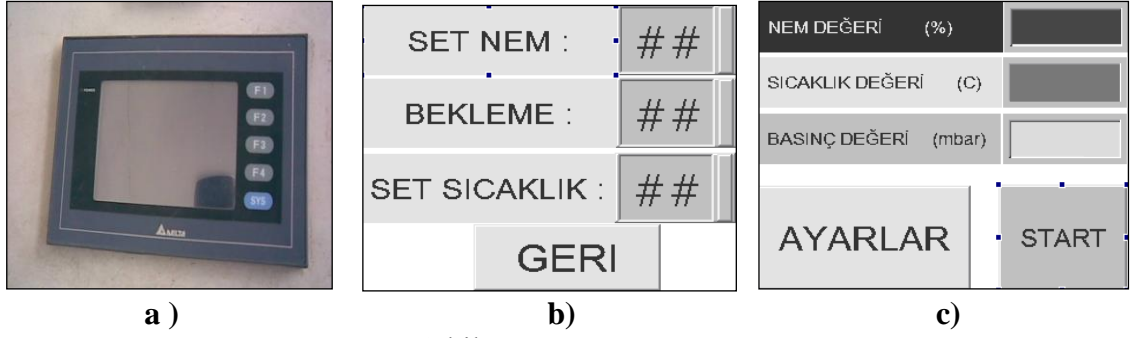
Şekil 3.9. Sigortalar

Elektromıknatlara gönderilen 220 V'lik elektrik akımının yönlerinin değiştirilmesi iki adet LG-GMD-12M kontaktör kullanılarak sağlanmıştır (Şekil 3.10). Bu kontaktörler devredeki elektromıknatlara giden elektrik akımının yönünü değiştirerek ters ya da düz olarak enerjilenmesini sağlamaktadırlar. Bu sayede pistonun aşağı-yukarı hareketi sağlanmaktadır.



Şekil 3.10. Kontaktörler

Touch panel (dokunmatik panel) olarak, markası Human Machine Interface, modeli DOP –AS38BSTD INPUT: DC+24V/110mA kullanılmıştır. Üzerinden sıcaklık ve bekleme süreleri ayarlanabilir sistemin çalışması için start verilebilir. Ayrıca kurutma fırınının içerisindeki sıcaklık değeri, nem değeri ve basınç değeri okunur (Şekil 3.11. a-b-c).



Şekil 3.11. Touch Panel

Sistemde kullanılan PLC için gerekli olan enerji Şekil 3.12’de görüldüğü gibi 24 V DC güç kaynağından sağlanmaktadır.



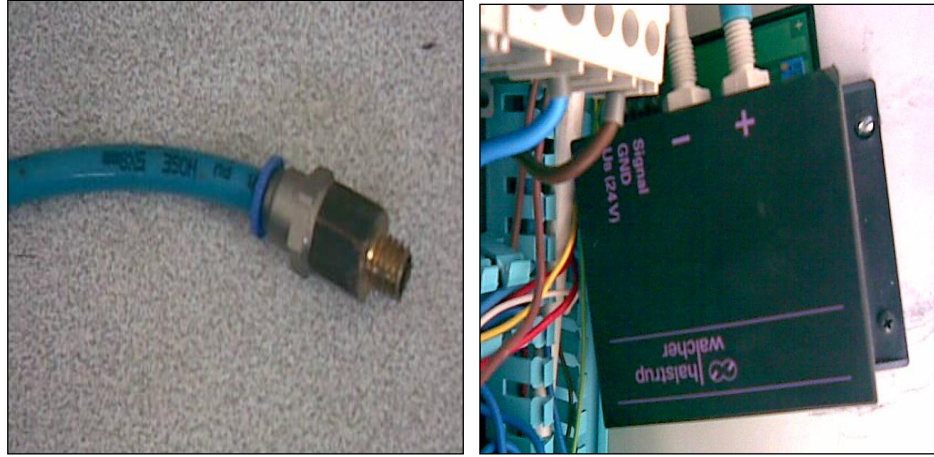
Şekil 3.12. 24 V DC güç kaynağı

Silindirik bakır kap içinde oluşan nem miktarı Şekil 3.13’de yer alan nem sensörü aracılığı ile ölçülmektedir. Nem sensörü silindirik kazan üzerine monte edilmiş olup, kazan içinde oluşan nem değerini PLC’nin giriş modülüne iletmektedir.



Şekil 3.13. Nem Sensörü

Silindirik bakır kazan içerisinde oluşan basıncı ölçmek amacı ile kazan içerisine bir adet basınç sensörü yerleştirilmiştir. Ölçülen basınç değerleri Signal GND Ua (24 V) basınç transdüseri aracılığı ile PLC'ye aktarılmaktadır. Kullanılan basınç sensörü ve basınç transdüseri Signal GND Ua (24V) olup Şekil 3.14'de görülmektedir. Bu sensör ve transdüser, silindirik bakır kap içinde meydana gelen basınç değerinin PLC'ye aktarılmasını sağlamaktadır.



Şekil 3.14. Basınç sensörü ve basınç transdüseri

Silindirik bakır kazan içerisinde yer alan sıcaklık değişimlerini ölçmek amacıyla kazan içerisine bir adet PT 100 sıcaklık sensörü yerleştirilmiştir. Bu sensör algıladığı sıcaklığı analog sinyal olarak, Şekil 3.15'de görülen PT 100 sıcaklık dönüştürücüsüne iletmektedir. PT 100 sıcaklık dönüştürücüsü, gelen analog sinyali dijital sinyale

çevirerek, PLC'nin giriş modülüne iletir. Ayrıca kazan içerisindeki sıcaklığın kontrolü ve set değeri sıcaklık göstergesi cihazı ile kontrol edilir (Şekil 3.16).

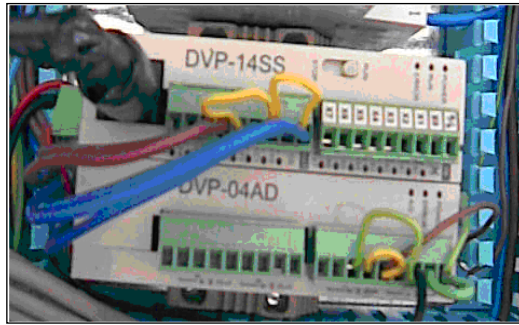


Şekil 3.15. PT 100 sıcaklık sensörü



Şekil 3.16. Sıcaklık göstergesi cihazı

Nem sensörü, basınç sensörü, basınç transdüseri, sıcaklık sensörü, 24 V DC güç kaynağı, Delta PLC modülü, kontaklar, kontaktörler, röleler, analog giriş - dijital çıkış modülleri ve şalter Emesa Otomasyon tarafında alınıp montajı yapılmıştır. Kullanılan PLC, DELTA marka, DVP14SS11R12 tipidir. Kullanılan PLC, 8 adet dijital giriş, ve 6 adet dijital çıkış kapasitesine sahiptir, ayrıca yanına takılan DVP04AD-S Analog giriş genişleme modülü ile 4 adet analog giriş de bağlanabilir duruma gelmiştir. Dijital-analog sinyal dönüştürücü Şekil 3.17'de görülmektedir..

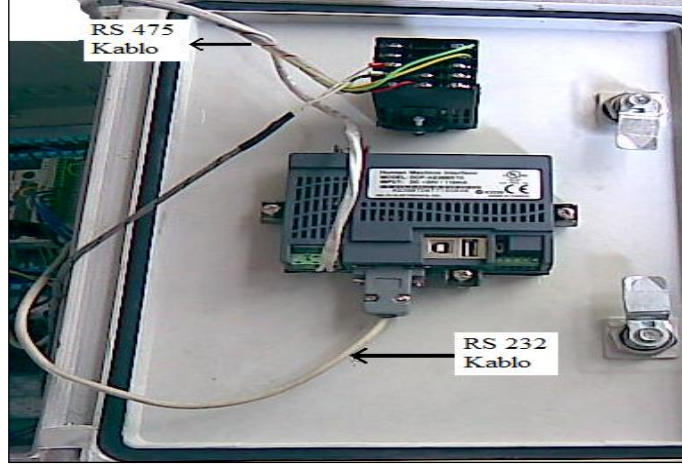


Şekil 3.17. Delta PLC cihazı ve CPU modülü analog giriş modülü ve dijital çıkış modülü

Şekil 3.18'de görülen RS 232 data kablosunun bir ucu kontrol panelindeki touch panele diğer ucu da sıcaklık göstergesi paneline bağlı olup haberleşmeyi sağlamaktadır.



Şekilde gösterilen RS 475 kablosu ise sıcaklık gösterge paneli ile touch panelden alınan sıcaklık basınç ve nem değerlerini PLC'ye aktararak haberleşmeyi sağlamaktadır.



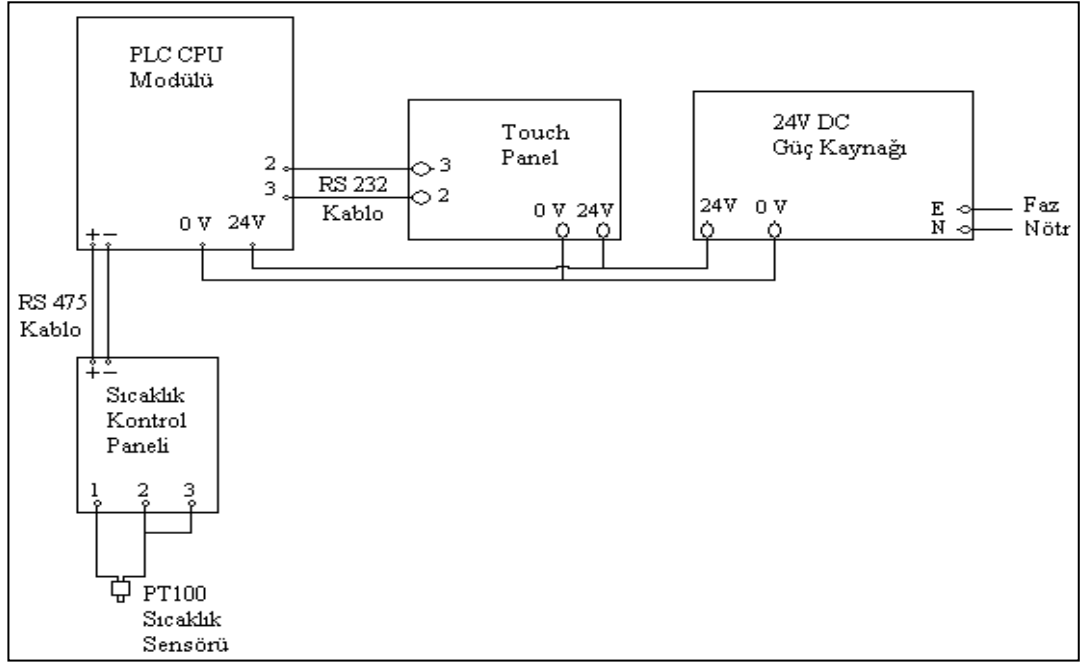
Şekil 3.18. RS 232 ve RS 475 kablosu

Sisteme giren elektrik akımının istenildiği anda açma ve kapama görevini yapan bir adet 220 V giriş şalteri Şekil 3.19'da görülmektedir.



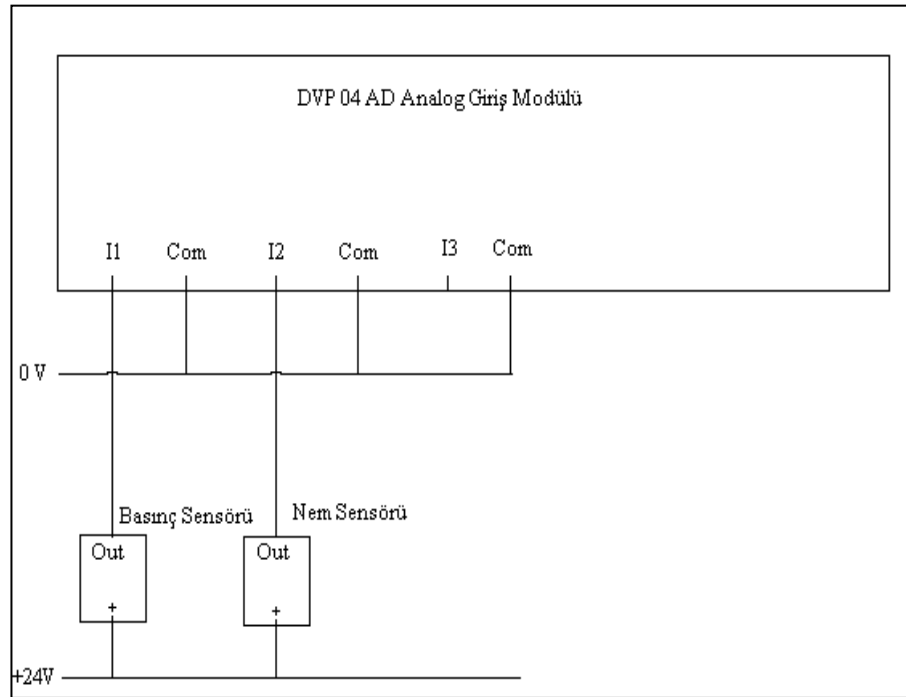
Şekil 3.19. Açma kapama şalteri

Şekil 3.20’de 24 V 25 A DC güç kaynağının kontrol paneli devre şeması görülmektedir.



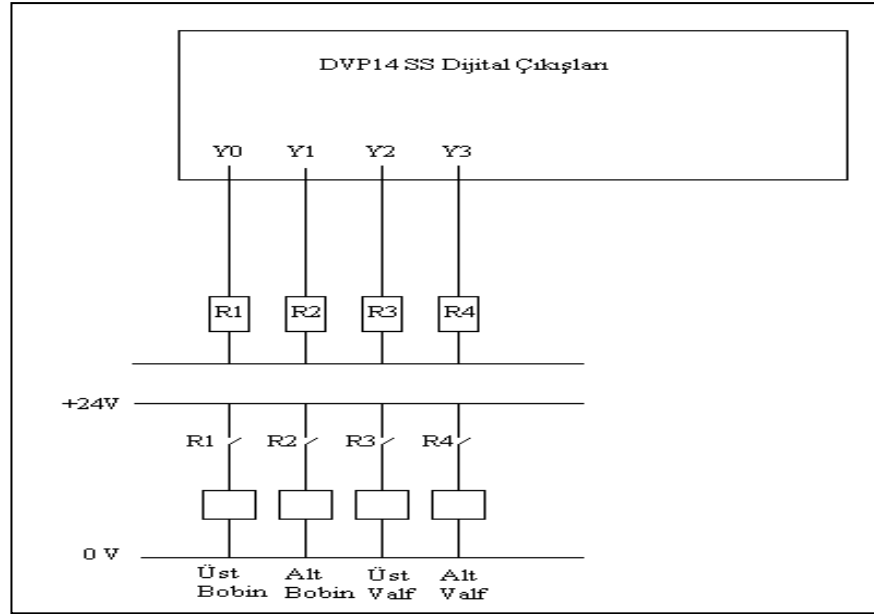
Şekil 3.20. Kontrol paneli devre şeması

Şekil 3.21’de analog giriş modülü devre şeması görülmektedir.



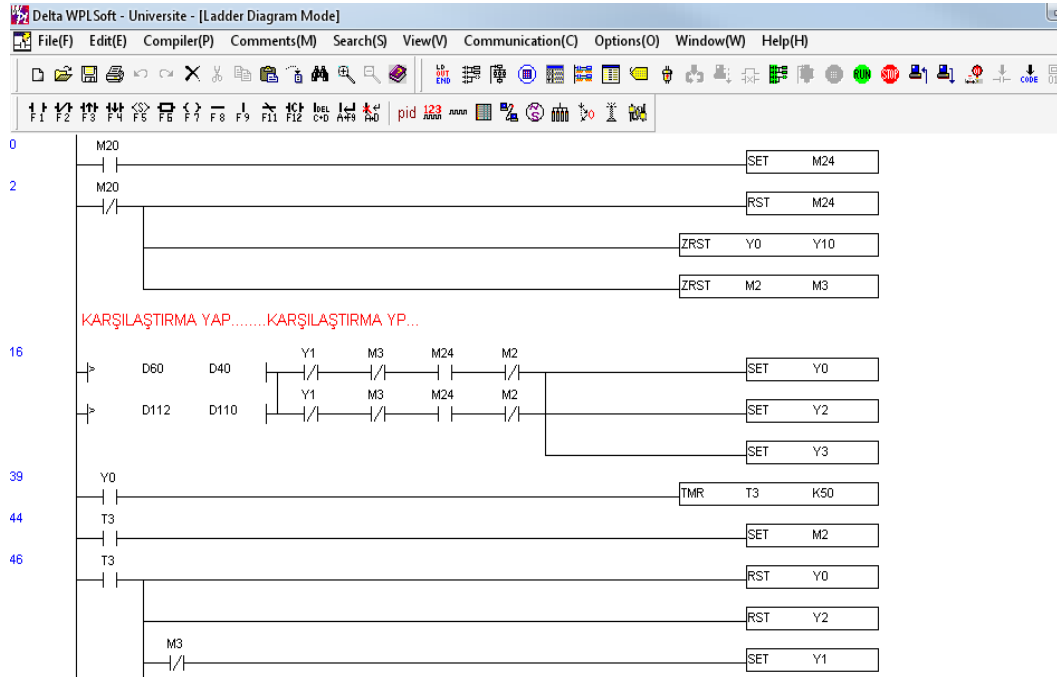
Şekil 3.21. Analog Giriş Modülü Devre Şeması

Şekil 3.22’de dijital çıkış modülü devre şeması gösterilmiştir.

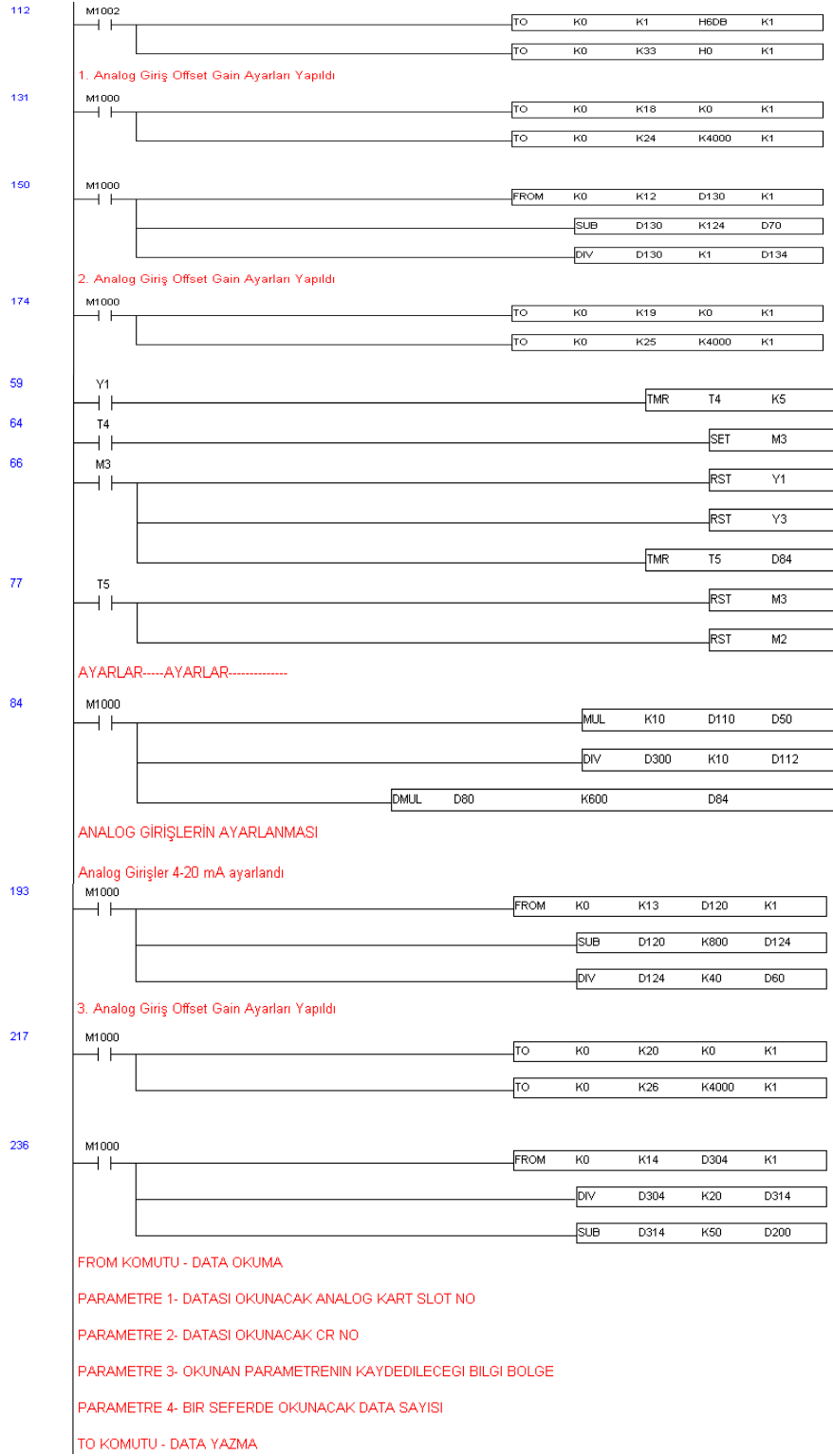


Şekil 3.22. Dijital Çıkış Devre Şeması

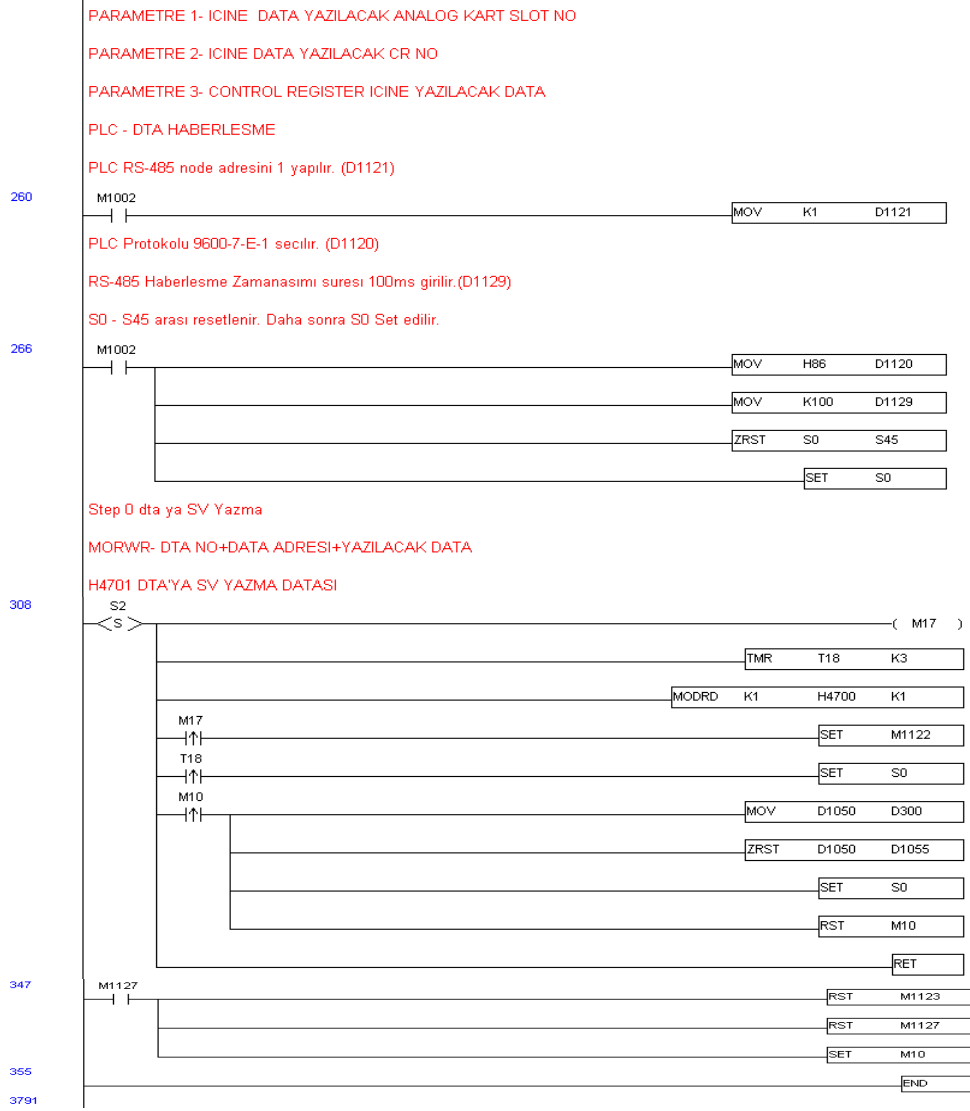
Sistemdeki PLC üzerine yüklenen programın Ladder diyagramı Şekil 3.23’te ve bu programa ilişkin kısaltmaları ve adres numaraları Şekil 3.24’te gösterilmiştir.



Şekil 3.23. Ladder diyagramı



Şekil 3.23. Ladder diyagramı (Devamı)



Şekil 3.23. Ladder diyagramı (Devamı)

Address	Instruction	Operand 1	Operand 2	Operand 3	Operand 4	Operand 5
000000	LD	M20				
000001	SET	M24				
000002	LDI	M20				
000003	RST	M24				
000006	ZRST	Y0	Y10			
000011	ZRST	M2	M3			
000016	LD>	D60	D40			
000021	OR>	D112	D110			
000026	LDI	Y1				
000027	ANI	M3				
000028	AND	M24				
000029	ANI	M2				
000030	LDI	Y1				
000031	ANI	M3				
000032	AND	M24				
000033	ANI	M2				
000034	ORB					
000035	ANB					
000036	SET	Y0				
000037	SET	Y2				
000038	SET	Y3				
000039	LD	Y0				
000040	TMR	T3	K50			
000044	LD	T3				
000045	SET	M2				
000046	LD	T3				
000047	RST	Y0				
000050	RST	Y2				
000053	MPS					
000054	ANI	M3				
000055	SET	Y1				
000056	MPP					
000057	ANI	M3				
000058	SET	Y3				
000059	LD	Y1				
000060	TMR	T4	K5			
000064	LD	T4				
000065	SET	M3				
000066	LD	M3				
000067	RST	Y1				
000070	RST	Y3				
000073	TMR	T5	D84			
000077	LD	T5				
000078	RST	M3				
000081	RST	M2				
000084	LD	M1000				
000085	MUL	K10	D110	D50		
000092	DIV	D300	K10	D112		
000099	DMUL	D80	K600	D84		
000112	LD	M1002				
000113	TO	K0	K1	H6DB	K1	
000122	TO	K0	K33	H0	K1	
000131	LD	M1000				
000132	TO	K0	K18	K0	K1	
000141	TO	K0	K24	K4000	K1	
000150	LD	M1000				
000151	FROM	K0	K12	D130	K1	
000160	SUB	D130	K124	D70		
000167	DIV	D130	K1	D134		
000174	LD	M1000				
000175	TO	K0	K19	K0	K1	
000184	TO	K0	K25	K4000	K1	
000193	LD	M1000				
000194	FROM	K0	K13	D120	K1	
000203	SUB	D120	K800	D124		
000210	DIV	D124	K40	D60		
000217	LD	M1000				
000218	TO	K0	K20	K0	K1	
000227	TO	K0	K26	K4000	K1	
000236	LD	M1000				
000237	FROM	K0	K14	D304	K1	
000246	DIV	D304	K20	D314		
000253	SUB	D314	K50	D200		
000260	LD	M1002				
000261	MOV	K1	D1121			
000266	LD	M1002				
000267	MOV	H86	D1120			
000272	MOV	K100	D1129			
000277	ZRST	S0	S45			
000282	SET	S0				
000283	STL	S0				
000284	OUT	M0				
000285	TMR	T1	K2			
000289	LDP	M0				
000292	SET	M1122				
000293	MODWR	K1	H4701	D50		
000300	LD	M1123				
000301	ORP	T1				
000304	RST	M1123				
000307	SET	S2				
000308	STL	S2				
000309	OUT	M17				
000310	TMR	T18	K3			

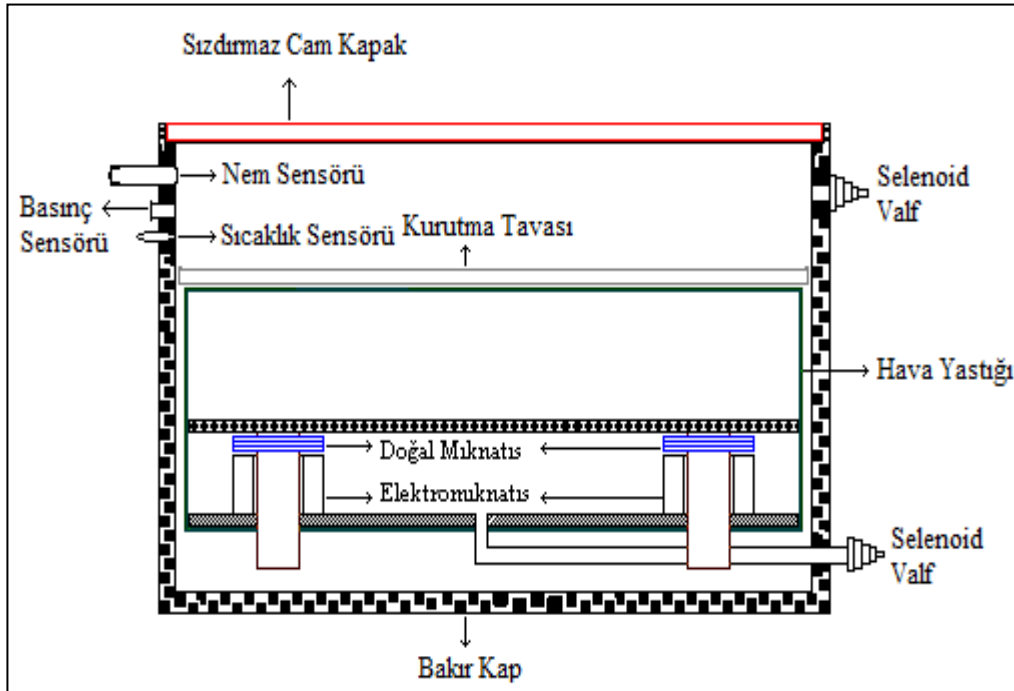
Şekil 3.24. Liste diyagramı

000314	MODRD	K1	H4700	K1		
000321	LDP	M17				
000324	SET	M1122				
000325	LDP	T18				
000328	SET	S0				
000329	LDP	M10				
000332	MOV	D1050	D300			
000337	ZRST	D1050	D1055			
000342	SET	S0				
000343	RST	M10				
000346	RET					
000347	LD	M1127				
000348	RST	M1123				
000351	RST	M1127				
000354	SET	M10				
000355	END					
000356	NOP					
000054	ANI	M3				
000055	SET	Y1				
000056	MPP					
000057	ANI	M3				
000058	SET	Y3				
000059	LD	Y1				
000060	TMR	T4	K5			
000064	LD	T4				
000065	SET	M3				
000066	LD	M3				
000067	RST	Y1				
000070	RST	Y3				
000073	TMR	T5	D84			
000077	LD	T5				
000078	RST	M3				
000081	RST	M2				
000084	LD	M1000				
000085	MUL	K10	D110	D50		
000092	DIV	D300	K10	D112		
000099	DMUL	D80	K600	D84		
000112	LD	M1002				
000113	TO	K0	K1	H6DB	K1	
000122	TO	K0	K33	H0	K1	
000131	LD	M1000				
000132	TO	K0	K18	K0	K1	
000141	TO	K0	K24	K4000	K1	
000150	LD	M1000				
000151	FROM	K0	K12	D130	K1	
000160	SUB	D130	K124	D70		
000167	DIV	D130	K1	D134		
000174	LD	M1000				
000175	TO	K0	K19	K0	K1	
000184	TO	K0	K25	K4000	K1	
000193	LD	M1000				
000194	FROM	K0	K13	D120	K1	
000203	SUB	D120	K800	D124		
000210	DIV	D124	K40	D60		
000217	LD	M1000				
000218	TO	K0	K20	K0	K1	
000227	TO	K0	K26	K4000	K1	
000236	LD	M1000				
000237	FROM	K0	K14	D304	K1	
000246	DIV	D304	K20	D314		
000253	SUB	D314	K50	D200		
000260	LD	M1002				
000261	MOV	K1	D1121			
000266	LD	M1002				
000267	MOV	H86	D1120			
000272	MOV	K100	D1129			
000277	ZRST	S0	S45			
000282	SET	S0				
000283	STL	S0				
000284	OUT	M0				
000285	TMR	T1	K2			
000289	LDP	M0				
000292	SET	M1122				
000293	MODWR	K1	H4701	D50		
000300	LD	M1123				
000301	ORP	T1				
000304	RST	M1123				
000307	SET	S2				
000308	STL	S2				
000309	OUT	M17				
000310	TMR	T18	K3			

Şekil 3.24. Liste diyagramı (Devamı)

### 3.2. Yöntem

Yapılan bu çalışmada elektromanyetik kuvvet ile çalışan PLC kumanda sistemi ile vakum oluşturmak, kurutma hızını artırmak ve bir sayıcı yardımı ile kaç tetikleme sonunda kurumunun gerçekleştiğini tespit etmektir. Bu işlemi gerçekleştirebilmek için bakırdan gövdesi olan bir kurutma fırını imal edilmiştir. Ayrıca fırının içerisine meyvelerin kurutulması için krom-nikel bir kurutma tavası yerleştirilmiştir. Kurutma tavasının altına vakum oluşturmakta kullanılacak piston tertibatı yerleştirilmiştir. Silindirik bakır kabın tabanına elektromıknatıslar yerleştirilerek sabitleştirilmiştir. Krom-Nikel tavaya da doğal mıknatıslar yerleştirilerek piston vazifesi yapması sağlanmıştır. Kurutma fırını düzeneği Şekil 3.25'te gösterilmiştir. Elektromıknatıslara uygulanan akım, mıknatısların kutuplarını değiştirerek mıknatıslar arası çekme ve itme gücü oluşturmuştur. Kutup değiştirme işlemi fırının içine yerleştirilecek nem sensöründen alınan değerlerin PLC yazılımı ile değerlendirilmesi sonucunda otomatik olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.25. Kurutma fırını düzeneği



Deney fırını, touch panelden sıcaklık değeri, nem değeri ve bekleme süresi set değerleri girilerek çalıştırılır (Şekil 3.26).



Şekil 3.26. Touch panelde set ekranı ve start ekranı

Fırının içerisindeki nem değeri artıp set değerlerine ulaştığı anda PLC ünitesi tarafından elektromıknatıslara ve selenoid valflere enerji gönderilerek tablanın yukarı çıkması ve selenoid valflerin açılması sağlanır. Fırının içerisindeki nemin tamamen dışarı atılması için tabla yukarıda 4 saniye bekler. Elektromıknatısların enerjisi kesilerek tabla aşağı iner. Tabla aşağı inerken üst tarafta bulunan selenoid valf kapalıdır, alt tarafta bulunan selenoid valf ise tabla aşağı indikten sonra kapanır. Kapalı bir sistemde tablanın aşağı inmesi sonucu vakum oluşur. Oluşan vakum nedeniyle ürünlerdeki kaynama noktası düşer ve ürünlerde difüzyon hızının artmasına sebep olur. Fırının içerisinde, ayarlanan set değerlerinden herhangi birine ulaşıldığında sistem kendisini yineleyerek aynı işlemler ürün kuruyana kadar devam edecektir. Bu işlemler sırasında ortamda oluşturulan vakumla kaynama noktası düşen ürünlerdeki suyun buharlaşması sonucu sistemden ısı alır ve sistemin soğumasına neden olur. Soğuyan sistem kaybettiği ısıyı çevreden (atmosfer) alarak termodinamik olayların devam etmesi sağlanır.

Kurutma fırınından dışarıya atılan su buharı miktarının hesaplanmasında 3.1 eşitliği kullanılmıştır.

$$PV = nRT \quad (3.1)$$

$P$  = Sistemin basınç değeri (kPa)

$V$  = Sistemin hacim değeri ( $m^3$ )

$n$  = Havadaki su buharının kmol sayısı

$R_u$  = Üiversal gaz sabiti  $R_u = 8.314 \text{ kPa} \cdot m^3 \cdot kmol^{-1} \cdot K^{-1}$

$T$  = Sistemin sıcaklığı (K)

İç çapı 40 cm olan kurutma fırınının içerisindeki basınç 306 mbar ve sıcaklık 26,5 °C (Eylül ayı sıcaklık ortalaması Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün internet sitesinden alınmıştır, Çizelge 3.1.) olduğu şartlarda dışarı atılan su buharının miktarı bulunmuştur.

Çizelge 3.1. Eylül ayı sıcaklık ortalaması\*

ISKENDERUN	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975 - 2008)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	11,8	11,2	14,7	18,3	21,9	25,2	27,8	28,4	26,5	22,4	17,1	13,2
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	15,4	16,0	18,5	22,3	25,4	28,2	30,5	31,3	30,1	27,0	21,5	16,9
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	9,7	8,9	11,1	14,6	18,3	21,9	24,9	25,5	23,1	18,7	13,7	10,2
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	4,2	5,1	6,1	7,2	9,0	10,3	9,5	9,3	8,8	7,5	5,6	4,0

\* <http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ISKENDERUN>, 05.02.2011

Fırının iç hacminin hesaplanmasında 3.2 eşitliği kullanılmıştır.

$$V = \left[ \frac{\pi D^2}{4} \right] x h \quad (3.2)$$

$V$  = Hacim ( $m^3$ )

$D$  = Silindirin çapı (m)

$h$  = Silindirin yüksekliği (m)

$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$  denkleminde,

$n = \frac{P.V}{R.T}$  denklemi elde edilip bilinen parametreler yerine yazıldığında;

$n = 0,0015 \text{ kmol} = 1.5 \text{ mol}$  bulunur.

Su buharının mol kütlesi  $M=18 \text{ g/mol}$

Su buharının miktarının hesaplanmasında 3.3 eşitliği kullanılmıştır.

$$m=M.n \quad (3.3)$$

$M= \text{Mol Kütlesi} \quad (\text{g/mol})$

$n = \text{Mol sayısı}$

$m= \text{Mol ağırlığı} \quad (\text{g})$

$m=27 \text{ g}$  bulunmuştur.

27 g havanın içerisindeki nem oranı, nem set oranı % 85 olarak ayarlandığı için ;

$$27 \times 0,85 = 22.95 \text{ g}$$

Bir tetikleme sonunda dışarı atılan su buharı miktarı 22.95 g'dır. Elmaların tetikleme sonundaki kütle kaybı 3.4 eşitliğinden faydalanılarak bulundu.

$$g_s = (g_o - k) \quad (\text{g}) \quad (3.4)$$

$g_s = \text{Sonraki kütle} \quad (\text{g})$

$g_o = \text{Önceki kütle} \quad (\text{g})$

$k = \text{kütle kaybı} \quad (\text{g})$

% 80 nem oranına sahip elmalar % 15 nem oranına düşene kadar sistemin kaç defa tetikleme yapacağı 3.5 eşitliğinden yararlanılarak bulunmuştur. PLC kontrollü bir sayıcı yardımı ile sayma işlemi gerçekleştirilmiştir.

$$N_s = \frac{N_o \times g_s}{g_o} \quad (3.5)$$

$g_s = \text{Sonraki kütle} \quad (\text{g})$

$N_o = \text{Önceki nem oranı} \quad (\%)$

$N_s = \text{Sonraki nem oranı} \quad (\%)$

Deneyin uygulanması için elmalar fırının içerisine yerleştirildi. Sistemin gerilimi 52 V olarak ayarlandı. Touch panelde sıcaklık set değeri 26.5, nem set değeri % 85 ve basınç set değeri 306 mbar girilerek fırın çalıştırıldı. Fırının içerisindeki nem oranı % 85 olana kadar 32 dakika geçti. Kurutma fırınının içerisindeki nem oranı, set oranına gelince sistem kendi kendine tetiklendi ve tabla aşağı indi. Daha sonraki tetikleme süreleri nemin toplanmasına bağlı olarak artarak devam etti.

$W=[(I.U)/3600].4$  denklemleri kullanılarak fırının bir tetiklemede kullandığı enerji miktarı hesaplanmıştır.

W= Enerji ( J )

I= Akım şiddeti (A)

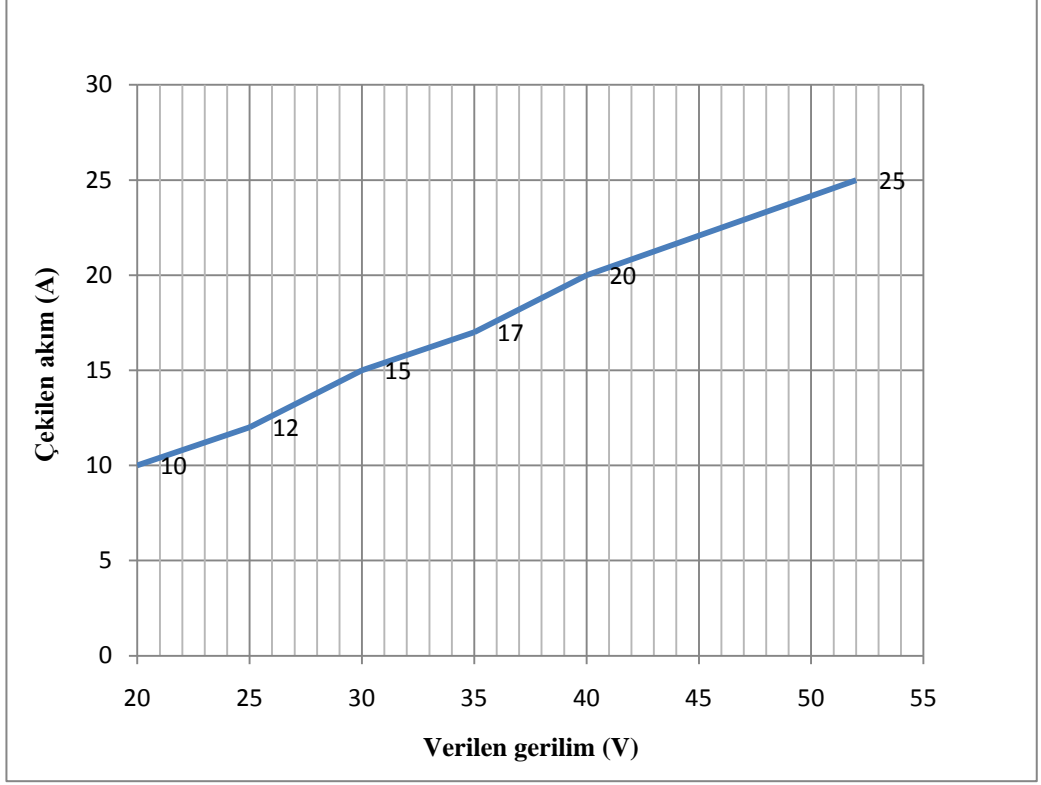
U= Gerilim (V)

Sistemin her tetiklenmesinde piston yukarı çıkmış ve 22.95 g su buharı dışarı atılmıştır. 500 g elma 132 gram'a düşene kadar 16 defa sistem tetikleme yapmıştır. 16 tetikleme sonucunda fırının harcadığı toplam enerji 0.023 kWh kurutma süresi de 37 saat 16 dakika olarak ölçülmüştür.

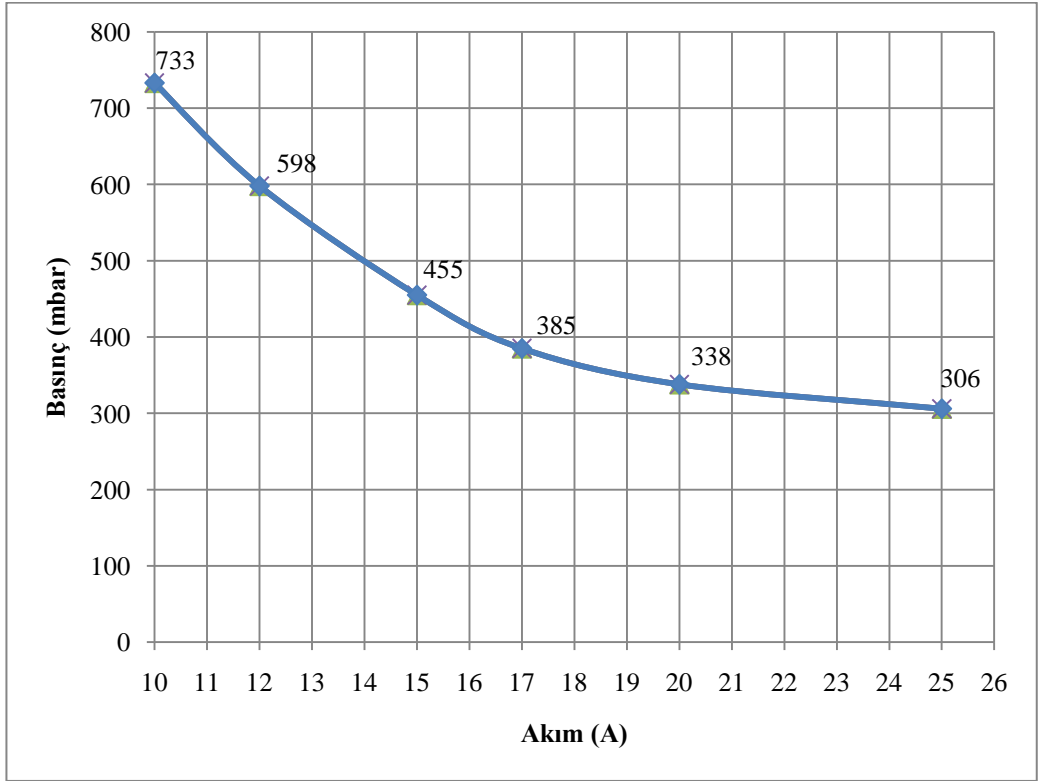
#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Amasya tip 500 g elmanın 132 gram'a düşünceye kadar yapılan kurutma deneyleri sonunda harcanan enerji miktarı ölçülerek kaydedilmiştir. Amasya tip elmanın nem oranı % 80'dir (Ayhan, 2005). Kurutma fırını ile yapılan deneyler Eylül ayında yapılmıştır. Tüketilen enerjilerin ölçümleri Payas Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi'nin Elektrik-Elektronik Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Bu çalışma ile enerji tüketimi, basınç ve kurutma süresi arasında doğrusal bir ilişki bulunduğu belirlenmiştir.

Kurutma fırınına enerji sadece tablanın yukarı çıkmasında ve selenoid valflerin açılmasında gereklidir. Şekil 4,1'de akım ve gerilim değerleri görülmektedir. Yapılan deneylerde tablanın yukarı çıkma süresi 0,5 ms ölçülmüştür. Güç kaynağımızın başlangıç gerilimi 20 V olduğundan fırına ilk olarak 20 V gerilim uygulanmıştır. Bu sırada 20 V gerilimin 10 A akım çektiği, 25 V gerilimin 12 A akım çektiği, 30 V gerilimin 15 A akım çektiği, 35 V gerilimin 17 A akım çektiği, 40 V gerilimin 20 A akım çektiği ve 52 V gerilimin 25 A akım çektiği ölçülmüştür. Şekil 4.2' de akım ve basınç değerleri görülmektedir. Bu sırada fırın içerisindeki basınç değerleri 10 A akımla 733 mbar, 12 A akımla 598 mbar, 15 A akımla 455 mbar, 17 A akımla 385 mbar, 20 A akımla 338 mbar ve 25 A akımla 306 mbar olarak ölçülmüştür. Sistem, en verimli kurutmayı 52 V gerilimde oluşturduğu 306 mbar'lık vakumla yaptığı görülmüştür.

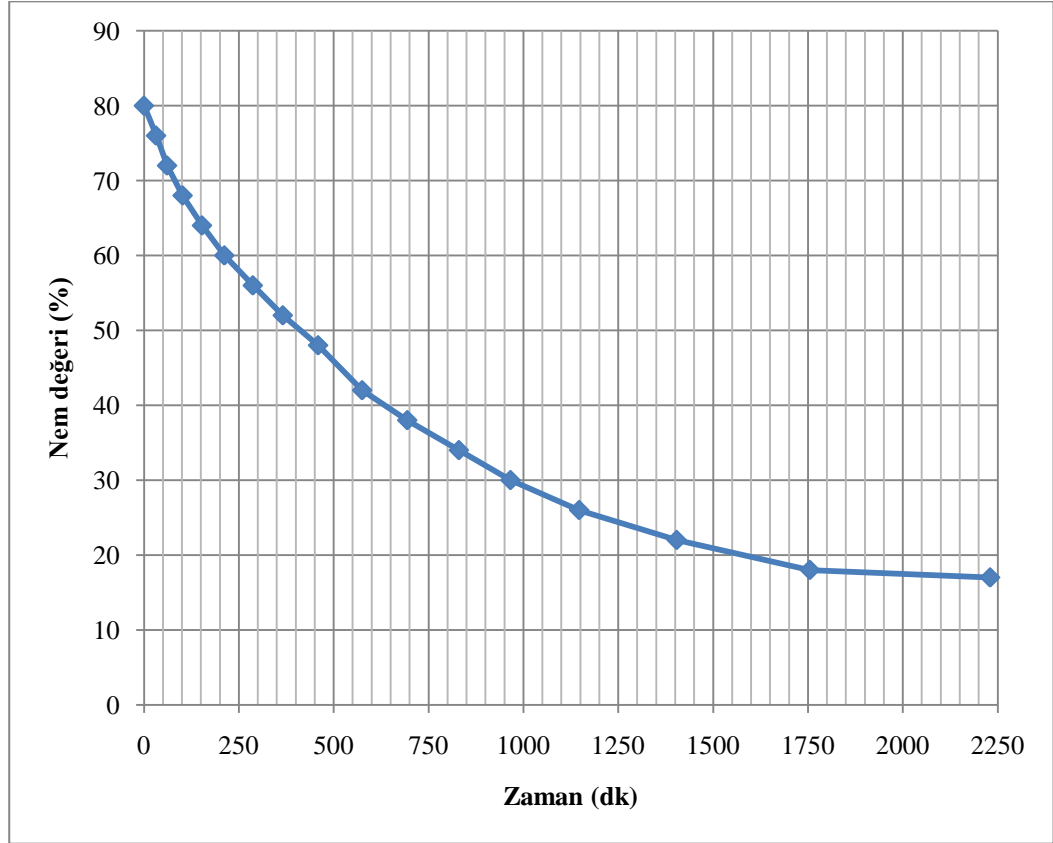


Şekil 4.1. Gerilim - akım grafiği



Şekil 4.2. Akım - basınç grafiği

Kurutma fırınında nem miktarının kurutma zamana bağlı olarak değişimi Şekil 4.3' de verilmiştir.

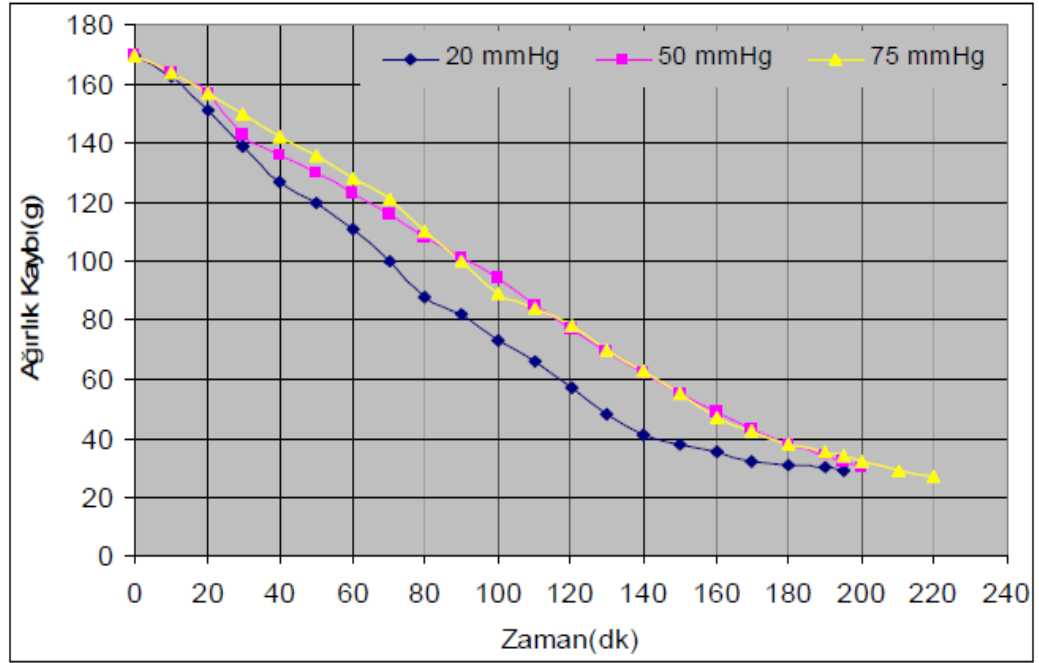


Şekil 4.3. Nem miktarının zamana bağlı olarak değişimi

Araştırma sonuçlarında vakumla kurutma, sıcak hava ile ve açık havada kurutmaya göre kurutma zamanında ve kurutma enerjisinde tasarruf sağlamıştır. Enerji açısından bakıldığında güneş enerjisinden yararlanılarak açık havada kurutma en ekonomik yöntemdir. Ancak, açık havada kurutmanın renk ve toz toprak gibi gıda hijyeni açısından olumsuz etkileri söz konusudur. Vakumla kurutmada kurutulan ürünlerin renk korunumu diğer iki yöntemle göre daha iyi olmuştur. Nemi geri alma miktarı vakumlu kurutmada, sıcak havada ve açık havada kurutmaya göre daha yüksektir. Çünkü vakumlu kurutmada ürünün hücre yapısı, diğer iki yöntemle göre daha az zarar görmekte, ürün gözenekli bir yapı kazanmakta ve kurutma sırasında üründe kabuk bağlama görülmemektedir.

Önceki çalışmalarda vakumla kurutma birçok yöntemle, özellikle mikrodalga kurutma ile birleştirilerek kullanılmıştır (Ayhan, 2005). Böylece, kurutma zamanı diğer kurutma yöntemlerine göre biraz uzun olsa da enerji tüketimi bakımından çok fazla tasarruf sağlandığı görülmüştür. Bu da vakumlu kurutmanın yüksek ilk yatırım maliyetini bir ölçüde azaltarak ticari olarak kullanılabilirliğine imkân sağlamaktadır. Bütün bu bilgiler ışığında, vakumla kurutma yönteminin ticari değeri yüksek olan, ısıya duyarlı, renk korunumunun ve diğer kalite parametrelerinin önemli olduğu ürünlerin kurutulması için uygun bir yöntem olduğu söylenebilir.

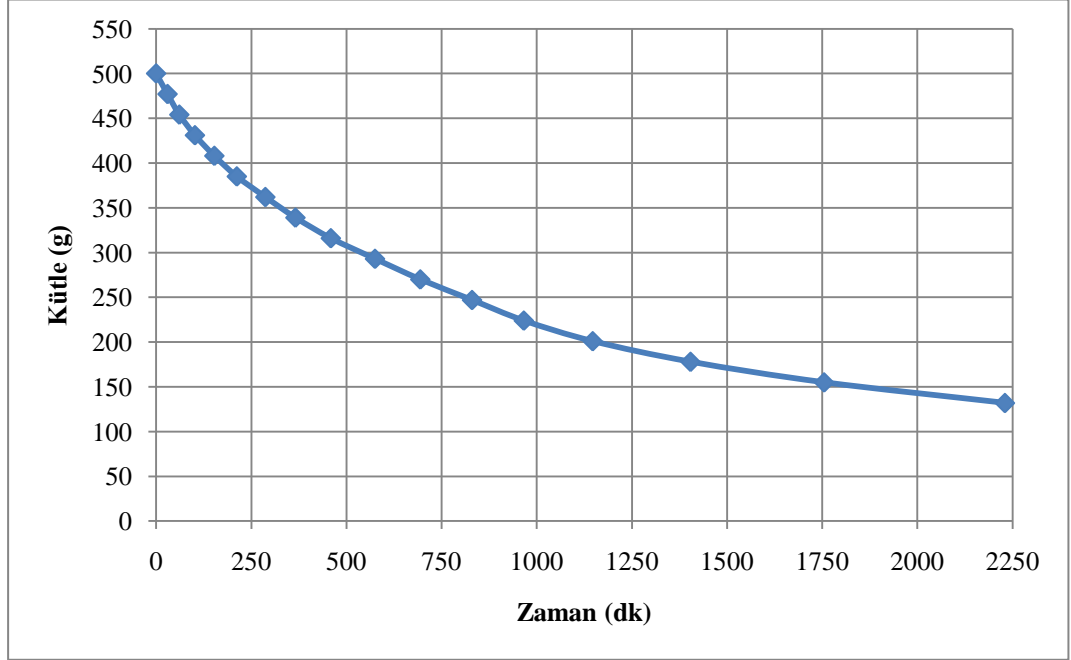
Elmanın 55 °C ve üç farklı vakum değerinde belirlenen kurutma süresine bağlı kütle kaybı Şekil 4.4’ de görülmektedir.



Şekil 4.4. Elmanın 55 °C’de vakumla kurutulmasında zamana bağlı kütle kaybı (Ayhan, 2005)

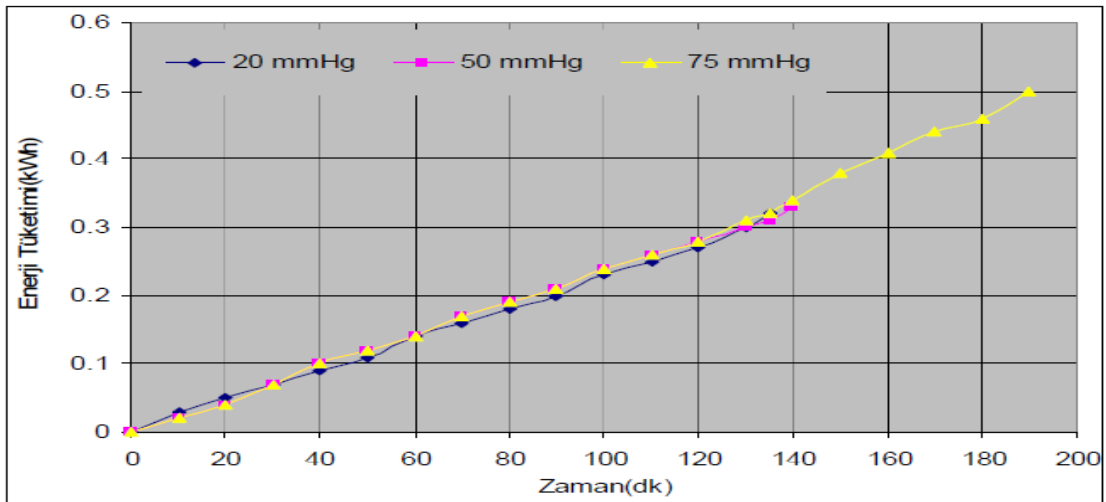


Yapmış olduğumuz çalışmada 500 g elmanın zamana bağlı kütle kaybı Şekil 4.5'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Elmanın kurutulmasında zamana bağlı kütle kaybı

Elmanın 65 °C ve üç farklı vakum değerinde belirlenen, kurutma süresine bağlı enerji tüketimi Şekil 4.6'de görülmektedir. Elmanın vakumla kurutulmasında, kurutma süresi ve enerji tüketimi açısından 65 °C'de 20 mmHg vakum altında (100 dk, 0,23 kWh) yapılan kurutma en iyi sonucu vermiştir (Ayhan, 2005).



Şekil 4.6. Elmanın 65 °C de kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi

Sistemde enerji tüketimi hesaplanırken  $W= I.U.t$  (Joule) eşitliği kullanılmıştır.

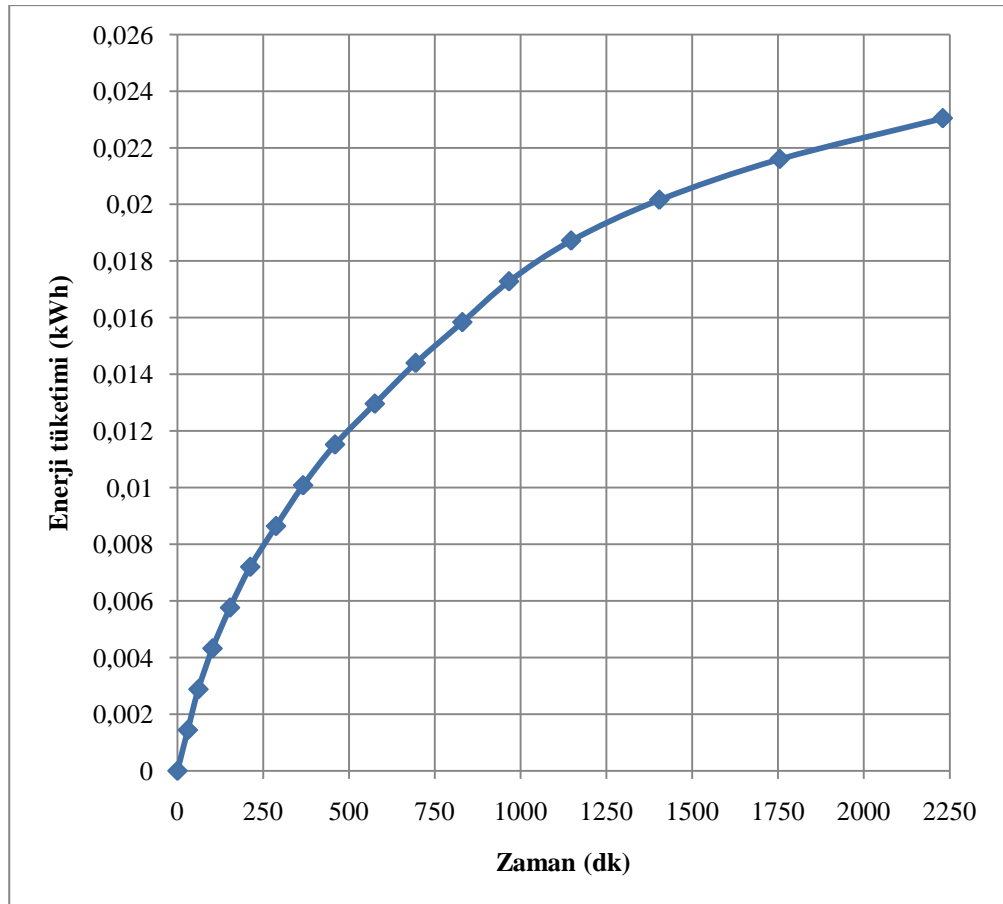
W= Enerji ( J )

I= Akım şiddeti (A)

U= Gerilim (V)

t= Zaman (sn)

Yaptığımız çalışmada 500 g elmanın kurutulmasında tüketilen toplam enerji miktarı  $W=0,023$  kWh olmuştur (Şekil 4.7). Daha önce yapılmış olan çalışma, Şekil 4.7'de görülen verilerle karşılaştırıldığı zaman deneysel çalışmasını yaptığımız elektromanyetik güç ile çalışan PLC kumandalı vakumlu meyve ve sebze kurutucusunun daha az enerji tükettiği görülmektedir. Yapılan bu çalışmada Enerji tüketimi/Zaman grafiğinde; tüketim miktarı zamanla ters orantılı olarak azalmaktadır. Bu durum zaman ilerledikçe tetikleme sayısının azalmasından kaynaklandığı açıkça görülmektedir.



Şekil 4.7. Elmanın kurutulmasında zamana bağlı enerji tüketimi

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Elektromanyetik enerji ile çalışan PLC kumandalı kurutma fırınının tasarımı gerçekleştirilmiştir. Hali hazırda Türkiye’de yapılan kurutma teknikleri ile ürün istenilen kalitede kurutulmamaktadır. Gerek teknik gerek ekonomik gerekse de kurutma zamanı açısından değerlendirildiğinde, elektromanyetik enerji ile çalışan PLC kumandalı kurutma fırınının uygunluğu bu tez çalışmasında deneysel olarak kanıtlanmıştır.

Tasarlanarak, imal edilen ve deneysel olarak analizi yapılan, elektromanyetik enerji ile çalışan PLC kumandalı kurutma fırınında Amasya tip dilimlenmiş elmalar, farklı gerilim ve basınçlarda kurutulmuştur. Yapılan deneyler sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Elmalar, deney sonucunda nem oranı % 15 ‘e düşünceye kadar kurutulmuştur.
- Elde edilen deney sonuçları değerlendirildiğinde, elmaların kurutulmasında kurutma süresi için, vakumun en önemli etken olduğu görülmüştür.
- Elektromanyetik enerji ile çalışan PLC kumandalı kurutucuda, 52 V gerilimle enerji tüketimi 0,023 kWh olarak ölçülmüştür. Bu değer piyasalardaki kurutma fırınlarının minimum tükettiği enerjiden daha ekonomiktir.
- Sistemde kurutma havası sıcaklık değeri arttıkça; kurutma süresi de kısalmıştır. Kurutulacak ürünün kurutma süresi, ürünün başlangıç nem miktarına ve ürün çeşidine göre değişebilmektedir.

Daha sonra yapılacak çalışmalarda vakumla kurutma yöntemi, diğer kurutma yöntemleri ile birleştirilerek kullanılabilir. Ayrıca kullanılan ürün çeşidi, vakum ve sıcaklık seviyeleri değiştirilerek bu yöntem için daha detaylı veriler elde edilebilir. Böylece bu yöntemin sanayide uygulanabilirliği artırılarak, yaygınlaşması sağlanabilir.

**KAYNAKLAR**

- Aker, Ö., 2006. “**Bilgisayar Kontrollü Güneş Enerjili Ahşap Kurutma Fırınının Otomasyonu Sistemi Tasarımı ve Bir Simülasyonu**”, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, 85s. Muğla.
- Akgül, E., 2000. “**Plc Destekli Yüksek Duyarlıklılı Bina Otomasyon Sisteminin Tasarımı**”, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi, 63 s. Kahramanmaraş.
- Aktaş, M., 2007. “**Isı Pompası Destekli Fındık Kurutma Fırınının Tasarımı, İmalatı Ve Deneysel İncelenmesi**”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, 113 s. Ankara.
- Altuner, M., Danuşman, K., Yılbaş, B., 1993. “Bilgisayar Destekli Vakum Pompası Güç Kontrol Sisteminin Tasarımı” , **5. Ulusal Elektrik Mühendisliği Konseyi Bildiri Kitabı**, S. 1104, Trabzon.
- Apaydın, N., 2007. “**Aydın Yöresinde İncir Kurutmada Kullanılacak Olan Doğal Akımlı Bir Güneş Enerjili Kurutucunun Modellenmesi**”, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, 83 s. Aydın.
- Ateş, H., 1962. “Yüksek Gerilim Yer altı Kantolarının Yüksek Vakumda Kurutulması” , **Elektrik Mühendisliği Mecmuası**, Yıl 6, Sayı 67.
- Ayhan., A., 2005. “**Çeşitli Tarımsal Ürünlerin Vakumla Kurutulmasında Kurutma Parametrelerinin Belirlenmesi**”, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, 123 s. Bursa.
- Bayındır, R., Ateş, H., 2002. “Plc Kontrollü Sürtünme Kaynak Cihazı Tasarımı Ve Uygulaması”, **Teknoloji Dergisi**, Yıl 5, Sayı 3-4, 97-104
- Ceylan, İ., 2002. “**Güneş Enerjili Kurutma Fırınında Kurutma Havası Neminin Kontrolü**”, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, 142 s. Zonguldak.
- Ceylan, İ., Aktaş, M., Dogan H., 2006. “Energy and exergy analysis of timber dryer assisted heat pump”, **Applied Thermal Engineering**, 27: 216-222.
- Chun Yu, Y., Di, F., Ping, W., M. Yan., 2004. “Preparation technology of ultra-fine powders of *Auricularia auricula*”, **Journal of Forestry Research**, 15 (2):150-152.
- Cui, Z., Xu, S., Sun, D., 2004. “Microwave-vacuum drying kinetics of carrot slices”, **Journal of Food Engineering**, 65:157-164.
- Çam, M., Ersus, S., 2008a. “Dondurularak Kurutulmuş Çilek Meyvesinin Toplam Fenolik Madde İçeriğinin ve Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi”, **Türkiye 10. Gıda Kongresi**, 21-23 Mayıs 2008: 1-7, Erzurum
- Çolak, İ., Bayındır, R., Kuruşçu, S., 2007. “Plc Kontrollü Asansör Eğitim Seti Tasarımı ve Uygulaması”, **Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, Sayı 23 (1-2), S. 86-94. Kayseri
- Doğan H., 2001. “Düşük Nem Oranlı Hava İle Kurutma” , **Teknoloji Dergisi**, Sayı 3-4:23-29.
- Doğan, H., 1999. “Isı Borulu Güneş Kollektörü ile Kurutma” **Pamukkale Üniversitesi Müh. Bil. Dergisi**, Cilt 5. Sayı 1. Denizli
- Hawlader, M. N. A., Jahangeer, K. A., “Solar heat pump drying and water heating in the tropics”, **Solar Energy**, 80(5): 492-499, (2006).
- Fatouh, M., Metwally, A., B., Helali A., B., Shedid, M., H., 2006. “Herbs drying using a heat pump dryer”, **Energy Conversion and Management**, 47(15-16): 2629-2643.

- Kitiş, Ş., 2007. “**PIC16F84 Mikrodenetleyicisi İle Bir Programlanabilir Lojik Denetleyici Tasarımı Ve Uygulaması**”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 99 s. Ankara
- Işık, E., Alibaş İ., 2000. “Tarımsal ürünlerin kurutulmasında kullanılan yöntemler ve kurutma sistemleri”, **Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yardımcı Ders Notu No:3**. 64 s. Bursa.
- Lin, T. M., Durance T. D., Scaman, C. H., 1998. “Characterization of Vacuum Microwave, Air and Freeze Dried Carrot Slices”, **Food Research International**, 31 (2):111-117.
- Litvin, S., Mannheim, C. H., Miltz, J., 1998. “Dehydration of Carrots by a Combination of Freeze Drying, Microwave Heating and Air or Vacuum Drying”, **Journal of Food Engineering**, 36:103-111.
- Mirzaoğlu, İ., 2008. “**Plc Ve Scada Kullanarak İrmik Üretim Sisteminin Otomasyonu**”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 145 s. Ankara
- Mujumdar, A., S., 1987. “Handbook of industrial drying” , **Marcel Dekker Inc.**, Sayfa 28-32, New York.
- Özel, S., 1986. “**Kurutma Prosesinin Bilgisayar Destekli Psikrometrik Analizde Alan Daraltma ve İteratif Tarama Yöntemiyle Optimizasyonu**”, Doktora Tezi, Yıldız Üniversitesi, 125s. İstanbul
- Özkan, İ. A., Işık, E. 2001. “Domatesin Mikrodalga Işınlarla Kurutulmasındaki Kurutma Parametreleri”. **Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi Bildirisi**, 13-15 Eylül 2001, sayfa 418-422, Şanlıurfa
- Phani, K., A., Greg, J., S., 2005. “Re-circulating heat pump assisted continuous bed drying and energy analysis”, **International Journal of Energy Research**, 29: 961-972.
- Sağlamyürek, İ., 1997. “**Seralarda Ürün Toplama Ve İlaçlama Makinasının Plc İle Kontrolü**”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara
- Saldamlı, İ., Saldamlı, E., 1990. “Gıda Endüstrisi Makineleri”, **Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Ders Kitabı**, 1. Baskı. S. 226-286. Ankara.
- Sarsılmaz, C., 1998. “**Güneş Enerjisi Destekli Kayısı Kurutma Sistemi**”, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, 158 s. Elazığ.
- Sarsılmaz, C., Yıldız, C., 2001. “Taze Kayısının Döner Sütunlu Silindirik Kurutucuda Homojen Olarak Kurutulması” , **MMO Mühendis ve Makine Dergisi**, Sayı 495, Sayfa 10-15.
- Sham, P. W. Y., Scaman, C. H., Durance, T. D., 2001. “Texture of Vacuum Microwave Dehydrated Apple Chips as Affected by Calcium Pretreatment, Vacuum Level, and Apple Variety”, **Journal of Food Science**, 66 (9):1341-1347.
- Sunjka, P. S., Rennie, T. J., Beaudry, C., Raghavan, G. S. V., 2004. “Microwave-convective and microwave-vacuum drying of cranberries: a comparative study”, **Drying Technology**, 22 (5):1217-1231.
- Şahin, N., 2001. “**O. G. Dağıtım Şebekesinin İncelenmesi ve Örnek Bir Proje İle S7-400 PLC ve Mozaik Pano İle Kontrol ve Kumandasının Yapılması**”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, 67s. Kocaeli
- Uyar, E., Çetin, L., Adıyan, A., Kervancıoğlu, E., 2008. “Görüntü İşlemeye Dayalı Elektro-Pnömatik Parça Tasnif Robotu”, **V. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi**, 23-26 Ekim 2008, İzmir.

- Yağcıoğlu, A., 1999. “Tarım Ürünleri Kurutma Tekniği” Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:536, İzmir.
- Yıldız, E., 2006. “Plc İle Isıtma Havalandırma Ve Soğutma Sistemlerinin Optimum Denetimi”, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, 70 s. Elazığ.
- Yılmaz, H., 2005. “Ekmek Üretiminde Programlanabilir Mantıksal Kontrol Cihazının Kullanılması” Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 105s. Ankara.
- Yücedağ, İ., Coşkun İ., 1998. “Plc ve Plc ile Rotoru Sargılı Asenkron Motora Yol Verme”, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 121–128.
- Yücel, U., 2006. “Yüksek Basınç Ön İşleminin Seçilmiş Meyve Ve Sebzelerin Kurutma Hızları Üzerine Etkisinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Middle East Technical University, 213 s. Ankara
- Yüzgeç, U., 2005. “Kurutma Sürecinin Modellenmesi ve Akıllı Öngörülü Denetimi”, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, 145s. Kocaeli
- <http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-statistik.aspx?m=ISKENDERUN>  
Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü İskenderun İlçesi Yıllık Sıcaklık Ortalaması.  
05.02.2011
- [http://www.kurutma.net/hareketli\\_tepsili\\_kurutucu.html](http://www.kurutma.net/hareketli_tepsili_kurutucu.html), Ocak 2011
- [http://www.kurutma.net/bantli\\_kurutucu.html](http://www.kurutma.net/bantli_kurutucu.html), Ocak 2011
- [http://www.kurutma.net/tahil\\_kurutucu.html](http://www.kurutma.net/tahil_kurutucu.html), Ocak 2011
- [http://www.kurutma.net/sprey\\_kurutucu.html](http://www.kurutma.net/sprey_kurutucu.html), Ocak 2011
- [http://www.kurutma.net/pinomatik\\_kurutucu.html](http://www.kurutma.net/pinomatik_kurutucu.html), Ocak 2011
- <http://www.gunessistemleri.com/kurutma.php>, Ocak 2011

## TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim süresince beni yönlendiren, tez konumun belirlenmesinde ve laboratuvar çalışmalarım sırasında her konuda gece gündüz demeden değerli fikir ve yardımlarını esirgemeyen, danışman hocam, Sayın Yrd. Doç. Dr. Enver YILDIZ' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarım sırasında değerli görüş ve katkılarını esirgemeyen Payas Endüstri Meslek Lisesi Elektrik Teknolojisi Öğretmenlerinden Önder İNKAYA, İlker KARACA, Osman BOZDAĞAN ve diğer öğretmenlerime teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca yardımını esirgemeyen Elektrik-Elektronik Yüksek Mühendisi Ali TÜRK' e, Elektrik-Elektronik Mühendisi Serkan DURSUN'a ve Elektrik Teknikeri Cuma DEMİR' e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım sırasında maddi ve manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiğim eşim Safiye SOYSAL' a ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## ÖZGEÇMİŞ

06.12.1978 tarihinde ADANA' nın Feke ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Payas' ta tamamladı. 1995 yılında girdiğim Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümünden 1999 yılında Otomotiv Öğretmeni ünvanıyla mezun oldu. Aynı yılın Eylül ayında Kırıkhan Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi' nde göreve başladı. 2004 yılının Temmuz ayından beri Payas Anadolu Teknik, Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi' nde görev yapmakta. 2008 yılının Şubat ayında Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı' nda yüksek lisans öğrenimine başladı.