

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI KURUTMA SİSTEMLERİNİN BİRLİKTE KULLANIMI İLE  
STANLEY ERİK ÇEŞİDİNİN KURUTULMASI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

**Nursel HEYBELİ**

**DOKTORA TEZİ  
TARIM MAKİNALARI ve TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**2017**

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI KURUTMA SİSTEMLERİNİN BİRLİKTE KULLANIMI İLE  
STANLEY ERİK ÇEŞİDİNİN KURUTULMASI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

**Nursel HEYBELİ**

**DOKTORA TEZİ  
TARIM MAKİNALARI ve TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**(Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi  
tarafından 2011.03.0121.021 nolu proje ile desteklenmiştir.)**

**2017**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI KURUTMA SİSTEMLERİNİN BİRLİKTE KULLANIMI İLE STANLEY  
ERİK ÇEŞİDİNİN KURUTULMASI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Nursel HEYBELİ

DOKTORA TEZİ  
TARIM MAKİNALARI ve TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI

Bu tez 11/01/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

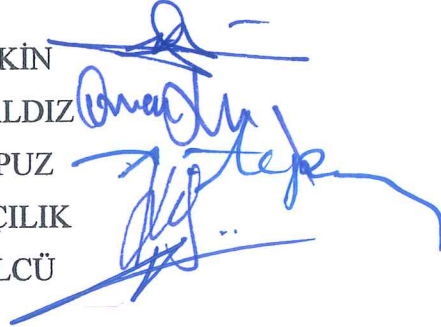
Prof. Dr. Can ERTEKİN

Prof. Dr. Osman YALDIZ

Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

Prof. Dr. Kamil SAÇILIK

Prof. Dr. Recep KÜLCÜ



## ÖZET

### FARKLI KURUTMA SİSTEMLERİNİN BİRLİKTE KULLANIMI İLE STANLEY ERİK ÇEŞİDİNİN KURUTULMASI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Nursel HEYBELİ

Doktora Tezi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği  
Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Can ERTEKİN  
OCAK 2017, 112 sayfa

Tez kapsamında farklı kurutma metotları kullanılarak Stanley erik çeşidinin kuruma karakteristikleri incelenmiştir. Kurutma işlemi sırasında örneklerin çekirdekleri çıkarılmamış ve herhangi bir mekanik ön işlem uygulanmamıştır. Örnekler iki grup halinde denemelere tabi tutulmuşlardır. Bunlar (1) Ön işlem olarak oda sıcaklığında %1 NaOH uygulaması, (2) Herhangi bir ön işleme tabi tutulmayan örneklerdir.

Çalışmada ısıtılmış hava, mikrodalga destekli ısıtılmış hava ve kızılötesi ışın destekli ısıtılmış hava kullanılarak kurutma işlemi yapılmıştır. Kullanılan mikrodalga ve kızılötesi ışın gücü 300, 400 ve 500 W, kurutma havası sıcaklığı 60, 70 ve 80°C ve giriş havası hızı ise sabit 2 m/s olarak belirlenmiştir. Kurutma işlemi, ürünün nem içeriği %20 (y.b.) düşürülünceye kadar devam ettirilmiştir. Yeniden su alma kapasitesi analizinde, örneklerden 8 saat boyunca saatlik alınan ölçümler ve 24 saat sonraki analiz sonuçları incelenmiştir. Tolüen yöntemi kullanılarak kuru ürünün hacmi ve hacimsel büzülme belirlenmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre;

- Kurutma süresi açısından, örneklerin hava destekli kızılötesi ışın (60°C kurutma havası ve 300 W kızılötesi ışın) ile kurutulmasıyla kuruma süresi ön işlem gören örneklerde 3074 dakika, işlem görmeyen örneklerde ise 3218 dakika olarak belirlenmiştir. Yalnız ısıtılmış hava kullanılmasıyla ön işlem gören örneklerde kuruma süresi 4780, işlem görmeyenlerde ise 5280 dakika olarak saptanmıştır.
- Örneklerin yeniden su alma kapasitesi incelendiğinde, ısıtılmış hava destekli olan bütün uygulamalarda, kurutma havası sıcaklığının 60°C olması, yeniden su alma kapasitesini yükseltmiştir. Kurutma havası sıcaklığının yükselmesi ve ek uygulamaların yapılması, örneklerin yeniden su alma kapasitelerinde azalmalara neden olmuştur.
- Isıtılmış hava destekli mikrodalga güç kullanımı ile örneklerde yüksek parlaklık (L\*) değerleri elde edilmiştir. Taze örneğe en yakın kroma (C) değeri ön işlem gören örneklerin 60°C kurutma havası sıcaklığında elde

edilmiştir. Hue açısında ise en yakın değer örneklerin sadece sıcak hava ile kurutulmalarında elde edilmiştir. Isıtılmış hava destekli mikrodalga ya da kızılötesi ışın uygulamalarında örneklerin esmerleşme indeksinin düşük değerler aldığı saptanmıştır.

- Çalışmada kuru örneklerin hacim ağırlıklarının taze örneklerden yüksek olduğu saptanmıştır. Özgül ağırlığı ve hacimsel büzülme değerleri açısından tüm kurutma koşullarında birbirine yakın değerler elde edilmiştir.
- Yalnızca 60 ve 70°C kurutma havası uygulaması yapılan örneklerde özgül enerji tüketimi ısıtılmış hava destekli mikrodalga ve kızılötesi ışın gücü uygulamalarına göre oldukça yüksek oldukları saptanmıştır. Kurutma şartı olarak 80°C kurutma havası sıcaklığı seçiminde örneklerin kuruması için gerekli enerjinin diğer tüm uygulamalardan daha düşük olduğu belirlenmiştir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Stanley erik çeşidi, Erik kurutma, Isıtılmış hava, Kızılötesi ışın enerjisi, Mikrodalga enerjisi, Kurutma sistemi

**JÜRİ:** Prof. Dr. Can ERTEKİN (Danışman)  
Prof. Dr. Osman YALDIZ  
Prof. Dr. Ayhan TOPUZ  
Prof. Dr. Kamil SAÇILIK  
Prof. Dr. Recep KÜLCÜ

## ABSTRACT

### A STUDY ON DRYING OF STANLEY PLUMS WITH DIFFERENT DRYING SYSTEMS

Nursel HEYBELİ

**Ph.D. Thesis in Agricultural Machinery and Technologies Engineering**  
**Supervisor: Prof.Can ERTEKİN**  
**(JANUARY) 2017, 112 pages**

In this thesis, drying characteristics of Stanley variety of plum was investigated using different drying methods. Sample cores weren't removed and subjected to any mechanical process before drying. Samples were tested in two groups. These are; (1) Pretreated samples with 1% NaOH solution at room temperature, (2) Non-pretreated samples.

Samples were dried with hot air, microwave-assisted hot air and infrared-assisted hot air. Plums were dehydrated at air temperature of 60, 70 and 80°C, microwave and infrared power of 300, 400 and 500 W and constant velocity of drying air of 2 m/s. Drying process was continued until moisture content of samples was reduced to 20% (w.b.). Rehydration capacity was measured for every hour of first 8 hours and at the end of 24 hours. Bulk density and volumetric shrinkage of dried samples were determined using toluene method.

According to the results of this research;

- Drying time of pretreated and non-pretreated samples was 3074 and 3218 min, respectively, when infrared-assisted hot air used (at 60°C drying air temperature and 300 W infrared power). Drying times were 4780 and 5280 min for pretreated and non-pretreated samples respectively, when only hot air used for drying (drying temperature of 60°C).
- When the rehydration capacities of samples were examined; rehydration capacity of dried samples was increased for all air assisted applications when the drying air temperature was 60°C. The rehydration capacities of samples were decreased when the air temperature, microwave and infrared power increased.
- Higher lightness (L\*) value of the dried samples were obtained using all microwave-assisted hot air applications. The nearest Chroma (C) value to fresh sample was obtained when pretreated samples dried at drying air temperature of 60°C. The nearest hue angle was determined using only hot air for drying. The lowest value of browning index for dried samples was obtained when microwave or infrared assisted hot air used.

- Bulk density of all dried samples were higher than fresh samples. Bulk density and shrinkage values were close to each other at the all drying conditions.
- According to results of microwave or infrared assisted hot air applications, specific energy consumption of samples was quitely higher when the only hot air at the temperature of 60 and 70°C used. When drying air temperature of 80°C was applied, minimum specific energy value was obtained.

**KEYWORDS:** Stanley variety, Plum drying, Heated air, Infrared energy, Microwave energy, Drying systems

**COMMITTEE:** Prof. Dr. Can ERTEKIN (Supervisor)  
Prof. Dr. Osman YALDIZ  
Prof. Dr. Ayhan TOPUZ  
Prof. Dr. Kamil SACILIK  
Prof. Dr. Recep KULCU

## ÖNSÖZ

Kurutma ürün muhafazasında kullanılan en eski yöntemdir. Meyve ve sebzelerin kurutulması ile içerdiği su oranı belirli koşullar altında belirli orana kadar indirilir. Ülkemizde güneş potansiyeli yüksek olduğu için genelde güneş enerjisi kullanılarak kurutma işlemi yapılmaktadır. Güneşte kurutma işleminin maliyeti düşük olmasına karşın ürün hijyeni ve kalitesi açısından problemlerle karşılaşmaktadır. Bunların giderilmesi ve daha fazla üretim yapmak amacıyla günümüzde farklı sistemler kullanılmaktadır. Kurutma sanayisi açısından yeni teknolojilerin kullanılması ürün yelpazesini genişletmiş ve ürün kalitesinin kontrolünü kolaylaştırmıştır.

Isıtılmış hava, kurutma işleminde uzun süreden beri kullanılan bir yöntemdir. Akışkan havanın ısıtılıp ürün üzerinden geçirilmesi ile üründen suyun uzaklaştırılması güneşte kurutmaya göre kuruma süresini oldukça kısaltır. Bu sistem için kapalı alanlar oluşturmak ürün hijyeninde kontrolü sağlamaktadır. Bununla birlikte ısıtılmış hava ile ürün kuruma süreci daha kontrollü gerçekleştirilmektedir. Kurutma sanayinde günümüzde farklı şekillerde olsa da en çok kullanılan yöntem ısıtılmış hava ile kurutmadır.

Mikrodalga hızlı yaşamımızda önemli bir yer teşkil etmektedir. Özellikle hazır yemeklerin ısıtılması ve dondurulan ürünlerin hızlı bir şekilde çözülüp kullanıma hazır haline getirilmesinde oldukça yararlı bir teknolojidir. Mikrodalga ürün içerisinde su iyonlarını hareketlendirerek ürün içerisindeki suyun buharlaşmasını sağlar. Bu işlem kapalı sistem halindeki hücre içerisinde bulunan su iyonlarına uygulandığı zaman üründen kolayca suyun uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Isıtma için kullanılan mikrodalga, ısıtma özelliği ile ürün kurutma işleminde rahatlıkla kullanılabilen bir sistemdir. Hızlı kurutma işlemi, ürün hücresinden suyun kolaylıkla alınması ve gevreklik yapısını kaybetmemesi sistemin avantajlarından olmasına rağmen hücre yapısında yıkımlara ve yanmalara neden olabilmesi sistemin dezavantajlarından sayılabilir. Uygun koşullar altında ve uygun mikrodalga güçleri kullanılarak yapılan kurutma işlemlerinde ürün özelliğinde değişim olmadan kaliteli üretim yapılabilmektedir.

Kızılötesi ışınlar genelde kağıt, kereste gibi ürünlerin kurutulmasında kullanılmaktadır. Kızılötesi ışının ürüne direk olarak nüfuz etme özelliği bulunmaktadır. Isının taşınmasında hava gibi bir akışkan kullanılmasına gerek olmadan ürünü ısıtmaktadır. Ürün yüzeyinde oluşan ısı yüzey sıcaklığını yüksetir ve böylelikle malzeme dışında ve içerisinde oluşan sıcaklık farkı nedeniyle daha soğuk olan ürün iç kısmına doğru ısı transferi gerçekleşir. Böylelikle ürün içerisindeki su buharlaşarak ürün kurutulması sağlanır. Hızlı bir proses olması, ilk kurulumun düşük ve işletme masrafının az olması, çevreye ve kullanıcıya zarar vermemesi bunların yanında mevsim değişkenliğine bağlı olmayan bir yöntem olması nedeniyle yavaş yavaş ürün kurutma sanayinde yerini almaya başlayan bir yöntemdir.

Erik ülkemizde üretimi geniş alanlarda yapılan ve birçok çeşidi bulunun



yaz meyvelerindedir. Stanley erik mor renkli ve oval şekilli tatlımsı-ekşi yapıya sahip bir erik çeşididir. Erik çeşitleri arasında kurutma için elverişli bir türdür. Kuru erik besin ve lif kaynağı olarak kullanılmaktadır. Tıp açısından kuru erik, kan şekerini düzenleme ve özellikle menopoz sonrası kemik sağlığı açısından önemli bir yer teşkil etmektedir.

Çalışma kapsamında ısıtılmış hava, mikrodalga ve kızılötesi enerjiler kullanılarak bütün haldeki Stanley eriği kurutulmuştur. Bu süreç için kurutma sistemi oluşturulmuş ve çalışmalar uzun bir zaman dilimini kapsamıştır. Bu süreçte ve tezin tamamlanmasında yardımını hiçbir zaman eksik etmeyen, bu konuda çalışmam için bütün olanakları kullanan ve desteğini hiç esirgemeyen Danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Can ERTEKİN'e, bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Tarım Makinaları ve Teknolojileri Bölümü Başkanlığı'na, tezin devamlılığını sağlamak için yardımlarını esirgemeyen sayın hocalarım Prof. Dr. Osman YALDIZ ve Prof. Dr. Ayhan TOPUZ'a, ürünün depolanmasında ve renk ölçümlerinde Minolta Renk ölçerini kullanmama izin veren Bahçe Bitkileri Bölüm Başkanlığı'na ve her konuda yardımını esirgemeyen arkadaşım Öğretmen Gizem ÖZALP'a, kurutma sisteminin yapımında yardımcı olan KAHRAMANLAR İMALAT ve PAZARLAMA çalışanlarına ve özellikle Muhammet KAHRAMAN'a, sistem üzerinde çalışırken engin bilgilerinden ve zamanından faydalandığım sevgili abim Jeoloji Müh. Şener HEYBELİ'ye, makinenin yapılışından itibaren yanımda bulunan NOM ailesi ve ablacığım Günser NOM'a, denemeler sırasında sabrını zorladığım halde yanımdan bir dakika ayrılmayan ablacığım Yük. Müh. Aysel HEYBELİ'ye, yardım anında ve bütün çalışma boyunca benimle beraber hareket eden sevgili arkadaşlarım Öğretmen Hatice KIZILAY, Zuhul TURHANOĞULLARI ve Bahar UZUNÇAM'a, denemelerde yardımcı olan Gökhan DİKİCİ'ye, çizimlerde ve autocad bilgilerimi tazeleyen Hakan ÖZENÇ'e ve tez boyunca yol gösterici olan yardımını hiçbir zaman esirgemeyen Prof. Dr. Davut KARAYEL'e, bana çalışmalar boyunca moral desteğinde bulunan arkadaşlarıma, yardımlarını gördüğüm diğer tüm öğretim elemanlarına, çalışma sırasında yardımlarını esirgemeyen sevgili ailem ve dostlarıma ve en önemlisi tezin bitmesi için heyecanla bekleyen ve ne yazık ki bu anı göremeyen rahmetli annem Mukadder HEYBELİ'ye bütün kalbimle minnettarlığımı sunar teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
ÖNSÖZ .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xv
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Tarım Ürünlerinde Kuruma, Önemi ve Kurutma Sistemleri .....	1
1.2. Erik Üretimi ve Önemi .....	2
1.3. Elektromanyetik Spektrum .....	6
1.4. Mikrodalga (MD) .....	7
1.5. Kızılötesi Işın (IR) .....	8
1.6. Projenin Amacı .....	9
2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI .....	11
2.1. Çeşitli Kurutma Sistemleri İle Yapılan Çalışmalar .....	11
2.2. Erik Kurutulması Üzerine Yapılan Çalışmalar .....	20
3. MATERYAL ve METOT .....	22
3.1. Materyal .....	22
3.1.1. Kurutma sistemi .....	22
3.1.2. Ürün temini ve paketleme .....	34
3.2. Metot .....	35
3.2.1. Teknolojik işlemler .....	35
3.2.2. Uygulanan Analizler .....	38
3.2.2.1. Nem içeriği ve kuruma hızı .....	38
3.2.2.2. Yeniden su alma kapasitesi .....	38
3.2.2.3. Renk analizi .....	40
3.2.2.4. Özgül ağırlığı ve hacimsel büzülme .....	43
3.2.2.5. Özgül enerji tüketimi .....	43
4. BULGULAR ve TARTIŞMA .....	45
4.1. Stanley Erik Çeşidinin Isıtılmış Hava ile Kurutulması .....	45

4.1.1. Meyve nem içeriği ve kuruma hızı değişimi.....	45
4.1.2. Yeniden su alma kapasitesi .....	47
4.1.3. Renk değişimi .....	49
4.1.4. Özgöl ağırlığı ve hacimsel bözölme.....	52
4.1.5. Özgöl enerji tüketimi .....	53
4.2. Stanley Erik Çeşidinin Mikrodalga Destekli Isıtılmış Hava ile Kurutulması .....	54
4.2.1. Meyve nem içeriği ve kuruma hızı değişimi.....	54
4.2.2. Yeniden su alma kapasitesi .....	59
4.2.3. Renk değişimi .....	63
4.2.4. Özgöl ağırlığı ve hacimsel bözölme.....	71
4.2.5. Özgöl enerji tüketimi .....	74
4.3. Stanley Erik Çeşidinin Kızılötesi Işın Destekli Isıtılmış Hava ile Kurutulması .....	75
4.3.1. Meyve nem içeriği ve kuruma hızı değişimi.....	75
4.3.2. Yeniden su alma kapasitesi .....	81
4.3.3. Renk değişimi .....	85
4.3.4. Özgöl ağırlık ve hacimsel bözölme.....	93
4.3.5. Özgöl enerji tüketimi .....	96
5. SONUÇ .....	98
6. KAYNAKLAR.....	104
ÖZGEÇMİş	

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

BI	: Esmerleşme indisi
C	: Metrik kroma
E <sub>s</sub>	: Özgül enerji tüketimi (MJ/kg),
E <sub>T</sub>	: Tüketilen elektrik enerjisi miktarı (kWh),
H	: Metrik renk tonu (hue)
L	: Meyve boyu (mm)
M <sub>t</sub>	: t anında nem içeriği (%y.b.)
M <sub>t+dt</sub>	: Taze ürün nem içeriği (%y.b.)
RC	: Yeniden su alma kapasitesi (%)
S	: Hacimsel Büzülme (-)
T	: Meyve kalınlığı (mm)
V <sub>0</sub>	: Kurutmadan önceki ortalama hacim (cm <sup>3</sup> )
V <sub>s</sub>	: Kurutmadan sonraki ortalama hacim (cm <sup>3</sup> )
W	: Meyve eni (mm)
W <sub>0</sub>	: Taze erik ağırlığı (g)
W <sub>1</sub>	: Yeniden su alan eriğin ağırlığı (g)
W <sub>r</sub>	: Örnekten uzaklaştırılan suyun kütlesi (kg)
Δa	: Kırmızı renk sapması
Δb	: Sarı renk sapması
ΔC	: Kroma sapması
ΔE	: Toplam renk sapması
ΔH	: Metrik renk tonu açısı sapması
ΔL	: Renk parlaklığı sapması

### Kısaltmalar

FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. Stanley erik çeşidi .....	5
Şekil 1. 2. Işınlarmın yaklaşık dalga boyları .....	6
Şekil 1.3. Işın dalgalarının özellikleri .....	6
Şekil 2. 1. Vakumlu kızılötesi kurutucunun şematik görünüşü.....	13
Şekil 2.2. Salınım ilaveli kızıl ötesi kurutucunun şematik görünüşü .....	14
Şekil 2.3. Kızılötesi-Isıtılmış hava kombinasyon kurutucunun önden görünüşü.....	15
Şekil 2.4. Kızılötesi destekli ısıtılmış hava kurutma sisteminin yandan görünüşü .....	16
Şekil 2.5. Kızılötesi destekli ısıtılmış hava kurutma sisteminin şematik görünüşü .....	17
Şekil 2.6. Farklı kızılötesi ışın düzeyinde nem içeriği ve kuruma hızı değişimi .....	18
Şekil 2.7. Mikrodalga-vakum kurutma sisteminin şematik görünüşü.....	18
Şekil 2.8. Mikrodalga ve ısıtılmış hava kurutucu kombinasyonu .....	19
Şekil 2.9. Mikrodalga ve ısıtılmış hava kombinasyonu ile kurutulan ürünün kuruma süresine bağlı olarak nem içeriği ve ürün iç sıcaklığının değişimi .....	19
Şekil 3.1. Kurutma sistemi ve kontrol ünitesi .....	22
Şekil 3.2. Kurutma sistemi şematik görünüşü (dış bölümü) .....	23
Şekil 3.3. Kurutma sisteminin şematik görünüşü (iç bölümü).....	24
Şekil 3.4. Kurutma sisteminin iskeleti .....	25
Şekil 3.5. Kurutma odasının genel görünüşü .....	25
Şekil 3.6. Kurutma tepsilerinin oluşturulması.....	26
Şekil 3.7. A12 indikatörü .....	26
Şekil 3.8. Mikrodalga magnetronlarının yerleşimi.....	27
Şekil 3.9. Kızılötesi ışın kaynağını oluşturan lambalar.....	28
Şekil 3.10. Nemlendirme sistemi .....	29
Şekil 3.11. Hava giriş-çıkış kanalları .....	30
Şekil 3.12. Kontrol sistemi ve bilgisayar ünitesi.....	31
Şekil 3.13. Ana takip sayfası .....	32
Şekil 3.14. Sistem veri giriş (sistem ayarları) sayfası .....	32
Şekil 3.15. Veri kayıt sayfası .....	33
Şekil 3.16. Verilerin excel formatında gösterimi .....	34
Şekil 3.17. Paketlenen örnekler.....	34
Şekil 3.18. Stanley eriğinin boyutlarının belirlenmesi.....	35
Şekil 3.19. Denemeye hazırlanan örnekler.....	36
Şekil 3.20. Ön işlem (%1 NaOH) uygulanan örneklerin yıkanması .....	36
Şekil 3.21. Erik kurularının yeniden su alma denemesi.....	39
Şekil 3.22. CIE L*, a*, b* renk uzayı .....	40
Şekil 3.23. Bir örneğin renk uzayında bulunduğu yerin şematik gösterimi.....	41
Şekil 3.24. CIELAB sisteminde renklerin belirtilmesi. ....	41
Şekil 3.25. Hacimsel büzülme.....	43
Şekil 4.1. Ön işlem gören ve görmeyen örneklerin farklı kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ile kurutulmasında kuruma süresine	

	bağlı olarak nem içeriği değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	46
Şekil 4.2.	Ön işlem gören ve görmeyen örneklerin farklı kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ile kurutulmasında kuruma süresine bağlı olarak kuruma hızı değişimi (A: Ön işlem gören örnekler; B: Ön işlem görmeyen örnekler).....	47
Şekil 4.3.	Ön işlem gören ve görmeyen örneklerin farklı kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ile kurutulan örneklerin saatlik yeniden su alma kapasite değişimleri (A: Ön işlem gören örnekler; B: Ön işlem görmeyen örnekler).....	48
Şekil 4.4.	Farklı kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ile kurutulan örneklerin 24 saat sonundaki yeniden su alma kapasiteleri (A: Ön işlem gören örnekler; B: Ön işlem görmeyen örnekler).....	49
Şekil 4.5.	Taze ve farklı kurutma havası sıcaklığında kurutulan ön işlem görmüş ve görmeyen örneklerin L*, a* ve b* renk değerleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	50
Şekil 4.6.	Farklı kurutma havası sıcaklığında kurutulan ön işlem görmüş ve görmeyen örneklerin toplam renk sapmaları (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	51
Şekil 4.7.	Taze Stanley erik ve sıcak hava ile kurutulan örneklerin özgül ağırlığındaki değişim (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek) .....	52
Şekil 4.8.	Farklı kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ile kurutulan örneklerin hacimsel büzülme değerleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	53
Şekil 4.9.	Isıtılmış hava ile kurutma sonrası özgül enerji tüketimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	54
Şekil 4.10.	Kurutma havası sıcaklığı 60°C ve farklı mikrodalga ışın gücünde kurutulan örneklerin nem içeriği değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	55
Şekil 4.11.	Kurutma havası sıcaklığı 60°C ve farklı mikrodalga ışın gücünde kurutulan örneklerin kuruma hızı değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	56
Şekil 4.12.	Kurutma havası sıcaklığı 70°C ve farklı mikrodalga ışın gücünde kurutulan örneklerin nem içeriği değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	57
Şekil 4.13.	Kurutma havası sıcaklığı 70°C ve farklı mikrodalga ışın gücünde kurutulan örneklerin kuruma hızı değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	57
Şekil 4.14.	Kurutma havası sıcaklığı 80°C ve farklı mikrodalga ışın gücünde kurutulan örneklerin nem içeriği değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	58

Şekil 4.15. Kurutma havası sıcaklığı 80°C ve farklı mikrodalga ışın gücünde kurutulan örneklerin kuruma hızı değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek) .....	59
Şekil 4.16. Sabit kurutma havası sıcaklığı (60°C) ve farklı mikrodalga güçlerinde (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin saatlik yeniden su alma kapasitesi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek) .....	60
Şekil 4.17. Sabit kurutma havası sıcaklığı (70°C) ve farklı mikrodalga güçlerinde (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin saatlik yeniden su alma kapasitesi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek) .....	61
Şekil 4.18. Sabit kurutma havası sıcaklığı (80°C) ve farklı mikrodalga güçlerinde (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin saatlik yeniden su alma kapasitesi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek) .....	62
Şekil 4.19. Sabit kurutma havası sıcaklığı (60, 70 ve 80°C) ve farklı mikrodalga güçlerinde (300, 400 ve 500 W) kurutulan örneklerin oda sıcaklığında 24 saat sonundaki yeniden su alma kapasitesi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek) .....	63
Şekil 4.20. Sabit kurutma havası sıcaklığı (60°C) ve farklı mikrodalga ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin renk değerleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek) .....	64
Şekil 4.21. Sabit kurutma havası sıcaklığı (60°C) ve farklı mikrodalga ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin toplam renk sapmaları (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek) .....	65
Şekil 4.22. Sabit kurutma havası sıcaklığı (70°C) ve farklı mikrodalga ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin renk değerleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek) .....	66
Şekil 4.23. Sabit kurutma havası sıcaklığı (70°C) ve farklı mikrodalga ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin toplam renk sapmaları (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek) .....	67
Şekil 4.24. Sabit kurutma havası sıcaklığı (80°C) ve farklı mikrodalga ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin renk değerleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek) .....	68
Şekil 4.25. Sabit kurutma havası sıcaklığı (80°C) ve farklı mikrodalga ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin toplam renk sapmaları (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek) .....	69
Şekil 4.26. Sabit kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ve farklı mikrodalga güçleri (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin hacimsel ağırlık değerleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek) .....	72
Şekil 4.27. Sabit kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ve farklı mikrodalga güçleri (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin hacimsel büzülme değerleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek) .....	73

Şekil 4.28. Farklı kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ve mikrodalga ışın güç seviyeleri (300, 400 ve 500 W) uygulamaları sonucu kurutucunun özgül enerji tüketimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	75
Şekil 4.29. Kurutma havası sıcaklığı 60°C ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400, 500 W) şartlarında kurutulan örneklerin zamanla nem içeriği değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	76
Şekil 4.30. Kurutma havası sıcaklığı 60°C ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400, 500 W) şartlarında kurutulan örneklerin zamanla kuruma hızı değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	77
Şekil 4.31. Kurutma havası sıcaklığı 70°C ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400, 500 W) şartlarında kurutulan örneklerin zamanla nem içeriği değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	78
Şekil 4.32. Kurutma havası sıcaklığı 70°C ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400, 500 W) şartlarında kurutulan örneklerin zamanla kuruma hızı değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	79
Şekil 4.33. Kurutma havası sıcaklığı 80°C ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400, 500 W) şartlarında kurutulan örneklerin zamanla nem içeriği değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	80
Şekil 4.34. Kurutma havası sıcaklığı 80°C ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400, 500 W) şartlarında kurutulan örneklerin zamanla kuruma hızı değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	81
Şekil 4.35. Sabit kurutma havası sıcaklığı (60°C) ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin saatlik yeniden su alma kapasitesi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	82
Şekil 4.36. Sabit kurutma havası sıcaklığı (70°C) ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin saatlik yeniden su alma kapasitesi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	83
Şekil 4.37. Sabit kurutma havası sıcaklığı (80°C) ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin saatlik yeniden su alma kapasitesi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	84
Şekil 4.38. Sabit kurutma havası sıcaklığı (60, 70 ve 80°C) ve farklı kızılötesi ışın güçlerinde (300, 400 ve 500 W) kurutulan örneklerin oda sıcaklığında 24 saat sonundaki yeniden su alma kapasitesi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	85
Şekil 4.39. Sabit kurutma havası sıcaklığı (60°C) ve farklı kızılötesi ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin renk değerleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	86
Şekil 4.40. Sabit kurutma havası sıcaklığı (60°C) ve farklı kızılötesi ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin toplam renk değişimleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	87



Şekil 4.41. Sabit kurutma havası sıcaklığı (70°C) ve farklı kızılötesi ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin renk değerleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek) .....	88
Şekil 4.42. Sabit kurutma havası sıcaklığı (70°C) ve farklı kızılötesi ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin toplam renk değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	89
Şekil 4.43. Sabit kurutma havası sıcaklığı (80°C) ve farklı kızılötesi ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin renk değerleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek) .....	90
Şekil 4.44. Sabit kurutma havası sıcaklığı (80°C) ve farklı kızılötesi ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin toplam renk değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	91
Şekil 4.45. Sabit kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ve farklı kızılötesi ışın gücü (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin hacimsel ağırlık değerleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	94
Şekil 4.46. Sabit kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin hacimsel büzülme değerleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek).....	95
Şekil 4.47. Sabit kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ve farklı kızılötesi ışın güç (300, 400 ve 500 W) uygulamalarında enerji tüketimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek) .....	97

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. 100 g taze ve kuru eriğin besin değerleri .....	4
Çizelge 1.2. Ülkelere göre 2014 yılı erik üretim alanı ve üretim miktarı .....	5
Çizelge 1.3. Türkiye'nin 2009-2013 yılları arasında taze ve kuru erik ithalat ve ihracat değişkenleri .....	5
Çizelge 2.1. Kurutma sistemlerinin kuruma parametreleri üzerine etkisi.....	16
Çizelge 4.1. Farklı kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ile kurutulan örneklerin renk parametreleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek) .....	52
Çizelge 4.2. Sabit kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ve farklı mikrodalga ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin renk parametreleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek) .....	70
Çizelge 4.3. Sabit kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ve farklı kızılötesi ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin renk parametreleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek) .....	92

## 1. GİRİŞ

### 1.1. Tarım Ürünlerinde Kuruma, Önemi ve Kurutma Sistemleri

Kurutma, tarımsal ürünlerin uzun süre güvenli bir şekilde depolanabilmeleri için sahip oldukları nem içeriğinin azaltılması işlemidir. Gıdaların kurutularak saklanması, ilk çağlardan beri uygulanmakta olan en eski muhafaza yöntemidir. Bu yöntem doğada çoğu zaman kendi kendine gerçekleşmekte ve ürün kendi halinde kuruyarak dayanıklı hale gelmektedir (Aktaş vd 2013). Tarımsal ürünlerin kurutulmasında uygulanan yöntemlerin amacı, mikrobiyolojik ve enzimsel değişimleri önlemek veya sınırlandırmaktır. Su açısından mikroorganizmalar için elverişsiz bir ortam oluşturulması, diğer faktörler yeterli olsa bile mikroorganizmaların aktivitelerini yavaşlatır ve ürünlerin mikrobiyolojik yolla bozulmaları önlenir (Güner 1991). Kurutulmuş meyve ve sebzelerin taze haldeyken korunup saklanmasına göre ambalajlama, taşıma ve depolama gibi avantajları bulunmaktadır. Bununla birlikte diğer kuru ürünlerle karıştırılıp çeşitli şekillerde kullanımları ürün yelpazesinin yanısıra, ulusal ve uluslararası piyasa koşullarında istenilen şartları sağlayarak pazar alanını da genişletmektedir (Akyıldız 1999).

Kurutma işleminde kullanılan en eski ve doğal kaynak güneştir. Açık alanda güneşe sererek yapılan kurutma tarımsal ürünlerin içerdiği fazla suyun güneş enerjisi kullanılarak uzaklaştırılması işlemidir. Buna karşılık, ürünler çevre ve meteorolojik olaylarla beraber kemirgen ve böcek gibi dış etkenlerden de korunmadığı için kalitelerinde önemli ölçüde azalma olmakta, hatta kurutma işlemi sırasında üründe kayıplar meydana gelebilmektedir. Uluslararası pazar açısından bakıldığında zaman, kurutulmuş ürünlerde meydana gelen kalite kayıpları ürün piyasasında olumsuzluklara yol açmaktadır (Yaldız vd 2001, Sacılık vd 2006a). Ayrıca güneşe sererek kurutma işleminin her yerde ve her zaman yapılması mümkün değildir (Cemeroğlu vd 2003). Her ürün için güneş enerjisi kullanılarak kurutma işleminin gerçekleştirilmesi, hem zahmetli hem de maliyetli olabilmektedir. Güneşe sererek kurutma, işçiliğin yoğun, yatırımın az, üretim maliyetinin düşük ve ürün kalitesinin zayıf olduğu bir uygulamadır.

Kurutma işlemi, kontrol edilebilir koşullar altında yapay ortamlarda da gerçekleştirilebilir. Yapay kurutma, kontrollü ortamda ısıtılmış hava ile ürünleri dış etkilerden koruyarak, daha verimli gerçekleştirilen bir kurutma işlemidir. Bu yöntemle güneşe sererek kurutma işleminin sonucunda oluşabilecek birçok sorun ortadan kaldırılır ve ürün kalitesi yükseltilir. Bu açıdan ısıtılmış hava ile çalışan kurutuculardan yararlanmak kaçınılmazdır (Doymaz vd 2003).

Isıtılmış hava ile kurutma yönteminde ürünün besin içeriğinde kayıpların olması ve kurutma zamanının uzun olması gibi dezavantajlar bulunmaktadır (Alibas Ozkan vd 2007; Kocabiyik ve Tezer 2009; Sorour ve El-Mesery 2014). Gıda işleme endüstrisinde kurutma genelde yoğun enerji tüketimi sürecinden oluşur. Kurutma işlemi için yeni kurutma metotları ve/veya kurutucular araştırılarak ve/veya dizayn edilerek enerji maliyeti düşürülmelidir (Strumillo ve Kudra 1986). Ürünün besin değeri ve kalitesi açısından olduğu kadar kurutma yönteminin ekonomikliği ve enerji tasarrufu düşünülerek endüstriyel uygulamalarda farklı tip kurutma metotları araştırılıp uygulamaya alınmaktadır. Başlıca kurutma yöntemleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Güngör ve Özbalta 1997, Kartal Kangaloğlu 2011);

- Kondüksiyon (İletim) Kurutma
- Konveksiyon (Taşınım) Kurutma
- İnfrared (Kızılötesi) Işınla Kurutma
- Mikrodalga ile Kurutma
- Morötesi Işın ile Kurutma
- Vakumda Kurutma
- Kızgın Buharda Kurutma
- Dielektrik Kurutma
- Dondurarak Kurutma
- Osmotik Kurutma

Sayılan bu kurutma yöntemleri tekstil, kereste ve kağıt üretiminde olduğu gibi, tarımsal ürünlerin kurutulmasında da kullanılmaktadır. Yeni teknolojilerin gelişmesi, sistemlerin otomatik kullanımının kolay olması ve insan işgücünü daha da azaltan etkenler ile kurutma yöntemleri de farklılaşmaktadır.

Kurutma alanında yeni eğilimler oluşturulduğu gibi yöntemlerin bir arada kullanımı, prosesin daha hızlı, tüketici isteklerine uygun ürünlerin oluşturulması ve proses ekonomikliği yakalanmaya çalışılması açısından oldukça önemlidir. Sistemler ısıtılmış hava ile kombine edilebilmektedir (örneğin ısıtılmış hava-mikrodalga, ısıtılmış hava-infrared veya ısıtılmış hava-vakum).

## 1.2. Erik Üretimi ve Önemi

Erik "*Prunus Domestica*" latince adı ile bilinen gülgiller familyasına ait bir meyve türüdür. Eriğin dahil olduğu, Prunus cinsi içinde 2000 kadar tür bulunmaktadır. Erik türleri gen merkezlerine göre Avrupa-Asya, Uzak Doğu ve Amerika olarak üç grupta toplanmaktadır. Ekonomik olan türler Can erikleri veya yeşil erikler, Avrupa erikleri veya kurutmalık erikler Japon veya İtalyan erikleridir.

Erik türleri (Erbil 2007; Anonim 2011);

1. **Can Grubu Erikler;** Papaz, Can, Havran, Aynalı, Foça, Karşiyaka Eriği bu grupta yer alan önemli çeşitlerdendir. Yeşil olum döneminde de tüketilebilmektedir. Can grubu erikler kendileri uyuşmaz oldukları için bahçede yeterli miktarda dölleyici bulundurulmalıdır.
2. **Avrupa Grubu Erikler;** Göynük, Karagöynük, Köstendil, Üryani, D'Agen, Reine Claude Verte, R.C. Violet, R. C.d'Altan, Firenze 90, Giant, Stanley President önemli çeşitlerdendir. D'Agen çeşidi dünyada en fazla kurutmalık olarak yetiştirilen çeşittir. President çeşidi bu grupta pazarın en çok talep ettiği, yola ve depolamaya uygun bir çeşit olup, bu çeşidi dölleyici olarak Stanley çeşidi dikilmelidir.
3. **Japon Grubu Erikler;** Red Beaut, Black Beaut, Santa Rosa, Black Amber, Black Star, Formosa, Black Diamont, Fortune, Friar, Tracy Sun, Autumn Giant ve Angelona önemli Japon grubu eriklerdir. Japon erikler kendileri ile uyuşmaz oldukları için mutlaka yeterli miktarda dölleyici çeşit dikilmelidir.

Erik, besin lifi bakımından en zengin meyveler arasında yer almaktadır. Antioksidan bileşenleri ile vücudu koruyan ve yüksek oranda C vitamini içeren erik, hastalıklara karşı direnci artırır. Düşük kalori değeri (100 gram erik yaklaşık 45 kcal dir), eriğin diyet listelerinin vazgeçilmez meyvelerinden biri olmasını sağlamaktadır. Erik A, C ve B grubu vitaminleri ile potasyum, magnezyum, fosfor ve demir mineralleri açısından zengin bir meyvedir. 100 g taze eriğin besin değeri Çizelge 1.1’de verilmiştir (Soko 2015).

Erik; şeftali, kayısı, zerdali, kiraz, vişne, kıızılcık ve iğde gibi sert çekirdekli meyveler grubuna girmektedir. Dünya sert çekirdekli meyve üretiminde, zeytin ve şeftaliden sonra erik üçüncü sırada yer alan üründür. Türkiye’de ise erik üretimi zeytin, kayısı, şeftali, kiraz ve vişne üretiminden sonra gelmektedir. Türkiye’nin 2014 yılı erik üretim alanı 204 517 ha, toplam ağaç sayısı 10 442 119 adet ve üretim miktarı 279 517 ton olarak verilmektedir (TÜİK 2016). Erik sofralık, kurutmalık veya sanayilik olarak kullanılmaktadır. FAO (2016) verilerine göre, Türkiye 2014 yılı erik üretiminde Dünyada beşinci sırada yer almaktadır (Çizelge 1.2). Türkiye’nin son beş yıllık (2009-2013) taze ve kuru erik ithalat ve ihracat değerleri Çizelge 1.3’de gösterilmiştir (FAO 2016). Taze erik ihracatımızın yıldan yıla arttığı, kuru erik ithalatımızın ise özellikle 2010 yılından itibaren yükselirken, ihracatın ise tam tersi bir yönde olduğu görülmektedir. İhracatımızın büyük bölümünü kurutmalık özelliğe sahip Stanley erik çeşidi ile can-papaz grubu (*Prunus cerasifera*) yeşil erikler oluşturmaktadır (Çelikkol 2011).

Ülkemizde, son yıllarda Japon ve Avrupa grubu erik çeşitlerinin üretilmesine başlanmıştır. Bu nedenle eriğin hasadı, depolanması, işlenmesi ve paketlenmesi konularına yönelik çalışmalarda önem kazanmaktadır. Stanley erik çeşidi (Şekil 1.1.) Avrupa erik çeşitlerindedir (*Prunus domestica*) ve ülkemizde en yaygın yetiştirilen erik çeşitidir. Ağustos ayının son haftasında olgunlaşır. Meyve ortalama 58 gram ağırlığında, uzun, yumurta şeklindedir. Mükemmel kalitede bir çeşit olduğu bildirilen Stanley eriği iri meyveli bir çeşittir. Kabuk rengi koyu mor, çok mumlu, meyve eti sarı, sulu lifli, gevrek, tatlıdır. Sofralık olarak tüketildiği gibi, kurutmalık ve sanayilik olarak da değerlendirilebilir. Kendine verimli olduğu gibi, birçok çeşidin de dölleyicisidir (Anonim 2007; Karamürsel, 2011; Anonim 2015a).

Çizelge 1.1. 100 g taze ve kuru eriğin besin değerleri (Soko 2015)

	<b>Taze Erik</b>	<b>Kuru Erik</b>
<b>Besin</b>		
Su	87.23 g	30.92 g
Enerji	192 kJ (46 kcal)	1006 kJ (240 kcal)
Protein	0.70 g	2.18 g
Karbonhidrat	11.42 g	63.88 g
Toplam Yağ	0.28 g	0.38 g
Selüloz	1.4 g	7.1 g
Kollesterol	0 mg	0 g
<b>Mineraller</b>		
Kalsiyum, Ca	6 mg (0.6%)	43 mg (4.3%)
Demir, Fe	0.17 mg (1%)	0.93 mg (5%)
Magnezyum, Mg	7 mg (2%)	41 mg (11%)
Fosfor, P	16 mg (2%)	69 mg (7%)
Potasyum, K	157 mg (3%)	732 mg (16%)
Sodyum, Na	0 mg	2 mg (0.09%)
Çinko, Zn	0.10 mg (0.7%)	0.44 mg (3%)
Bakır, Cu	0.057 mg (3%)	0.281 mg (14%)
Manganez, Mn	0.052 mg (3%)	0.299 mg (15%)
Selenyum, Se	0 µg	0.3 µg (0.4%)
<b>Vitaminler</b>		
Vitamin C	9.5 mg (16%)	0.6 mg (1%)
Tiamin (Vitamin B1)	0.028 mg (2%)	0.051 mg (3.4%)
Riboflavin (Vitamin B2)	0.026 mg (1.5%)	0.186 mg (11%)
Niacin (Vitamin B3)	0.417 mg (2%)	1.882 mg (9%)
Pantotenik asit (B5)	0.135 mg (1%)	0.422 mg (4.2%)
Vitamin B6	0.029 mg (1%)	0.205 mg (10%)
Folate (Vitamin B9)	5 µg (1%)	4 µg (1%)
Vitamin A	345 IU (7%)	781 IU (16%)
Vitamin E	0.26 mg (1%)	0.43 mg (2%)
Vitamin K	6.4 µg (8%)	59.5 µg (74%)

Çizelge 1.2. Ülkelere göre 2014 yılı erik üretim alanı ve üretim miktarı (FAO 2016)

Ülkeler	Üretim Alanı (ha)	Üretim Miktarı (ton)
1 Çin	3 658 714	12 513 812
2 Romanya	66 552	495 287
2 Sırbistan	130 000	401 452
3 İran	13 540	328 944
4 Şili	17 408	296 439
5 Türkiye	20 027	265 490

- Ülke sıralaması üretim miktarı göz önüne alınarak yapılmıştır.

Çizelge 1.3. Türkiye'nin 2009-2013 yılları arasında taze ve kuru erik ithalat ve ihracat değişkenleri (FAO 2016)

Yıl	Taze Erik				Kuru Erik			
	İthalat Miktarı (ton)	İthalat Değeri (1000 \$)	İhracat Miktarı (ton)	İhracat Değeri (1000 \$)	İthalat Miktarı (ton)	İthalat Değeri (1000 \$)	İhracat Miktarı (ton)	İhracat Değeri (1000 \$)
2009	2	7	6137	5265	5	22	617	928
2010	14	27	7678	6102	193	386	559	776
2011	37	41	11276	7606	1363	2249	306	749
2012	12	18	25464	14014	730	1252	343	886
2013	13	12	24311	14753	803	2260	586	1592



Şekil 1.1. Stanley erik çeşidi

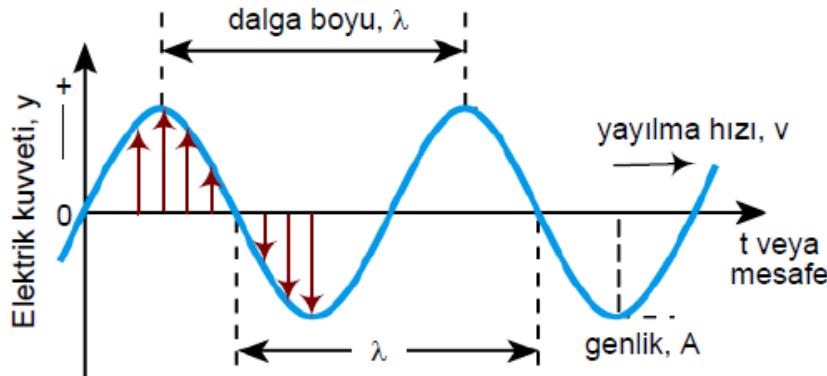
### 1.3. Elektromanyetik Spektrum

Farklı yollarla elde edilen elektromanyetik ışınlar, değişik frekans ve dalga boylarını oluşturmaktadır. Elektromanyetik spektrum, yüksek frekanslı kısa dalga boylu Gama Işınlardan, düşük frekanslı Radyo Dalgalarına kadar farklı frekans ve dalga boylarındaki tüm elektromanyetik ışınları içermektedir (Şekil 1.2). Işınlarda elde edilmiş biçimleri, ışığın etki ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak birbirlerinden ayrılmaktadır. Elektromanyetik dalgalar, manyetik alanın değişimi ile elektrik alan veya elektrik alanının değişimi ile manyetik alan oluşması sonucunda ortaya çıkmaktadır.

Durgun elektrik yükleri ve kararlı akımlar elektromanyetik dalgalar oluşturmazlar. Bir telden geçen akım zamanla değişirse tel elektromanyetik dalga yayır. Bütün elektromanyetik dalgalar boşlukta ışık hızı ile yayılır. Bu dalgalar, belirli kaynaktan bir alıcıya enerji ve momentum taşırlar (Yıldız 2003). Elektromanyetik dalga; dalga boyu, frekans veya enerjisi ile karakterizedir ve bu üç parametre birbiri ile bağlantılıdır. Dalgaların oluşturduğu tepeler arasındaki mesafeye dalga boyu, elektromanyetik dalganın belirli bir süre içerisindeki titreşim sayısına frekans denir. Saniyede bir olan periyot, Hertz cinsinden ölçülür (Karaaslan, 2008). Bir Hertz, bir olayın saniyede bir kez tekrarlandığını gösterir. Salınım şiddeti de genlik olarak isimlendirilir (Şekil 1.3).



Şekil 1.2. Işınlarda yaklaşık dalga boyları (Karaaslan, 2008)



Şekil 1.3. Işın dalgalarının özellikleri (Anonim, 2016)



#### 1.4. Mikrodalga (MD)

Mikrodalga, elektromanyetik spektrumun bir parçası olup kızılötesi ışınlar ile radyo dalgaları arasında yer almaktadır. Dalga boyu  $1 \text{ mm}^{-1}$  ve frekansı 300 MHz-300 GHz aralığında bulunan, elektromanyetik spektrumun belirli bir kısmını kapsayan, iyonize edici olmayan elektromanyetik dalgalardır (Banik vd 2003; Konak vd 2009, Yoğurtcu 2014). Mikrodalgalar ışık hızında yayılırlar, yayılmak için maddesel bir ortama ihtiyaç duymazlar ve birbirine dik elektrik ve manyetik bileşenlerden oluşurlar (Guo vd 2011). Mikrodalga ışınlarına maruz kalan materyalin molekülleri, mikrodalga enerjisini absorbe ederler ve kinetik enerjileri artar. Böylece aktivasyon enerjisi engelini aşmak için gerekli olan enerji sağlanmış olur ve reaksiyon daha hızlı bir şekilde ilerler (Menteşe 2008). Gıda endüstrisi mikrodalga enerjisinin en çok kullanıldığı alandır. Bu enerji yemek pişirme, buz çözme, temperleme, kurutma, dondurarak kurutma, pastörizasyon, sterilizasyon, fırında pişirme ve ısıtma işlemlerinde kullanılmaktadır (Oliveira and Franca 2002).

Mikrodalga kurutma; ürünün çok yüksek frekanslı elektromanyetik dalgaların etkisine bırakılarak yapılan kurutma işlemidir (Dikbasan 2007). Mikrodalga frekansları üç ayrı bölgeye ayrılmaktadır. Bu bölgeler sırasıyla düşük frekans (300 MHz-3 GHz), orta frekans (3 GHz-30 GHz) ve yüksek frekanstır (30 GHz- 300 GHz) (Güler ve Demiral Kurtuluş 2003). Mikrodalga kurutma ve ısıtma uygulamalarında kullanılabilen frekanslar; 14, 56–27, 12–40, 68–896, 915 ve 2450 MHz'dir (Yağcıoğlu, 1999). Isıtılmış hava ile ısı, kurutma yüzey ısısı ile daha soğuk olan iç kısım arasındaki sıcaklık farkından dolayı materyalin yüzeyinden iç kısımlarına doğru kademeli olarak iletilir (Eren vd 2005). Buna karşın mikrodalga ile kurutma işleminde, gıda maddesine gönderilen dalgalar önce gıda içindeki su molekülleri tarafından emilerek elektrik alanına göre dizilirler. Elektrik alan saniyede milyonlarca defa salınır ve gıda içindeki molekülleri uyararak konumlarını değiştirir. Bu hızlı molekül salınımları ısı oluşturarak gıda maddesinin ısınmasını sağlarlar. Bu yöntemin diğer yöntemlerden en büyük farkı ve avantajı, ısıyı doğrudan gıda maddesinin içinde oluşturmasıdır. Gıda içindeki su molekülleri, diğer yöntemlerle yapılan ısıtma işlemlerinden çok daha kısa sürede aynı derecede ısınır ve gıda maddesinden uzaklaşır (Doymaz vd 2003).

Mikrodalga kurutmada; kurutma etkinlikleri yüksektir, üründe yapısal bozulmalar görünmez, kuruma tekdüzeliği yüksektir, ürünün içerdiği erimiş maddeler taşınmaz ve kuruma süresi alışılan yöntemlerden daha kısadır (Yağcıoğlu 1999). Mikrodalga ürünün derinliklerine kadar iner ve ürün içerisindeki suyun kaynamasına neden olur. Böylelikle ürünün içi ile yüzeyindeki buhar basıncı farkı yükselir ve nem hızla dışarıya transfer olur (Sham vd 2001).

Mikrodalğanın kurutma alanında birçok avantajı olmasına rağmen dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar ilk kurulum masrafının yüksek olması, üründe fiziksel zararlara neden olabilmesi, kurutulan üründe aroma kaybı, kurutma sürecinde mikrodalğanın verebileceği zarara karşılık oldukça ciddi önlemlerin alınması, kurutma süreci içerisinde ortamda mikrodalga ışınlarının homojen şekilde dağılımının zor olması, ürünün belirli boyut ve şekil tekdüzeliğine uygun yapıya sahip olması gerektiği gibi farklı dezavantajlar sıralanabilir (Karaaslan 2012).

### 1.5. Kızılötesi Işın (IR)

Güneş ışığı, %47 kızılötesi, %46 görünür ışık ve %7 ultraviyole ışımdan oluşur (Gökhan 2011). Her cisim çevresine sıcaklığının dördüncü kuvvetiyle orantılı olarak ışınım yayar (Yağcıoğlu 1999). Atomların merkezinde kararlı yani durağan haldeki çekirdeğin etrafında belirli bir yörüngede elektronlar düzenli halde dönerler. Dış etkenler ile bu düzen bozulduğu anda elektron üst yörüngeye geçer, doğasını ve kendi normal hallerini korumak için tekrar eski yörüngelerine inerlerken bu iki enerji seviyesi arasındaki fark kadar enerji ortaya çıkar. Bu durum foton enerjisini oluşturur. Bu foton elektromanyetik spektrumdaki ışımalarından biridir. Atomun özelliğine göre değişen fotonun bir dalga boyu ve ışınım enerjisi vardır. Bu ışınım 0.076-30 cm aralığındaki dalga boyuna sahip ise kızılötesi ışını temsil eder. Oluşumun şiddeti ne kadar artar ise kızılötesi ışınımın enerjisi de o kadar artar (Anonim 2015b). Sıcak cisimler ve moleküller tarafından oluşturulan dalgalar, çoğu maddelerce kolaylıkla soğurulurlar. Bir maddenin soğurduğu kızılötesi enerjisi ısı şeklinde kendini gösterir. Çünkü madde tarafından soğurulan bu enerji vasıtasıyla cismin atomları yerinden oynadığından, onların titreşim ve öteleme hareketleri artar, dolayısıyla maddede bir sıcaklık artışı meydana gelir (Yıldız 2003). Kızılötesi radyasyon dalga boyuna göre kısa (yakın), orta ve uzak olmak üzere üç bölgeye ayrılmıştır. Işın dalga boyu 750-3000 nm arasında olanlar “*Yakın Kızılötesi*”; 3000-25000 nm aralığında olanlar “*Orta Kızılötesi*” ve 25000-100000 nm aralığında olanlar “*Uzak Kızılötesi*” şeklinde tanımlanırlar (Yağcıoğlu 1999). Şekil 2 ve 3’de kızılötesi radyasyonun elektromanyetik özellikleri gösterilmektedir. Kızılötesi ışınım, gıda maddelerinin işlenmesinde yararlanılan 0.05-10 cm dalga boyu arasındaki elektromanyetik spektrumun bir parçasıdır. Kızılötesi radyasyonun tıp, plastik ve kâğıt endüstrisi gibi birçok alanda uygulaması vardır.

Kızılötesi ışınımın ısı transfer özelliği, ürüne direkt nüfuz etme ve hızlı proses kontrolü özellikleri sayesinde diğer kurutuculardan ayrılarak ideal enerji kaynağı olduğunu göstermektedir. İlk kurulum ve işletme maliyetinin düşük olması, çevreye zarar vermeyişi ve kullanımında mevsim değişikliklerinden etkilenmemesi nedeniyle kurutma alanında tercih edilebilir (Aktaş vd 2013). Kızılötesi ışınlar genelde kağıt, kereste vb. ürünlerin kurutulmasında kullanılmaktadır. Kızılötesi ışınlarda; katı cisimler, üzerlerine gelen ısı ışınları fotonlarının önemli bir bölümünü yüzeylerindeki ince bir tabakada tutarlar. Tutulan fotonlar bu bölgede ısı enerjisine dönüşerek yüzey sıcaklığının artışına neden olur ve cisim yüzeyi ile iç kısımda oluşan sıcaklık farklılaşması yüzeyden daha soğuk bölümlere doğru ısı transferini başlatır. Bunun sonucu olarak materyal içindeki su buharlaşarak ürünün kuruması sağlanabilir (Yağcıoğlu 1999). Kurutma açısından kızılötesi ışınımın kullanım avantajları ve sakıncaları;

- Kızılötesi ışınımın cisme ulaşması sırasında herhangi bir iletim kaybı olmaması,
- Kurutulacak cismin ışın alan tüm yüzeyinin eşit şekilde ısınması,
- Oldukça ucuz bir teknoloji olması,
- Kurutma tekniği açısından ince tabaka şeklinde kurutulmasına uygunluğu olarak sıralanabilir (Yağcıoğlu 1999).

## 1.6. Projenin Amacı

Tarım ürünlerinin kurutulması ve işlenmesi açısından ülkemiz önemli bir potansiyele sahiptir. Güneş enerjisi doğal ve ucuz olduğu için kurutma alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak güneşe sererek kurutma ile kurumanın her yerde ve her zaman gerçekleşmesi mümkün değildir. Aynı şekilde her ürünün güneşe sererek kurutulması da doğru değildir. Bu nedenle farklı metotlarla kurutma yolları geliştirilmiştir (Cemeroğlu vd 2003).

Ürün kurutulmasında yaygın olarak kullanılan diğer yöntem ise ısıtılmış hava ile kurutmadır. Bu yöntem, ürünün besin değerinde kayıplara neden olması, enerji tüketiminin fazla ve kurutma zamanının uzun olması gibi dezavantajlara sahiptir (Alibas Ozkan vd 2007). Geleneksel yöntemler ile kurutma sırasında ürünün sıcak yüzeyi ile daha soğuk olan iç kısmı arasındaki sıcaklık farkı yardımıyla ısı, ürünün iç yüzeylerine doğru kademeli olarak iletilir. Bunun sonucunda önce ürünün dış yüzeyi sonra ise iç kısmı kurumaktadır ve ürün dış yüzeyinde kurumanın da etkisi ile oluşan büzülme, ürün içerisindeki nemin dışarıya sevkini engellemektedir (Karaaslan 2012).

Kurutulan ürünlerde gözle görülen değişiklikler meydana gelir. Bunlar, büzülme ve renk değişimidir. Büzülme kuruma sürecinin hemen başlarında başlar ve büyüklüğü ile içsel yapısındaki değişim, uygulanan kurutma metodunun işletme parametrelerine (sıcaklık, hava hızı v.s.) bağlıdır (Lewicki ve Jakubczyk 2004). Oluşan aşırı büzülme ürünün albenisini etkiler ve piyasa değerinin düşmesine neden olur. Ürün rengi de kurutma şartlarından etkilenmektedir. Kuruma süresinin uzunluğu ürün renginde esmerleşmeye neden olabilmekte, aynı şekilde uygulanan yöntem ürün rengini olumlu ya da olumsuz yönden etkilemektedir. Aynı şekilde ürünün tadında da farklılıklar meydana getirmektedir. Duyusal olarak hissedilebilen bu etki ürünün kalitesini de etkiler. Meyve ve sebzelerin kurutulmasında, sıcaklığa bağlı oluşan kusurlar ve esmerleşmeye bağlı renk değişimi uygulanan yöntemlere bazı sınırlamalar getirilmesine neden olmaktadır (Heybeli 2006).

Kurutma işleminden sonra ürünün yeniden su alma kapasitesi, ürünün kullanımı sırasında taze ürüne yaklaşma derecesini belirten önemli bir değerdir (Akyıldız 1999). Kurutulmuş ürünlerin yeniden su alma yetenekleri fiziksel bir olaysa da, bunun kurutma sırasında değişmesi materyaldeki kimyasal, fizikokimyasal ve fiziksel değişimlerle ilgilidir. Kurutma koşullarına bağlı olarak büzülme ve parçalanma sonucu hücrelerin ve dokunun kılcal yapısının bozulması, yeniden su almayı olumsuz etkilemektedir (Lewicki ve Jakubczyk, 2004). Buna karşın yeniden su alma yeteneği daha çok kimyasal ve fizikokimyasal nedenlerden etkilenmektedir. Kurutmada uygulanan ısı etkisiyle ve kuruma sonucu hücredeki tuzların konsantrasyonuna bağlı olarak proteinlerde parçalanma oluşur. Parçalanmış proteinler suyu tekrar absorbe etme ve bağlama yeteneklerini büyük ölçüde kaybederler. Ayrıca yeniden su alma işleminde hücre içinden şeker ve tuz geçmesi, hücrenin turgor özelliğini yitirmesine neden olmakta, bunun sonucu olarak da ürünün yeniden su alma kapasitesi azalmaktadır.

Ürünün kurutulması için gerekli ısı enerjisi, ürüne konveksiyon, kondüksiyon ve radyasyon gibi üç iletim yoluyla verilmektedir. Bu üç iletim şeklinde kuruma süresi, ısı kaynağının sıcaklığıyla ürün sıcaklığı arasındaki farkın büyüklüğünden ve ürün dışından

içeriye doğru ısı iletim yeteneğinden etkilenir (Karaaslan 2008). Bu çalışmada ısı iletim yolu olarak konveksiyon ve radyasyon yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma kapsamında sıcak hava ile kurutma, mikrodalga destekli sıcak hava ile kurutma ve kızılötesi ışın destekli sıcak hava ile kurutma olarak üç farklı yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemlerin yardımıyla NaOH ile ön işlem gören ve görmeyen Stanley çeşidi eriğın kuruma karakteristikleri incelenmiştir. Tüm denemelerde kurutucu giriş havası hızı sabit (2 m/s) tutulurken, farklı kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C), farklı mikrodalga ve kızılötesi güç seviyeleri (300, 400 ve 500 W) kullanılmıştır.

## 2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI

### 2.1. Çeşitli Kurutma Sistemleri ile Yapılan Çalışmalar

Sjöholm ve Gekas (1995), sıcak hava ile kurutma sırasında elmada meydana gelen büzülmeyle ilgili incelemişlerdir. Denemelerde ilk nem içeriği %86-92 (y.b.) olan Mutsu çeşidi elmalar kullanılmıştır. Elmalar 3.5 mm kalınlığında, 20 ve 30 mm çapında silindirik halde kesilmiştir. Elma dilimleri 90°C sıcaklıkta 50 s süre ile haşlanarak ön işleme tabi tutulmuştur. Ürünün yüzey sıcaklığı özel bir ısı elemanı kullanılarak ölçülmüştür. Denemeler 60°C kurutma havası sıcaklığı, 3 m/s hava hızı ve %10 bağıl nem koşullarında yapılmıştır. Kurutma işlemi süresince elmanın kalınlığı ve hacmi ölçülmüştür. 20 ve 30 mm çapındaki örneklerin nem içeriği, kalınlık ve hacimlerinin kuruma süresine bağlı olarak değiştiği, ancak kuruma sırasında oluşan bu büzülmenin izometrik olmadığı belirlenmiştir.

Funebo ve Ohlsson (1998), çalışmalarında elma ve mantarın mikrodalga destekli ısıtılmış hava ile kuruma parametrelerini belirlemişlerdir. Kuruma parametreleri olarak kuruma hızı, yeniden su alma kapasitesi, özgül ağırlık ve renk değerlendirilmiştir. Denemelerde Golden Delicious elma çeşidi ve Agaricus Bisporus mantar çeşidi kullanılmıştır. Kurutma işlemlerinden önce elma ve mantarlar 5 mm'lik kalınlıklarda dilimlenmiştir. Kurutma işlemi laboratuvar tipi kurutucuda gerçekleştirilmiştir. Yeniden su alma denemeleri elma için 50°C, mantar için 95°C sıcaklığındaki damıtılmış suda 1, 2, 5, 10, 20 ve 40 dakikalık sürelerde bekletilerek belirlenmiştir. Yeniden su alma işleminde elma dilimlerinin 20 dakika, mantarın ise 5 dakikada denge durumuna geldiği saptanmıştır. Kuruma işleminin uzun sürmesi durumunda, üründe büzülmenin artmasıyla özgül ağırlığın yükseldiği belirlenmiştir. Ortalama büzülme elmada %72, mantarda ise %87 olarak bulunmuştur. Mikrodalga destekli ve ısıtılmış havayla kurutulan ürünler karşılaştırıldığında, ısıtılmış havayla kurutulan ürünlerde esmerleşmenin daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Lewicki ve Lukaszuk (2000), çalışmalarında osmotik ön işlem görmüş elmanın ısıtılmış hava ile kurutulmasında yeniden su alma özelliğinin değişimini incelemişlerdir. Denemede V. Idared elma çeşidi 10 mm'lik küplere bölünmüş ve esmerleşmeyi önlemek için %0.5'lik sitrik asit kullanılmıştır. Osmotik kurutma 3 saat boyunca % 61.5 şeker çözeltisinde 30°C sıcaklıkta yapılmıştır. Osmotik ön işlem gören elma küpleri, 1.5 m/s hava hızı ve 70°C ısıtılmış havada kurutulmuşlardır. Materyal kurutma işlemi sırasında belirli zamanlarda sertlik testine tabi tutulmuştur. Yeniden su alma kapasitesi ölçümleri oda sıcaklığında (20°C) hava geçirmez kaplar içerisinde gerçekleştirilmiştir. Şekerin yüzeyden içeri sızması 2-5 mm arasında bulunmuştur. Osmotik ön işlem elma dokusunu yumuşatmış ve yapıyı taze elmadan daha plastik hale getirmiştir. Elmaların osmotik-ısıtılmış hava birleşimiyle kurutulmasında deformasyon direnci ısıtılmış havayla kurutmaya göre daha yüksek bulunmuştur. Yüzeyde oluşan sertleşme, osmotik ön işlem görmüş ve ısıtılmış havayla kurutulmuş örneklerde daha düşük olarak belirlenmiştir.

Funebo vd (2000), ısıtılmış hava uygulamasından önce elmalara mikrodalgayla ısı uygulanmasının ürünün fiziksel ve mikroskobik özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Denemede İtalyan Golden Delicious elma çeşidi kullanılmıştır. Sertlik testi hem taze hem de kurutulmuş elmalar üzerine uygulanmıştır. Elmalar 15x15x15 mm boyutlarında

küplere ayrılmıştır, küplerin yönlerini belirlemek için mürekkep ile boyanmıştır (elma küpünün meyvenin iç kısmından ya da sap kısmından alındığını belirtmek için). Kurutma havası hızı 2 m/s ve sıcaklığı 40, 60 ve 80°C olarak düzenlenmiştir. Örnekler 5 dakika mikrodalga işlemi uygulandıktan sonra ısıtılmış havayla kurutulmuştur. Isıtma periyodunda sıcaklık hızla yükselerek maksimum seviyeye gelmiş, daha sonra (30 s) yavaşça 100°C civarına gerilemiştir. Mikrodalga ısıtıcı uygulamasından sonra hava birkaç dakika içinde normal kurutma sıcaklığına düşmüştür. Elma küpleri parçalara ayrılmış ve 18 saat boyunca 105°C fırına yerleştirilmiş, fırından iki küp alınarak her saat nem içeriği hesaplanarak kurutma eğrileri belirlenmiştir. Mikrodalga uygulaması hücre duvarlarını bozmuş ve hücre duvarları arasındaki birleşimi kısaltmıştır. Isıtılmış hava ve mikrodalga ön işlem görmüş elma küplerinin sertlik testinde uygulanan kuvvete karşı gösterdiği direnç yüksek bulunmuştur. Aynı şekilde büzülme, özgül ağırlığı ve yeniden su alma kapasitesinin, ısıtılmış hava ve mikrodalga ön işlem görmüş elma küplerinde yüksek olduğu saptanmıştır.

Khraisheh vd (2000), patatesin mikrodalga destekli ısıtılmış hava ile kurutulması üzerine yaptıkları çalışmalarında bu yöntem ile sadece mikrodalga veya ısıtılmış hava uygulanarak kurutulan ürünlere göre kuruma süresinde azalma, kuruma hızında ise artma olduğunu belirlemişlerdir.

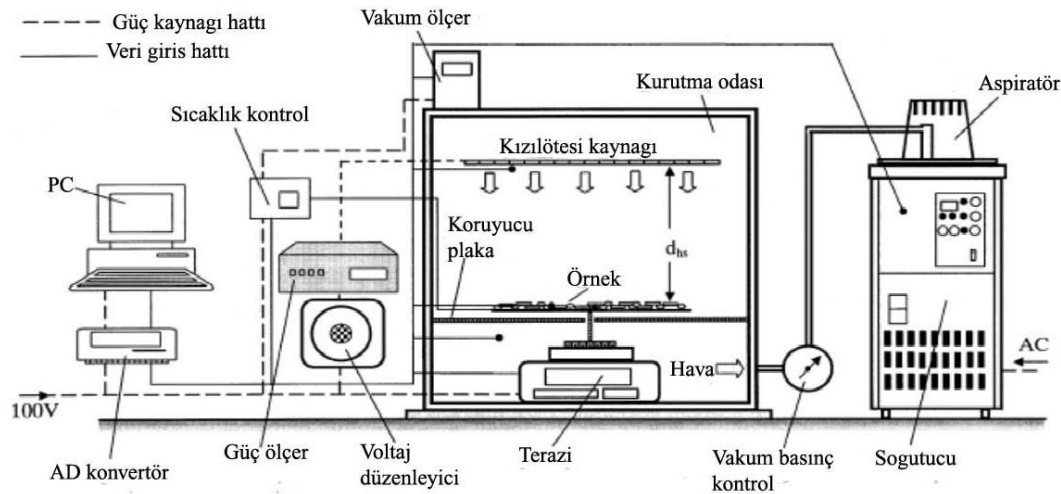
Prothon vd (2001), osmotik-mikrodalga birleşimi ile kurutulan elmanın tekstür, mikroskobik yapı ve yeniden su alma karakteristiklerini incelemişlerdir. Çalışmada İtalyan Golden Delicious elma çeşidi kullanılmıştır. Elmalar 13x13x13 mm'lik küplere bölünmüştür. Küpler mürekkeple işaretlenerek elma küpünün meyveye çekirdek ya da dışa yakın kısımdan alındığı belirtilmiştir. Osmotik su alma işleminde 50 elma küpü 600 ml'lik kap içerisindeki %50'lik sakkaroz çözeltisine 22°C sıcaklıkta ve değişmeyen salınım altında 16 h süre ile daldırılmıştır. Elmanın nem içeriği sabit bir ağırlığa ulaşınca kadar 100 mmHg basınç ve 70°C sıcaklıktaki vakumlu fırında kurutulmuş belirlenmiştir. Hem ön işlem uygulanmış hem de uygulanmamış örnekler 50, 60 ve 70°C sıcaklıkta kurutulmuştur. Mikrodalga çıkış güç düzeyi 0.1 ile 1 W/g elma arasında değiştirilerek elma küplerinin iç sıcaklığını sabit tutmada yeterli olduğu kabul edilmiştir. Hava hızı 2 m/s olarak belirlenmiş ve hava sıcaklığı örnek sıcaklığına göre ayarlanmıştır. Osmotik kurutmayla örnek nemi yaklaşık %89'dan %71'e (y.b.) düşürülmüştür. Osmotik ön işlem uygulanmış örneklerde daha az gözenek oluşmuş ve bu nedenle ön işlem uygulanmamış örneklerde daha düşük miktarda yeniden su alma gerçekleşmiştir. Mikroskobik yapı incelendiğinde; kurutma işleminin örneklerin hücre duvarlarında kırılma oluşturmadığı gözlenmiştir. Hücre duvarlarındaki kırık, çatlak gibi benzeri yıkımlar, kurutulmuş ürünün daha sonraki su alma kapasitelerini büyük ölçüde etkilemektedir. Bununla beraber 50°C sıcaklığında kurutma işleminin uzunluğundan dolayı esmerleşme oluşmuştur.

Maskan (2001), kivi'nin mikrodalga ve ısıtılmış hava ile kurutulması üzerine yaptıkları çalışmada; mikrodalga destekli ısıtılmış hava ile kurutmada kuruma süresinin %40 oranında azaldığını saptamıştır. Isıtılmış hava-mikrodalga ile son kurutma uygulanan ürünlerde daha az büzülme ve yeniden su alma kapasitelerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kivi kurutulmasında mikrodalga destekli ısıtılmış hava kurutma uygulaması ile yüksek kalitede ürün elde edildiği vurgulanmıştır.

Sharma ve Prasad (2001), mikrodalga destekli ısıtılmış hava ile kurutulan sarımsağın kalite değişimini incelemişlerdir. Geleneksel sıcak hava kurutma sistemi ile karşılaştırıldığında örneklerin kuruma sürelerinin %90 azaldığı belirlenmiştir. Uygulanan sıcaklık ve mikrodalga güçlerinde örneklerin kalite parametrelerinin geleneksel yöntemle kurutmaya göre daha üstün olduğu saptanmıştır.

May ve Perre (2002), yaptıkları çalışmada farklı gıda ürünlerinde kuruma işlemini incelemişlerdir. Denemelerde kütle kaybı, uzunluk ve çap değişimleri belirlenmiştir. Denemede kullanılan ekipman, kurutma odası içerisine yerleştirilmiş lazer tarayıcı, ışın mikrometre ve elektronik teraziden oluşmaktadır. Lazer tarayıcı ile kurutma sırasında üründe oluşan çap ve uzunluk değişimleri ölçülürken, elektronik terazi ile ağırlık kaybı ölçülmüştür. Denemelerde avokado, havuç, patates ve elma kullanılmıştır. Kullanılan materyallerden aynı kalınlık ve çaptaki parçalar alınarak kurutma odası içerisindeki terazi üzerine yerleştirilmiştir. Denemelerde porozite, kritik nem içeriği, kütle değişimi ve büzülme ölçülmüştür. Nem içeriği, hacim oranı, büzülme katsayısı ve kütle değişimi, ilk ve son yüzey alanına göre belirlenmiştir. Patatesin kurutulması sırasında tüm nem uzaklaştırılincaya kadar, nemdeki azalma ile hacim arasında lineer bir ilişki görülmüştür. Havucun merkezinde oluşan büzülmenin, uzunlamasına olan büzülmeden daha az olduğu bulunmuştur. Avokado diğer üç ürün içerisinde en yüksek ilk neme sahip olanıdır ve büzülme katsayısının çok düşük olduğu gözlenmiştir. Elmada ise nem içeriği ile büzülme arasında lineer ilişkinin olduğu bulunmuştur.

Mongpraneet vd (2002), soğanın kızılötesi-vakum kurutma sistemi (Şekil 2.1) ile özellik değişimlerini incelemişlerdir. Çalışmada kullanılan kızılötesi enerjisi 40-100 W arasında değişmektedir. Bu seviyeler kuruma parametrelerini oldukça etkilemiştir. 70 W yoğunluğuna kadar ürünün klorofil içeriği kızıl ötesi enerji seviyelerinden çok fazla etkilenirken, bu enerjinin ve üstünde klorofil içeriğinde değişim gözlenmemiştir. Uzun kuruma periyodu ve yüksek sıcaklık ürünün yeniden su alma kapasitesinin azalmasına katkıda bulunmuştur. 70 W enerji seviyesinde ise taze ürüne yaklaşıldığı belirlenmiştir. Renk parametreleri olan  $a^*$ ,  $L^*$  ve  $\Delta E_{ab}^*$  değerlerinin kızılötesi enerjisi seviyelerinden etkilendiği gözlenmiştir.

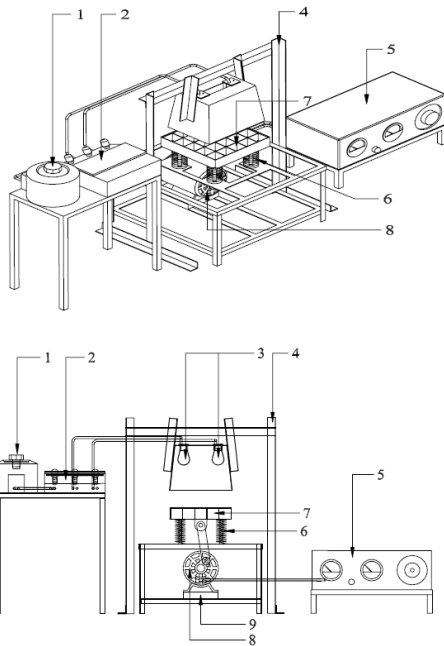


Şekil 2.1. Vakumlu kızılötesi kurutucunun şematik görünüşü (Mongpraneet vd 2002).

Andres vd (2004), mikrodalga destekli sıcak hava ile kurutma sisteminde elma silindirlere kuruma kinetiğini incelemişlerdir. Denemelerde Granny Smith elma çeşidi kullanılmıştır. Elmalar 20x20 mm'lik silindirik parçalar halinde kesilmiştir. Ön işlem olarak örnekler 50 mbar basınç altında 10 dakika süre ile elma suyuna daldırılmış ve daha sonra 10 dakika atmosfer basıncında tutulmuştur. Çalışmada 0, 3, 5, 7 ve 10 W/g mikrodalga güç seviyeleri ve 25, 30, 40 ve 50°C ısıtılmış hava kullanılmıştır. Hava hızı 1 m/s ve bağıl nemi %62.8'dir. Ön işlem gören örneklerin yoğunluğunun yüksek ve gözenekliliğin az olduğu, daha fazla hacim azalması meydana geldiği bulunmuştur.

Nowark ve Lewicki (2004), kızılötesi destekli ısıtılmış havalı laboratuvar kurutucusu kullanarak elmanın kurutulmasını incelemişlerdir. Denemelerinde V. Idared çeşidi elmalar kullanılmıştır. Elmalar 5.5 mm kalınlığında dilimlenmiş ve %0.1'lik sitrik asit içerisine batırılarak enzimatik esmerleşme önlenmiştir. Kurutucuya dokuz tane 175 W gücünde ve 1200 nm dalga boyunda ısı veren lambalar yerleştirilmiştir. Kurutucudaki hava 65°C ve 75°C sıcaklığında, 1.5 m/s hızındadır. Çalışma sonucunda kuruma kinetiğinin, hava hızı gibi kızılötesi kaynağına ve ürünün ısıtılan yüzeye olan uzaklığına bağlı olduğu belirlenmiştir. Kuruma süresinin kısaltılmasında ve materyal sıcaklığının kolaylıkla kontrol edilmesinde kızılötesi ışınımın kullanımıyla avantaj sağlanacağı belirtilmiştir.

Das vd (2004), yüksek nem içeriğindeki pirincin 3100-4290 W/m<sup>2</sup> kızılötesi ışın enerjisi ve 12-16 mm yığın yüksekliğinde kuruma karakteristiklerini incelemişlerdir. Kuruma hızının enerji seviyesine bağlı olduğu saptanmıştır. Kalınlık değişimi ve ürün çeşidine bakmaksızın kuruma süresinin ışın enerjisinin yükselmesi ile azaldığı belirlenmiştir. Denemelerde kullanılan kurutucunun şematik görünüşü Şekil 2.2'de verilmiştir.



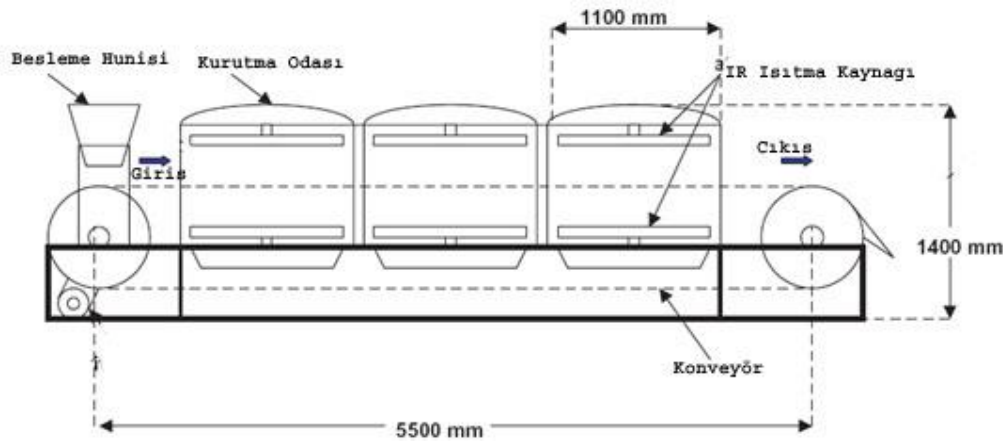
1. Değiştirici
2. Watt ölçer
3. IR lambaları
4. Ana kasa
5. Motor hızı düzenleyicisi
6. Sarmal yay
7. Kurutma tavası
8. Motor
9. Taban plakası

Şekil 2.2. Salınım ilaveli kızıl ötesi kurutucunun şematik görünüşü (Das vd 2004)

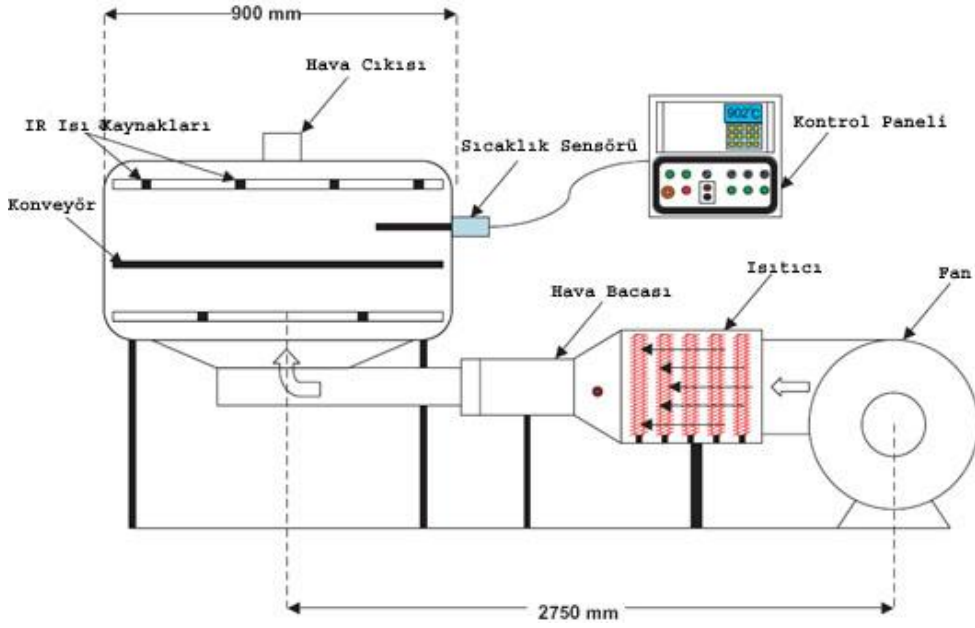


Doymaz (2004a), havucun kuruma kinetiğine kurutma havası sıcaklığı, hızı ve örnek kalınlığının etkisini incelemiştir. Denemelerde ısıtıcı, fan, hava filtresi ve elektronik kontrol düzeninden oluşan dolap tipi kurutucu kullanılmıştır. Havuçlar 1x1x1 cm ve 2x2x2 cm'lik küpler halinde doğranmıştır. Denemelere başlamadan önce hazırlanan bu küpler 5 dakika 100°C'de su içerisinde haşlanmış, daha sonra 5 dakika 15°C'de soğutulmuştur. Kurutma denemeleri için 200 g ve ilk nem içeriği %87.5 (y.b.) olan örnekler tek tabaka halinde kurutucuya yerleştirilmiştir. Denemeler boyunca örneklerin ağırlıkları 0.5-1 h'lik zaman aralıklarında tartılmıştır. Çalışma sıcaklığı 50, 60, 65 ve 70°C olarak belirlenmiştir. Denemeler %6 (y.b.) son nem içeriğine kadar sürdürülmüştür. Kurutma sıcaklığının artışı, kuruma hızını arttırmış ve kuruma süresini azaltmıştır. Yüksek hava hızlarında kuruma süresinin %25 azaldığı belirlenmiştir. Kurutma havası sıcaklığı ve hızı artırıldığında, nem difüzyonunun da arttığı saptanmıştır. Örnek kalınlığının artması kuruma süresini arttırmıştır. Nem difüzyonu için gerekli enerji 28.36 kJ/mol olarak bulunmuştur.

Hebbar vd (2004), çalışmalarında sebzeleri kızılötesi ışın (IR) destekli ısıtılmış hava ile kurutma işlemine tabi tutmuşlardır. Çalışma kapsamında kullanılan kurutucunun önden (Şekil 2.3) ve yandan (Şekil 2.4) şematik görünüşleri verilmiştir. Patates ve havucun kurutulmasında kullanılan sisteme göre kurutma parametrelerinin değişimi Çizelge 2.1'de özetlenmiştir. Çalışma sonucunda örneklerin kızılötesi destekli ısıtılmış hava ile kurutma düzeninde kuruma süresinin, diğer düzenlerden daha kısa olduğu tespit edilmiştir. Her iki ürün içerisinden kurutma süresince nemin uzaklaştırılması için kullanılan enerjinin, bu sistemin kullanımı ile düşürüldüğü belirlenmiştir.



Şekil 2.3. Kızılötesi-Isıtılmış hava kombinasyon kurutucunun önden görünüşü (Hebbar vd 2004)



Şekil 2.4. Kızılötesi destekli ısıtılmış hava kurutma sisteminin yandan görünüşü (Hebbar vd 2004)

Çizelge 2.1. Kurutma sistemlerinin kuruma parametreleri üzerine etkisi (Hebbar vd 2004)

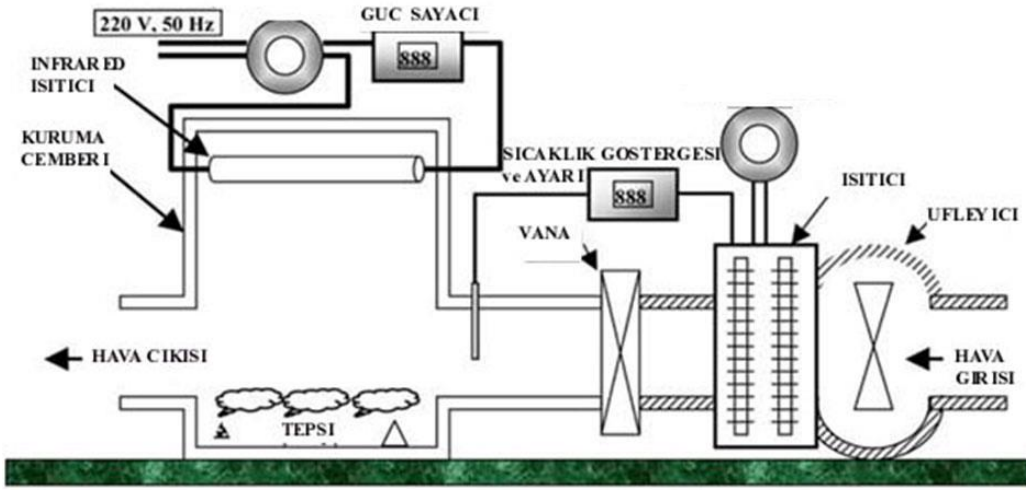
Kurutma sistemi	Kurutma havası sıcaklığı (°C)	%30 bağıl nem içeriğinde akan hava		Kuruma süresi (dakika)		Özgül enerji tüketimi (MJ/kg su)
		Sıcaklık (°C)	Hava hızı (m/s)	Patates	Havuç	
Sıcak Hava	80	80	1.0	345	345	15.16
Kızılötesi Işın	80	-	-	285	285	7.15
Kızılötesi Işın-Sıcak Hava	80	40	1.0	180	180	6.04

Mwithiga ve Olwal (2005), çalışmalarında 1.0 m/s hava hızındaki konvektif kurutucuda kurutulan lahananın kuruma kinetiğine, örnek kalınlığı ve kurutma havası sıcaklığının etkisini incelemişlerdir. Denemelerde kullanılan kurutucu, kurutma odası, 1.5 kW'lık elektrikli ısıtıcı ve fan oluşmaktadır. Kurutma denemeleri için lahana yaprakları yaklaşık 3 mm genişliğinde ince dilimler halinde doğranmıştır. Denemelerde 30, 40, 50, 60°C hava sıcaklıkları ve 10, 20, 30, 40 ve 50 mm tabaka kalınlıkları kullanılmıştır. Kurutma işlemi sırasında örnekler kurutucudan çıkarılıp tartılarak ağırlık kayıpları belirlenmiştir. 10 mm tabaka kalınlığında kurutulan lahana yapraklarının kurutulmasında kurutma havası sıcaklığı arttıkça, kuruma süresi azalmıştır. Tabaka kalınlığının artması, kuruma süresini de arttırmıştır.

Wang ve Xi (2005), havucun mikrodalga ile kurutulmasında kalite ve kuruma karakteristiklerinin değişimini incelemişler, ürün dilim kalınlığı ile yükleme miktarı azaldıkça ve mikrodalga gücü arttıkça kuruma hızının arttığını, enerji tüketiminin ise

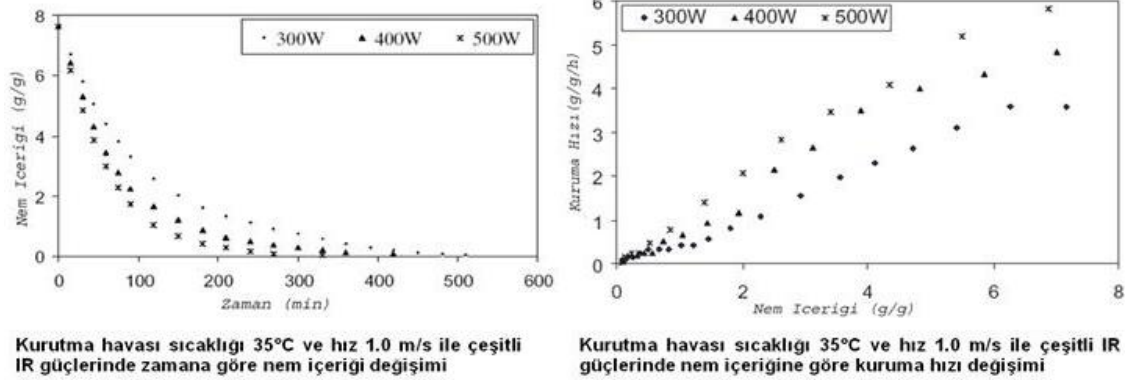
azaldığını bulmuşlardır. Mikrodalga kurutma süresinin artması ile viskozitenin azaldığı belirlenmiş, mikrodalga ile kurutulan örneklerin renginin daha parlak olduğu saptanmıştır.

Sharma vd (2005a), çalışmalarında kızılötesi ışın gücü, hava sıcaklığı ve hava hızının kurutulan soğan dilimlerinin kalite ve kuruma oranına etkisini incelemişlerdir. Kurutucu, kurutma odası içerisindeki kızılötesi ısıtıcı ve sıcak hava sağlayan bir üniteden oluşmaktadır (Şekil 4.5). Denemelerde 300, 400, 500 W kızılötesi ışın gücü, 35, 40, 45°C hava sıcaklığı ve 1.0, 1.25, 1.5 m/s hava hızları kullanılmıştır. Hava sıcaklığı veya kızılötesi ışın gücü yükselirken diğer koşulların sabit olması durumunda, nem taşınımı hızlanmış ve kuruma süresi azalmıştır. Sabit hava sıcaklığı ve kızılötesi ışın gücünde hava hızının yükselmesi kuruma süresini arttırmış ve nem taşınım oranını azaltmıştır. Etkin nem difüzyonu  $0.21 \times 10^{-10}$  ile  $1.57 \times 10^{-10}$  m<sup>2</sup>/s arasında değişirken, yeniden su alma oranı 4.5 ile 5.3 arasında bulunmuştur.



Şekil 2.5. Kızılötesi destekli ısıtılmış hava kurutma sisteminin şematik görünüşü (Sharma vd 2005a)

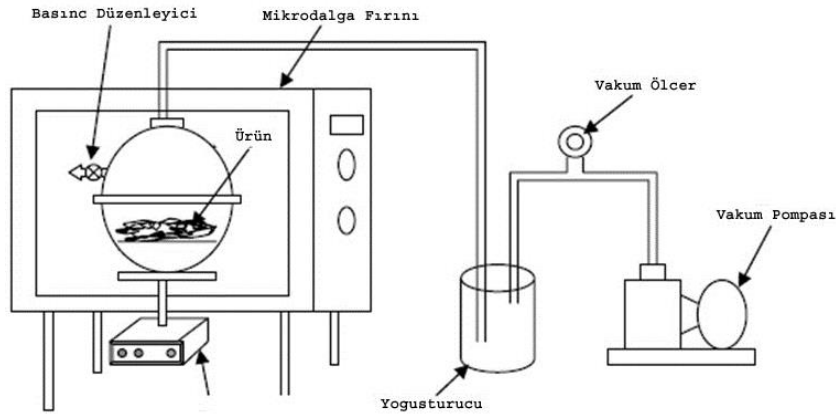
Sharma vd (2005b), soğan dilimlerinin kızılötesi kurutma işleminin matematiksel modellenmesi konusunda çalışmışlardır. Çalışmanın sonucunda elde edilen nem içeriği ve kuruma hızı eğrileri Şekil 2.6'da verilmiştir. Hava sıcaklığı ve kızılötesi ışın gücünün yükselmesi ile kuruma süresinde azalma, kuruma hızında ise artma meydana gelmiştir.



Şekil 2.6. Farklı kızılötesi ışın düzeyinde nem içeriği ve kuruma hızı değişimi (Sharma vd 2005b)

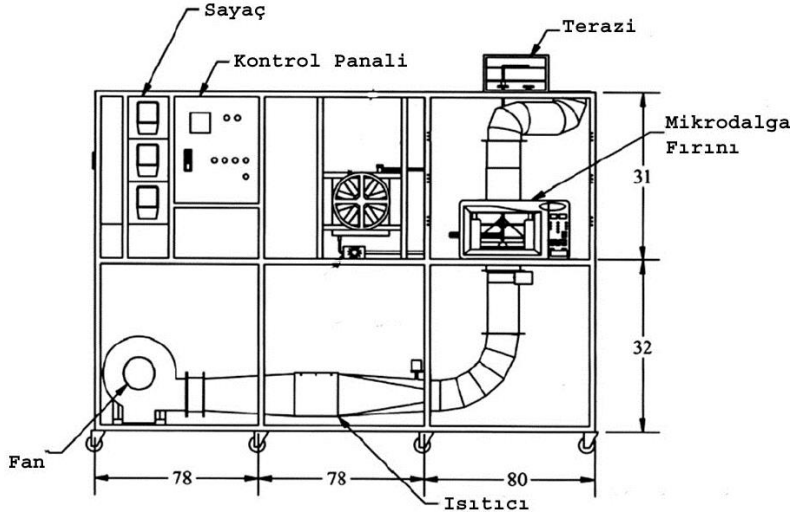
Velu vd (2006), mısırın öğütülmesinde kurutma yöntemlerinin etkisini incelemiştir. Çalışmalarının sonucunda mikrodalga ile kurutulan ürünlerin öğütülmesi için kullanılan enerjinin daha az, kurutma süresinin artması ile viskozitenin azaldığı ve mikrodalga ile kurutulan örnek renginin daha parlak olduğu saptanmıştır.

Giri ve Prasad (2007), mantarın mikrodalga-vakum ve ısıtılmış hava ile kurutulmasında kurutma kinetiği ve yeniden su alma kapasitesi üzerine yaptıkları çalışmada, mikrodalga-vakum ile kurutulan ürünlerin ısıtılmış hava ile kurutulan ürünlere göre kuruma süresinin %70-90 azaldığı ve yeniden su alma kapasitelerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 2.7).

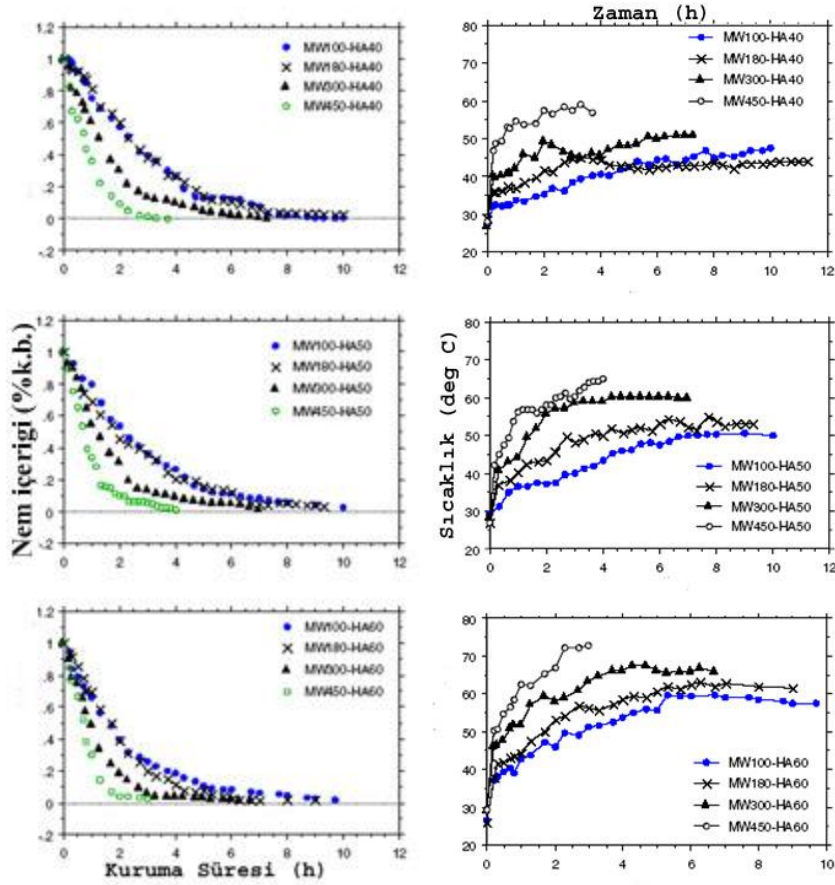


Şekil 2.7. Mikrodalga-vakum kurutma sisteminin şematik görünüşü (Giri ve Prasad 2007)

Varith vd (2007), soyulmuş longan meyvesinin mikrodalga destekli ısıtılmış hava ile kurutulması çalışmalarında Şekil 2.8'de şematik görünüşü verilen kurutma sistemini kullanmışlardır. Çalışmalarının sonucunda; ısıtılmış hava ile kurutmaya göre kuruma süresi %64.3, özgül enerji tüketiminin ise %48.2 oranında azaldığı belirlenmiştir. Ürünün nem içeriği ve iç sıcaklığındaki değişim Şekil 2.9'da gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Mikrodalga ve ısıtılmış hava kurutucu kombinasyonu (Varith vd 2007)



Şekil 2.9. Mikrodalga ve ısıtılmış hava kombinasyonu ile kurutulan ürünün kuruma süresine bağlı olarak nem içeriği ve ürün iç sıcaklığının değişimi (Varith vd 2007)

Lin vd (2007), çalışmalarında yam meyvesinin dondurarak kurutulmasında yardımcı kızılötesi ışının kullanılmasını incelemişlerdir. Araştırmalarının sonucunda; dondurarak kurutmada kızılötesi ışın uygulaması ile kuruma süresi ve toplam renk

sapmasının azaldığını bulmuşlardır. Ürün ile kızılötesi ışın arasındaki en iyi uzaklığın 50 mm olduğu belirlenmiş, kuruma süresi ve yeniden su alma kapasitesinin kurutma sıcaklığı ve dilim kalınlığından etkilendiği saptanmıştır.

Bondaruk vd (2007), ön işlem görmüş ve görmemiş patatesin mikrodalga-vakum ve ısıtılmış hava kurutma sistemleri ile kalite özellikleri ve kuruma kinetiği üzerine yaptıkları araştırmada; örneklerin kuruma süresinin mikrodalga - vakum altında kurutulduğu zaman, 70°C sıcak hava kurutulmasına göre altı kat azaldığı saptanmıştır. Kuru ürünün mikroskopik yapısı, mekanik özellikleri, renk ve içeriğinin kullanılan kurutma tekniklerinden etkilendiği belirlenmiştir. Patatesin kurutulmasında en kısa kuruma süresi ve ürün kalitesi açısından 24 kPa vakum değeri önerilmiştir.

Akışkan döner yataklı kurutucu ile kırmızı biberin kurutulması çalışmalarında (Dongbang vd 2010) 70-120°C arasında değişen kurutma havası sıcaklığı uygulanırken, kurutma havası hızı 1.8 m/s ve katman kalınlığı 4±0.5 cm'de sabit tutulmuştur. Kurutma havası sıcaklığının artışı ile kurutma süresi azalmıştır. Ürün renk parametrelerinden kırmızılık (a\*) değerinin sıcaklığın artışıyla olumsuz etkilendiğini, bununda karotenid pigmentlerinin oksidasyonundan kaynaklandığını bildirmişlerdir. Biberin capsaisin içeriğini ise sıcaklığın yükselmesi ile azaldığını saptamışlardır.

Kerevizin laboratuvar tipi infrared kurutucuda kurutulması üzerine yapılan çalışmada Heybeli vd (2013) örnekleri 5 mm kalınlığındaki dilim ve 10x10x10 mm küp olacak şekilde iki gruba ayırmışlar ve bunları 2 dakika boyunca (1) buharda veya (2) kaynayan su içerisinde haşlama ve (3) ön işlemsiz olmak üzere gruplandırmışlardır. Kurutma sıcaklıkları; 60, 70 ve 80°C olarak saptanmıştır. Sonuçta kuruma süresi ve hızının uygulanan sıcaklıktan etkilendiği, ön işlem uygulamasından ise etkilenmediği belirlenmiştir. Taze ürün renk parametrelerine en yakın değerlerin 5 mm kalınlığında dilimlenen örneklerde oluştuğunu bulmuşlardır.

## 2.2. Erik Kurutulması Üzerine Yapılan Çalışmalar

Matteo vd (2003), Angeleno çeşidi eriğin kurutma öncesi fiziksel ve kimyasal ön işlem görmeleri sonucunda oluşan değişiklikleri incelemişlerdir. Fiziksel ön işlem gören örneklerin kabuklarında meyve suyu kaybı ve çatlakların oluşmadığını belirlemişlerdir. Sakkaroz bölünmenin aynı anda oluştuğunda ön işlem gören örneklerde sakkaroz inversiyonuna bağlı glukoz ve fruktoz oranını arttırdığı saptanmıştır. Renk parametrelerinden olan L\* değerlerinde fiziksel ve kimyasal ön işlem gören örneklerde önemli bir değişiklik olmamış, a\* değeri bütün kuru ürünlerde önemli derecede azalmış, fakat etil olat ile kimyasal ön işlem gören örneklerde a\* değerindeki değişim daha az olmuştur. Ön işlem gören ve görmeyen örneklerde toplam askorbik asit farkının önemli olduğu saptanmıştır. Ayrıca ön işlem gören örneklerin kuruma sürelerinde azalma meydana geldiği belirlenmiştir.

Doymaz (2004b), Stanley çeşidi eriğin kurutulmasında bandırma işleminin etkisini incelemiştir. 1 dakika süresince %5 potasyum karbonat ve %2 etil olata bandırma işlemi yapılmıştır. Kurutma havası sıcaklığı 65°C ve hızı 1.2 m/s'dir. Et il olat uygulanan örneklerin kuruma hızları yüksek bulunmuştur. Ön işlem gören örneklerin

kuruma sürelerinde, ön işlem görmeyen örnekler göre %29.4 azalma olduğu belirlenmiştir.

Angeleno erik çeşidinin kurutulması üzerine çalışan Gabas vd (2005), kurutma sırasında ürünün yığın yoğunluğu, termal difüzyonu ve özgül ısısını incelemiştir. Ön işlem uygulaması olarak 1 dakika süresince %1.5 etil olatta bekletilen ürün, daha sonra 65°C kurutma havası sıcaklığında kurutulmuştur. Nem içeriğinin azalması ile yığın yoğunluğu artmıştır.

Üryani çeşidi eriğin 80°C sıcaklığındaki suda 2 dakika süresince ön işlem gören ve görmeyen örneklerin 50, 60 ve 70°C'lik kurutma havası sıcaklıklarında kurutma kinetiği incelenmiştir (Sacılık vd 2006b). Kurutma havası sıcaklığının artışı ile ürünün kuruma süresinin azaldığı ve ön işlemin kuruma süresi üzerine etkili olduğu belirlenmiştir. Kurutma havası sıcaklığının artışı nem difüzyonunda artışa neden olmuştur. Aynı kurutma havası sıcaklıklarında efektif nem difüzyonunun ( $D_{eff}$ ) ön işlem gören örneklerde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Goyal vd (2007) Sutlej erik çeşidinin tünel tipi kurutucuda tek tabaka halinde kurutulmasını incelemiştir. Deneme planında kontrol, 50°C sıcak suya 2 dakika daldırma işlemi ve %1 potasyum metabisülfür (KMS) işlemleri gören üç farklı grup oluşturulmuştur. Bu gruplar 55, 60 ve 65°C sıcaklıklarda tünel tipi kurutucuda kurumaya tabi tutulmuştur. Kurutma havası sıcaklığının artışı ile kuruma süresinin azaldığı, ön işlem gören örneklerin kontrol örneklerinden daha kısa sürede kuruduğu ve ön işlem gören örneklerin efektif nem difüzyonunun daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Tarhan (2007) çalışmasında Stanley erik çeşidini 4 farklı uygulama (%4 etil oleat, %1 KOH, %1 NaOH ve su), 2 farklı bandırma sıcaklığında (23 ve 60°C) 1 dakika boyunca ön işleme tabi tutmuştur. Daha sonra 55°C'den düşük kurutma havası sıcaklığını uygulayarak, 3 farklı kurutma sistemi (laboratuvar kurutucusu, sera kurutucusu ve açık havada kurutma) kullanmıştır. Elde ettiği sonuçlara göre, kullanılan bandırma sıcaklıkları ve kimyasal çözeltilerin düşük kurutma havası sıcaklığında kuru erik üretiminde başarılı olduğunu belirtmiştir. Yapılan kombinasyonlardan %1 KOH+60°C ve %1 NaOH+60°C bandırma sıcaklığındaki kurutma denemeleri sırasında ürün renginde etkili bir değişimin olmadığı belirlenmiştir.

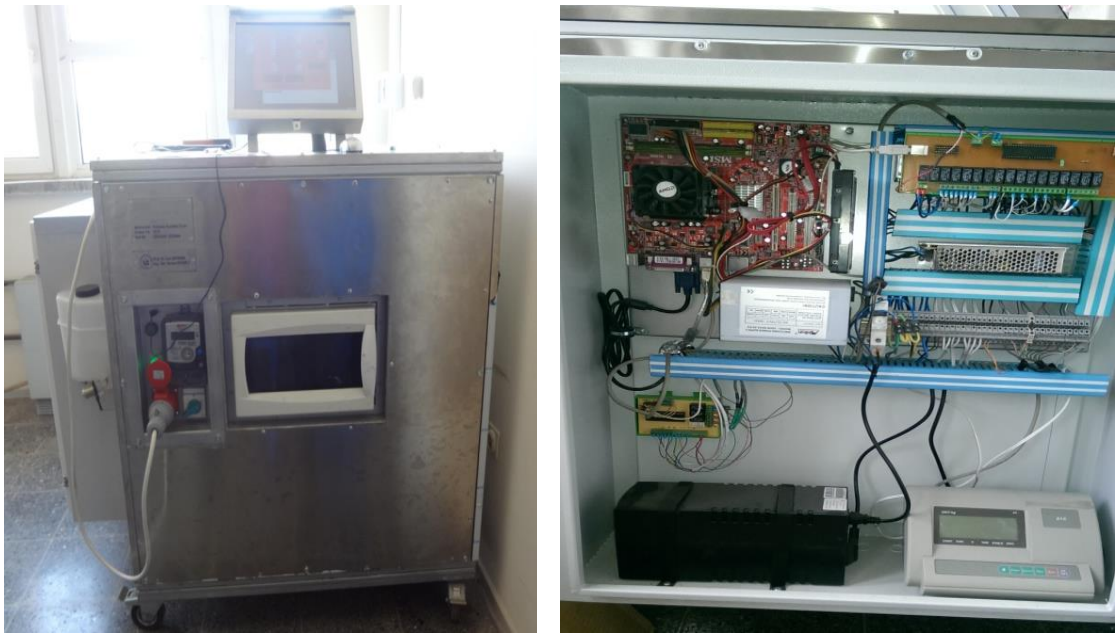
Koochehi ve Azarpazhooh (2010), çalışmalarında *Prunus spinosa* L. Var. Bukharensis erik çeşidini osmotik kurutma işlemine tabi tutmuşlardır. Şeker konsantrasyonuna bandırma sıcaklığı 40-60°C ve daldırma süresi 60-240 dakika olarak belirlenen deneme planı ile nem kaybı, ağırlık azalması ve büzülme değişimini incelemiştir. Şeker çözeltisi sıcaklığı arttıkça ele alınan özelliklerde artış görülmüştür. Ürün büzülmesinin daldırma süresinden etkilenmediği tespit edilmiştir.

### 3. MATERYAL ve METOT

#### 3.1. Materyal

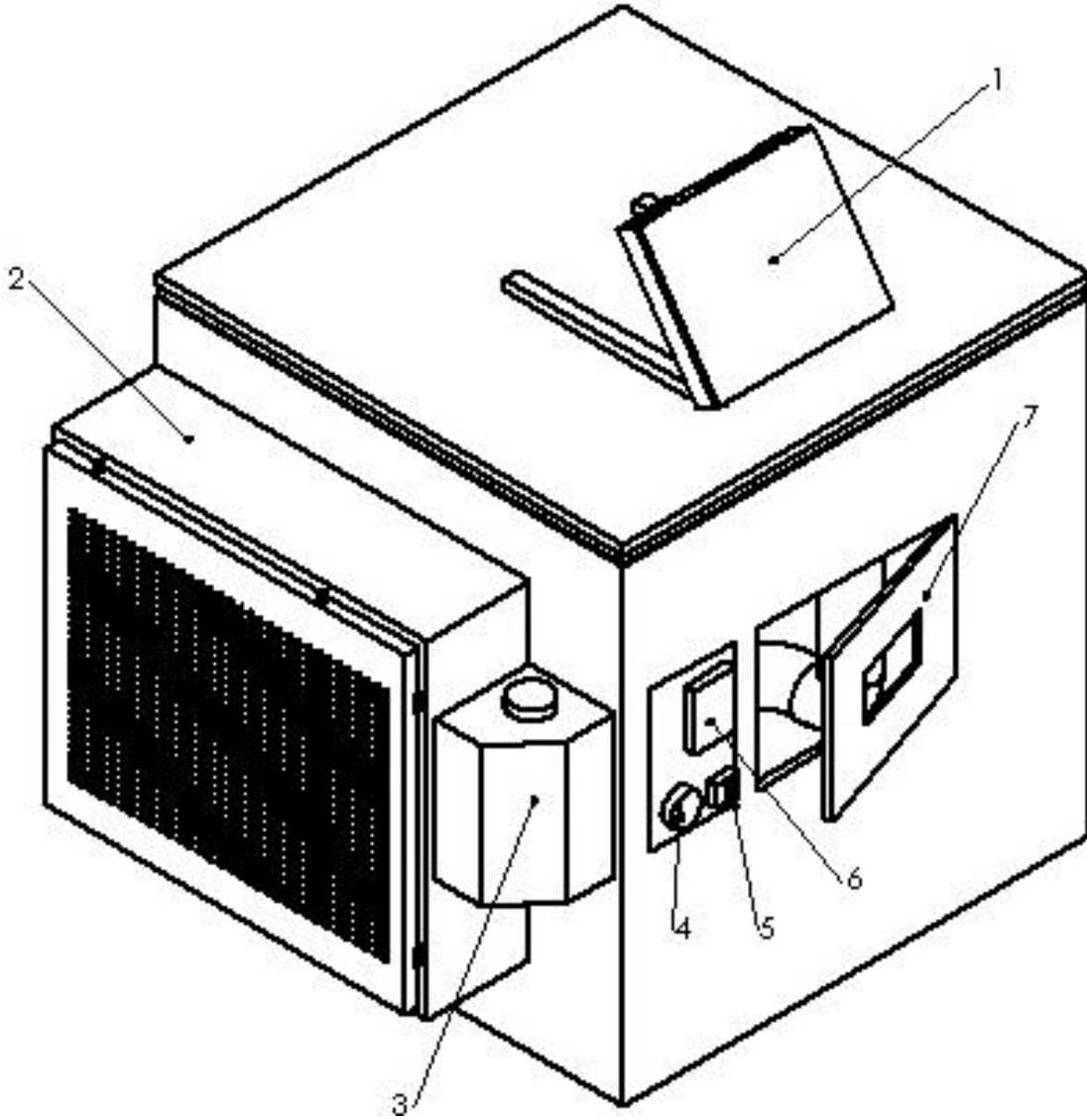
##### 3.1.1. Kurutma sistemi

Çalışmada kullanılan kurutucu Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'nin 2011.01.0104.002 numaralı Araştırma Projesi kapsamında Burdur İlinin Bucak İlçesinde yaptırılmıştır. Kurutma sistemi ısıtılmış hava, mikrodalga ve kızılötesi ışın sistemlerinin bir araya gelmesinden oluşmaktadır (Şekil 3.1). Kurutma işlemi bilgisayar ortamında tam otomasyon kontrollü olarak gerçekleştirilmektedir. Kurutma sisteminin şematik görünüşleri Şekil 3.2 ve 3.3'de verilmiştir.



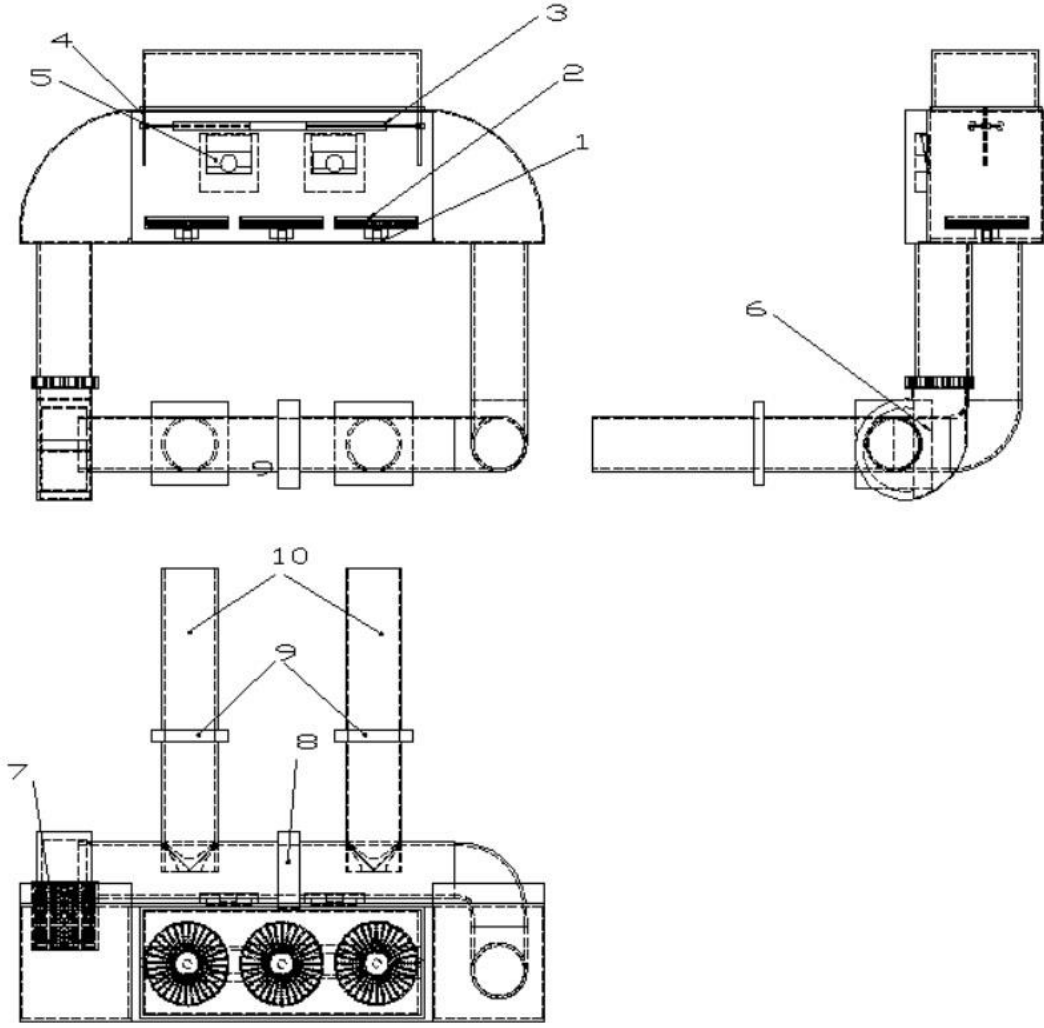
Şekil 3.1. Kurutma sistemi ve kontrol ünitesi





Şekil 3.2. Kurutma sistemi şematik görünüşü (dış bölümü)

1. Bilgisayar ekranı, 2. Kontrol panosu, 3. Nemlendirme ünitesi, 4. Güç giriş noktası, 5. Açma kapama butonu, 6. Elektrik sayacı, 7. Ürün giriş-çıkış kapağı



Şekil 3.3. Kurutma sisteminin şematik görünüşü (iç bölümü)

1. Yük hücreleri, 2. Kurutma tepsi, 3. Hareketli kızılötesi ışın kaynağı, 4. Sonsuz mil, 5. Mikrodalga kaynağı, 6. Radyal fan, 7. Seramik ısıtıcı, 8. Sıcak soğuk hava karıştırma valfi, 9. Hava giriş-çıkış kontrol valfi, 10. Hava giriş-çıkış kanalları

Kurutma sisteminin tabanı 40x60x2 cm, yan ve üst duvar ise 40x40x2 cm kare profillerden oluşturulmuştur (Şekil 3.4). Bir araya getirilen kare profil iskelet 40x20x1.5 cm ebatlarında kapaklar ile kurutma sistemi dış ortamdan ayrılmıştır. Kapakların dışı 1 mm kalınlığındaki krom/nikel sac levhalardan (6 m<sup>2</sup>) oluşturulmuş, bu levhanın altına sıcaklık yalıtımını sağlamak amacıyla 5 mm preslenmiş camyünü (6 m<sup>2</sup>) yerleştirilmiştir. Makinenin iç yüzeyi ise mikrodalga'nın dış ortama çıkışını önlemek amacıyla 1 mm kalınlığında kurşun levha (6 m<sup>2</sup>) ile kaplanmıştır. Sistemin düz bir zeminde kolayca taşınmasının sağlanması için 100x40 cm ebatlarında 360° dönebilen 4 frenli tekerlek bulunmaktadır.

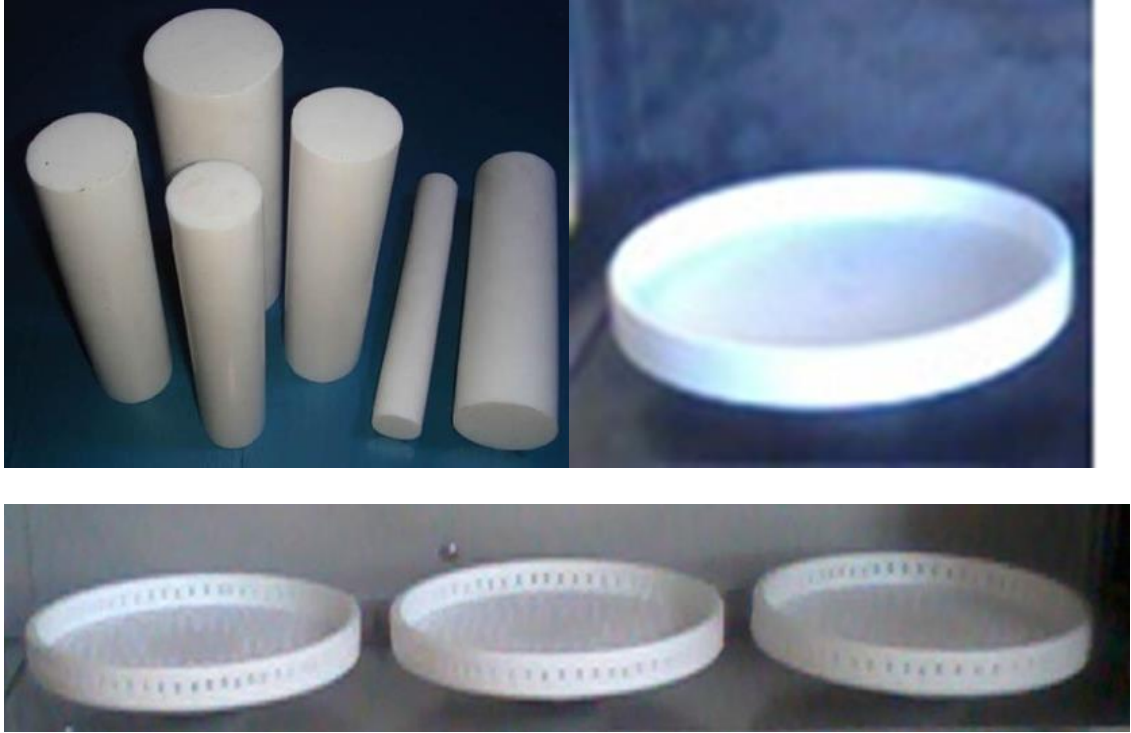


Şekil 3.4. Kurutma sisteminin iskeleti

Kurutma odası 2 mm saç levhadan yapılmış ve 500x300x400 mm ebatlarındadır (Şekil 3.5). Kurutma tepsipleri poliamid (teflon) malzemedan imal edilmiştir. Poliamid malzeme işlenmesinin kolay olması, 280°C direk sıcaklığa kadar dayanabilmesi ve mikrodalga ışınlarını yansıtması gibi özellikleri nedeni ile seçilmiştir. Kurutma odası içerisine yerleştirilen tepsipler 200x200 mm blok halinde alınan poliamid malzemenin çapı 150 mm, tepsi derinliği 25 mm ve hava akımının kolaylıkla ürüne ulaşabilmesi için tepsiplere 5 mm çapında delikler açılarak oluşturulmuştur (Şekil 3.6). Her üç tepsi kurutma odası tabanında maksimum yük kapasitesi 3 kg ( $1.0 \pm 0.1$  mV/V) olan birer M3 vida ile yük hücreleri aracılığıyla bağlantılıdır. Yük hücrelerinin çıkış uçları birleştirilerek fonksiyonel hata oranı 0.5  $\pi_i$ , A/D örnek hızı 10 defa/s olan A12 indikatörüne bağlanmıştır (Şekil 3.7). Her bir yük hücresinde oluşan gerilim sıra ile indikatörde sayısal değer olarak değiştirilmiştir. Böylelikle kurutma odası içerisinde örneklerin ağırlıklarında oluşan değişim indikatör aracılığıyla “g” cinsinden  $\pm 0.002$  g hassasiyet ile ölçülmüştür.



Şekil 3.5. Kurutma odasının genel görünüşü



Şekil 3.6. Kurutma tepsilerinin oluşturulması



Şekil 3.7. A12 indikatörü

Kurutma sistemi içerisinde sıcak havanın sirkülasyonunu sağlamak için hava debisi 301-400 m<sup>3</sup>/h olan Bahçıvan BDRAS 120-60 radyal fan, ısıtma sisteminden önce konumlandırılmıştır. Havanın ısıtılması için 801 AC, 220-240V, 50/60 Hz ve 2000 W gücünde seramik ısıtıcı kullanılmıştır. Bu ısıtıcı havayı 0-120°C sıcaklıkları arasında  $\pm 1^\circ\text{C}$  hassasiyet ile ısıtabilmektedir. Sıcak havanın yönlendirilmesi 100 mm çapında ve 500 mm boyunda alüminyum esnek boru yardımı ile yapılmaktadır.

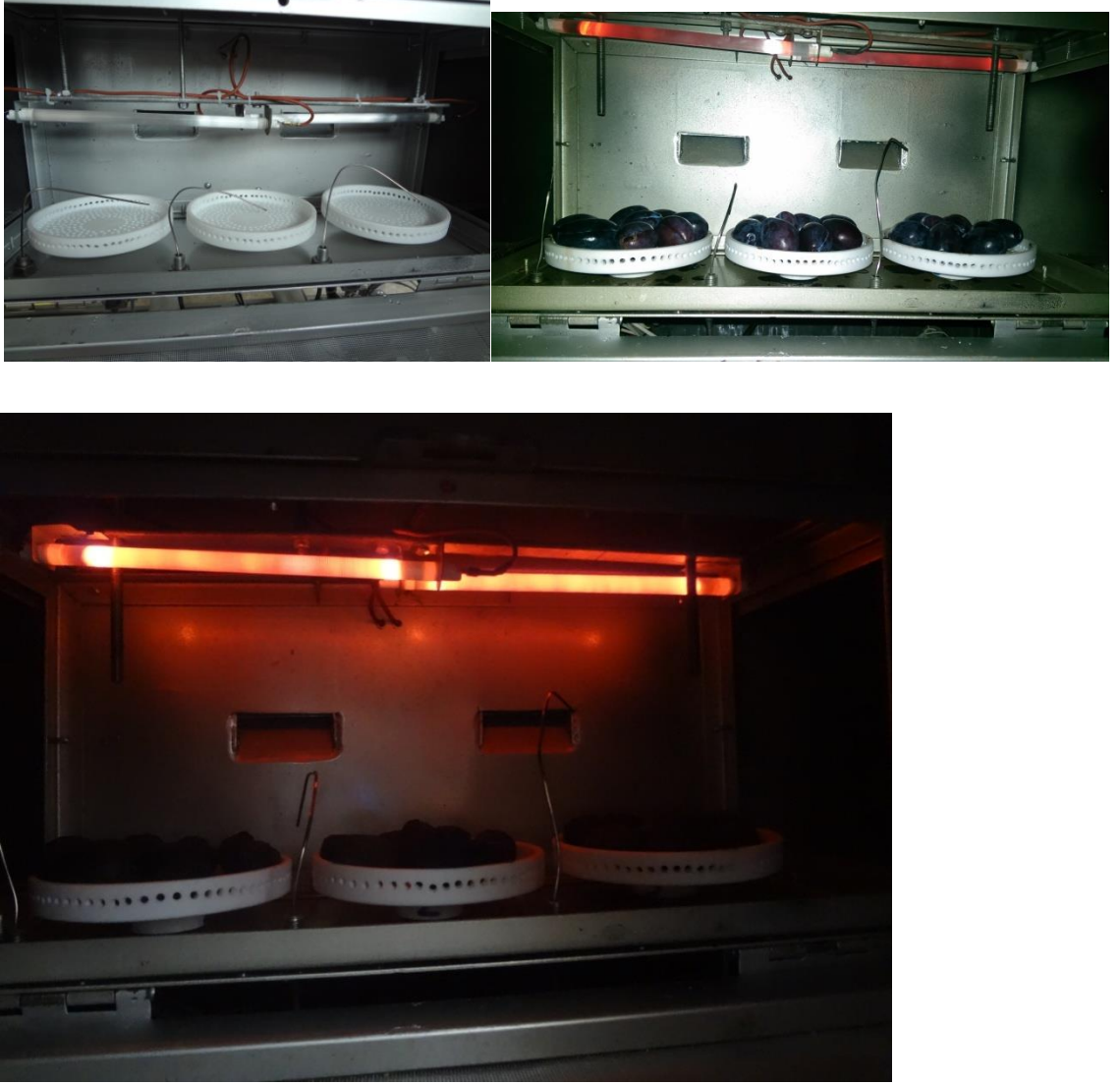
Çalışmada mikrodalga ışınları 950 W gücünde iki adet magnetron (Galanz M24FB-610A) yardımı ile üretilmiştir. Bu magnetronlar kurutma odasının tabanından 130 mm yükseklikte olacak şekilde arka duvara konumlandırılmıştır. Kurutma odasına mikrodalga ışınları oluşturulan kanal yardımıyla aktarılmaktadır (Şekil 3.8). Magnetronların çalışmaları esnasında artan sıcaklıklarının düşürülmesi için her iki

magnetron küçük fanlarla desteklenmiştir. Magnetronlar çalışmaya başladıkları anda fanlar devreye girerek ortam ve magnetron yüzey sıcaklığını düşürmektedir.

Kızılötesi ışın kaynağı olarak 10 mm çapında ve 1000 W gücünde iki kızılötesi lamba kullanılmıştır (Şekil 3.9). Bu lambalar kurutma odasının tavanına sonsuz vida düzeneği ile monte edilmiştir. Kurutma odasının üstünde bulunan redüktörlü DC motorların (3 W/60 rpm/12 V) yardımı ile ürüne 100-200 mm arasında yaklaşık uzaklaşabilmektedir.



Şekil 3.8. Mikrodalga magnetronlarının yerleşimi



Şekil 3.9. Kızılötesi ışın kaynağını oluşturan lambalar

Kurutma odası içerisindeki nem düzeyinin istenilen seviyede ayarlanması için sistem dışına monte edilen bir nemlendirme sistemi bulunmaktadır (Şekil 3.10). Nemlendirme sistemi kurutma odasına şeffaf 4 mm çapındaki boru ile taşınmıştır. Kurutma odası içerisinde ise sıcak hava giriş kanalına konumlandırılmış içi dolu konik su püskürtme memesi bulunmaktadır. Böylelikle kurutma odası içerisinde nem oranı istenilen seviyenin altında ise sistem devreye geçerek sıcak hava kanalı içerisine su püskürtülerek nemlendirilmiş sıcak hava kurutma ortamına alınmaktadır.

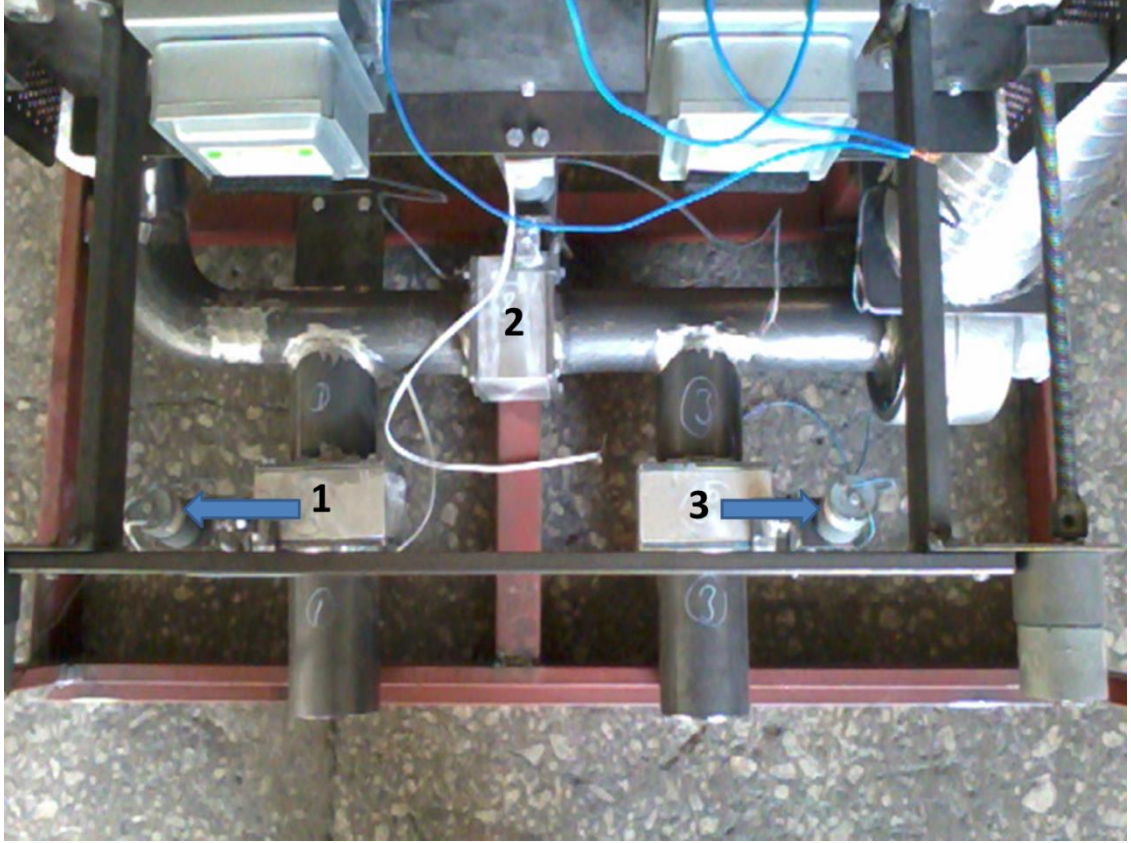
Kurutma sistemi içerisinde yer alan yöntemler tek başlarına kullanılabilirdiği gibi farklı kombinasyonlarla çalıştırılarak kurutma işlemine devam edilebilmektedir. Sistemde güç kaynağı olarak elektrik kullanılmaktadır.



Şekil 3.10. Nemlendirme sistemi

Kurutma odası merkezine yerleştirilen bir sıcaklık sensörü (DS18B20) ile oda sıcaklığı, K tipi sıcaklık probu ile tepsi sıcaklıkları ve hava giriş bölümünün üst kısmına monte edilen ısı ve nem sensörü (STH11) ile hava giriş koşulları takip edilmektedir. Sistem içerisinde dış ortam havası kullanılmıştır.

Hava giriş ve çıkış kanalları kurutma sisteminin arka kısmında bulunmaktadır. Hava kanalları birbirlerine bağlantılıdır ve kanallarda bulunan üç klappe ile hava karışım oranı ayarlanabilmektedir (Şekil 3.11). Her klappe kendine ait olan bir DC motor ile yönlendirilmektedir. Hava 3 numaralı kanaldan sisteme giriş yapmakta, 1 numaralı kanaldan sistemi terk etmektedir. Sistemin ihtiyacı %100 dış ortam havası ise 2 numaralı ortak kanal klapesi kapatılırken, 1 ve 3 numaralı kanallar tamamen açık konuma getirilir. Kurutma sistemi hava kanallarındaki klapeleler %50 açık konumla ayarlanarak denemeler boyunca sistem %50 dış ve %50 iç ortam havası ile çalışılmıştır. Bu durumda dışarıdan sistemin ihtiyacı olan temiz hava ile kurutma sisteminin kullandığı hava 2 numaralı kanalda karıştırılarak tekrar kurutma odasına verilmiştir.



Şekil 3.11. Hava giriş-çıkış kanalları

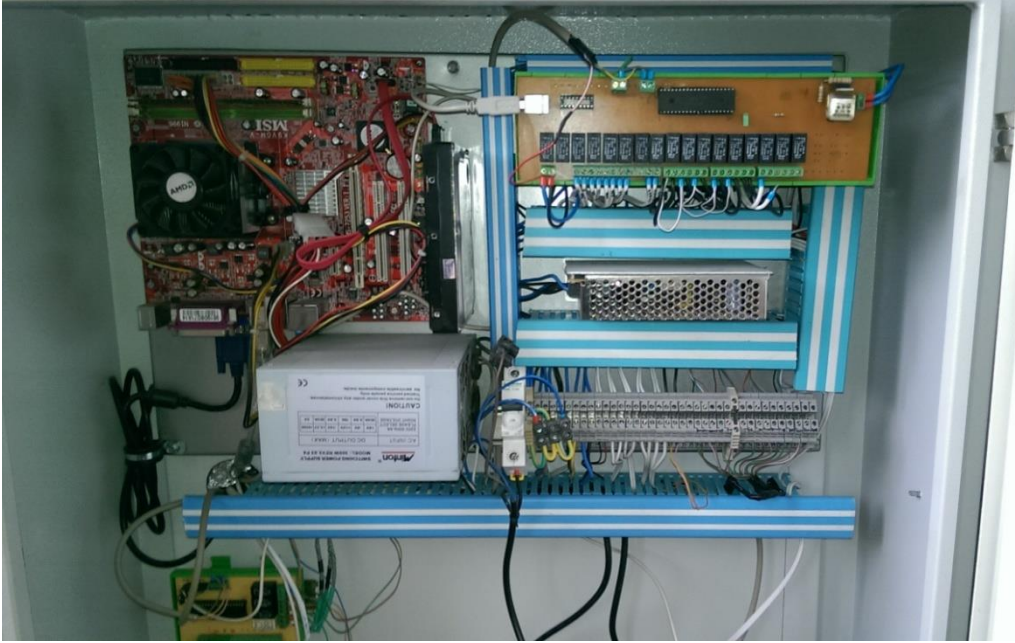
Kurutma sistemi bir ana bilgisayar üzerinden kontrol edilmektedir. Kontrol sistemi monitör, kontrol ünitesi ve hard diskten oluşmaktadır (Şekil 3.12). Yazılım için Microsoft Visual Basic programı kullanılmıştır. Kontrol USB port röle kontrol kartı ile sağlanmaktadır. Bir mikroçip işlemci ile kontrol ana bilgisayara USB kanalı ile iletilmektedir. Ana bilgisayara iletilen veriler Microsoft Excel tabanında kaydedilmektedir. USB port röle kontrol kartı ile;

- Sistem başlatma ve durdurma,
- Kurutma havası sıcaklığı,
- Kurutma havası hızı,
- Mikrodalga gücü ve uygulama süresi,
- Kızılötesi ışın gücü ve materyale yaklaşma mesafesi,
- Kurutma odası nem değeri,
- Kurutma odası sıcaklığı,
- Tepsi ağırlıklarının takibi ve ağırlık ayarlanması,
- Hava giriş çıkış kanallarının açıklık oranları kontrol edilir.

Kurutma işlemi devam ederken sürekli takip edilen değerler;

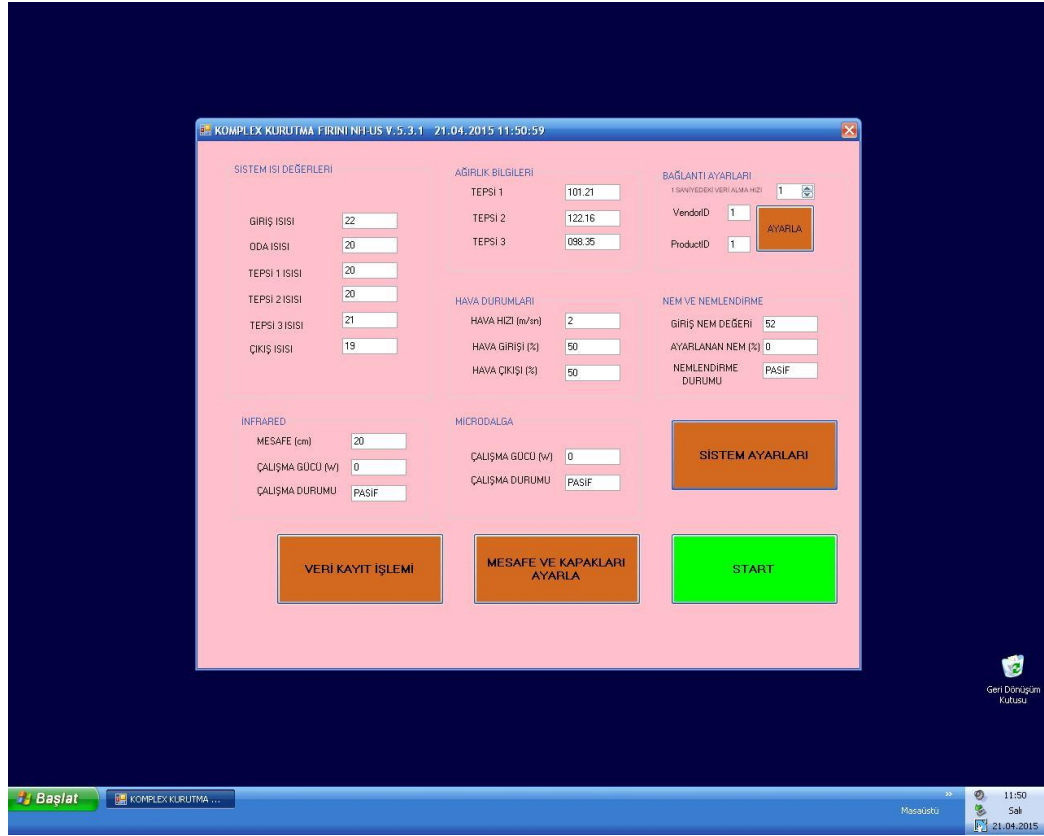
- Hava giriş ve çıkış sıcaklıkları,
- Her bir tepsinin ağırlıkları,
- Kurutma odası iç ortam bağıl nem değerleri,
- Kurutma şartlarının devamlılığıdır.



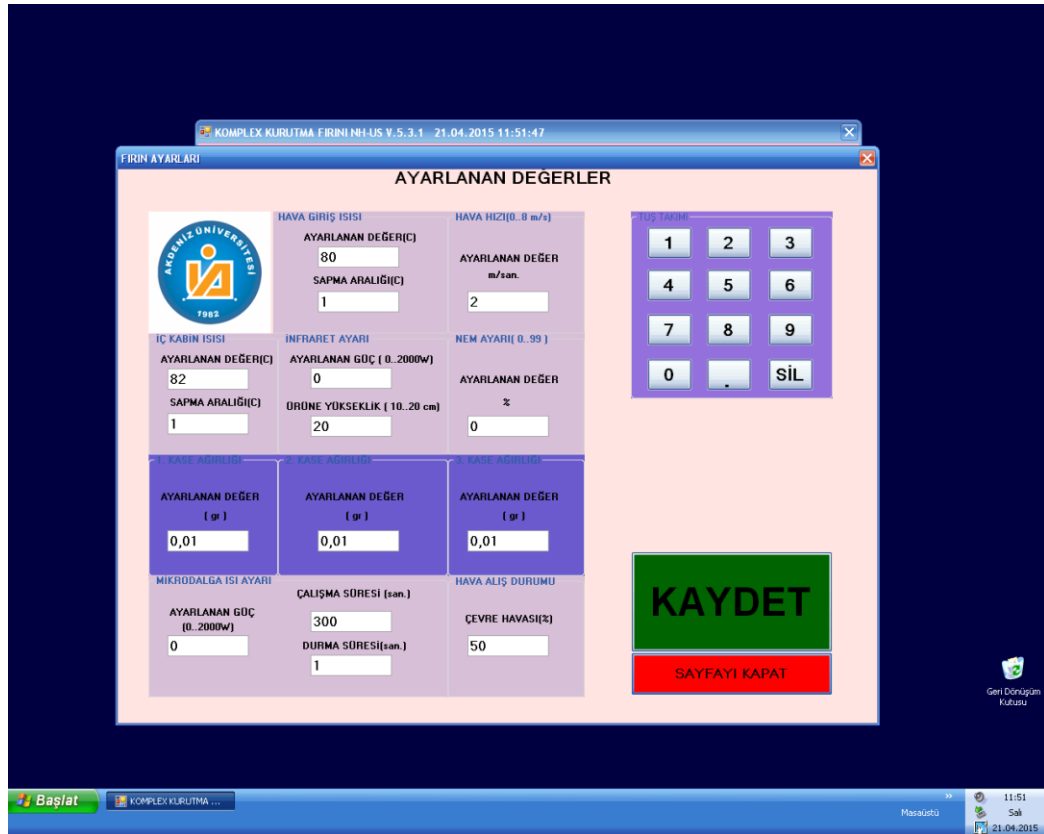


Şekil 3.12. Kontrol sistemi ve bilgisayar ünitesi

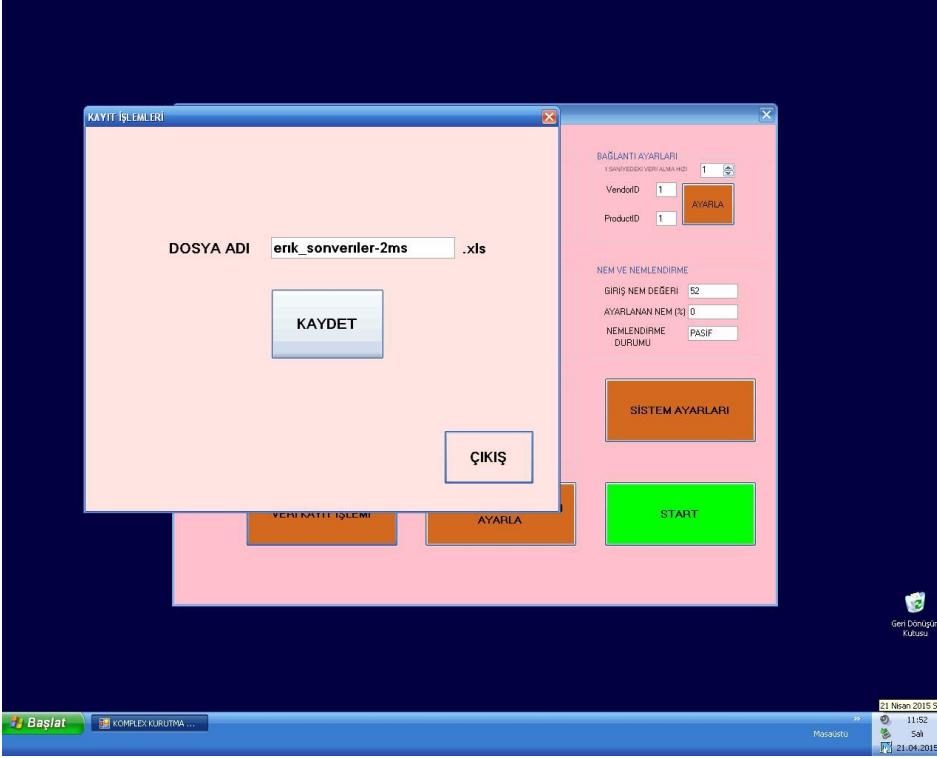
Sistemin ayarlamasını yapmak için program başlatıldığında ana takip sayfası ekrana gelir (Şekil 3.13). Ana takip sayfasında kurutma işlemi boyunca sürekli veri akışı bulunmaktadır. Bu sayfada “Sistem Ayarları” butonu ile çalışma esnasında istenilen veri girişi yapılır (Şekil 3.14). Veri girişi yapıldıktan sonra ana takip sayfasından “Veri Kayıt İşlemi” butonu kullanılarak çalışma dosyası açılır (Şekil 3.15). Yeni çalışma dosyasının adı verilerek o günkü ya da o anda yapılan çalışmanın kayıt yeri belirlenmiş olunur. Eğer herhangi bir yeni dosya açılmaz ise sistem bir önce kaydedilen dosyanın üzerine yeni girilen düzenleme ile verilerin kaydına devam eder.



Şekil 3.13. Ana takip sayfası



Şekil 3.14. Sistem veri giriş (sistem ayarları) sayfası



Şekil 3.15. Veri kayıt sayfası

Bu işlemler tamamlandıktan sonra yeşil renkte olan “Start” butonu ile sisteme başlama komutu verilir. Çalışmaya başladığı anda buton rengi kırmızıya dönerek “Stop” yazısı etkin hale gelir. Böylelikle sistem çalışmaya başladıktan sonra istenildiği anda manuel olarak durdurulabilir ve tekrardan çalıştırılabilir özelliğindedir. Sistem bu şekilde durdurulduğu zaman kayıt işlemi kaldığı yerden devam eder.

Sistem ayarlamaları yapıp çalıştırıldığı andan itibaren kontrol ünitesi devreye girer. Herhangi bir arıza ya da hata oluştuğu anda sistem otomatik olarak kapanarak kendini korumaya alır. Tepsilerin her biri kontrol edilir ve istenilen ağırlığa ulaşıldığı anda sistem kendini kapatmaya ayarlanmıştır. Çalışma esnasında her dakika için iki veri olacak şekilde sistem excel tabanında kayıt yapmaktadır (Şekil 3.16). Böylelikle kurutma işlemi boyunca kendi başına çalışarak kontrol ve takip işlemlerini yapar. Kurutma işlemi tamamlandığında yani ürün istenildiği ağırlığa indiği anda sistem otomatik olarak çalışmasını tamamen durdurur.

Elektrik kesintisi veya elektrik dalgalanmaları esnasında çalışan bütün sistemler askıya alınır, sadece veri kayıt işlemi devam eder. Bu durumlar için kontrol panosu içerisine yerleştirilen ve 15 dakika boyunca indikatör, bilgisayar ve monitörü çalıştıracak kapasitede bir jeneratör bulunmaktadır (Şekil 3.1). Bu jeneratör ile elektrik kesintisi nedeni ile sistem dursa bile kurutma odası şartları ve tepsilerde oluşan değişiklik takip edilerek kayıt işlemi devam ederken sesli olarak bir elektrik kesintinin oluştuğu uyarısı verilir. Elektrik arızası giderildiği anda sistem otomatik olarak devreye girer ve herhangi bir aksama olmadan işleme devam edilir.

TARİH & SAAT	TEPSİ(Gr)	TEPSİ(Gr)	TEPSİ(Gr)	TEPSİ(C)	TEPSİ(C)	TEPSİ(C)	GRIS ISI DEĞERİ(C)	ÇIKIS ISI DEĞERİ(C)	ODA ISI DEĞERİ(C)	HAVA HIZ(M/sn)	NEMLENDİRME(%)	IR YÜKSEKLİK(cm)	IR GÜCÜ(W)	MICRODALGA GÜCÜ(W)
2 13.11.2014 10:26	240.79	262.08	248.60	63	43	64	69	47	53	2	7	20	500	0
3 13.11.2014 10:27	240.88	262.08	248.77	63	43	64	69	47	53	2	7	20	500	0
4 13.11.2014 10:27	240.95	262.08	248.77	72	52	71	69	50	53	2	7	20	500	0
5 13.11.2014 10:28	240.95	261.95	248.84	80	60	76	69	54	54	2	7	20	500	0
6 13.11.2014 10:28	240.93	261.95	248.75	80	60	76	69	54	54	2	7	20	500	0
7 13.11.2014 10:29	240.93	262.02	248.75	96	67	84	70	58	54	2	7	20	500	0
8 13.11.2014 10:29	240.93	261.90	248.84	87	67	84	71	59	55	2	7	20	500	0
9 13.11.2014 10:30	240.75	261.90	248.78	87	67	84	71	59	55	2	7	20	500	0
10 13.11.2014 10:30	240.93	261.88	248.78	82	65	85	72	60	55	2	7	20	500	0
11 13.11.2014 10:31	240.93	261.79	248.84	63	50	72	72	51	56	2	7	20	500	0
12 13.11.2014 10:31	241.10	261.79	248.87	63	50	72	72	51	56	2	7	20	500	0
13 13.11.2014 10:32	240.84	261.63	248.87	54	44	66	70	47	56	2	7	20	500	0
14 13.11.2014 10:32	240.84	261.68	248.98	52	42	62	68	43	55	2	7	20	500	0
15 13.11.2014 10:33	240.54	261.68	248.84	52	42	62	68	43	55	2	7	20	500	0
16 13.11.2014 10:33	240.68	261.77	248.84	89	52	72	67	49	54	2	7	20	500	0
17 13.11.2014 10:34	240.88	261.72	248.95	81	61	79	68	55	55	2	7	20	500	0
18 13.11.2014 10:34	240.77	261.72	248.95	86	68	86	69	59	56	2	7	20	500	0
19 13.11.2014 10:35	240.77	261.72	248.95	86	68	86	69	59	56	2	7	20	500	0
20 13.11.2014 10:35	240.77	261.66	248.05	88	68	87	71	61	56	2	7	20	500	0
21 13.11.2014 10:36	240.92	261.60	248.05	82	66	85	72	59	57	2	7	20	500	0
22 13.11.2014 10:36	240.66	261.61	248.05	82	66	85	72	59	57	2	7	20	500	0
23 13.11.2014 10:37	240.56	261.52	248.13	63	52	73	72	52	57	2	7	20	500	0
24 13.11.2014 10:37	240.66	261.52	248.05	54	44	67	71	47	56	2	7	20	500	0
25 13.11.2014 10:38	240.65	261.56	248.05	54	44	67	71	47	56	2	7	20	500	0
26 13.11.2014 10:39	240.65	261.45	248.95	50	40	62	69	43	56	2	7	20	500	0
27 13.11.2014 10:39	240.27	261.45	249.04	54	44	63	67	43	55	2	7	20	500	0
28 13.11.2014 10:39	240.45	261.49	249.04	54	44	63	67	43	55	2	7	20	500	0
29 13.11.2014 10:40	240.45	261.43	249.07	72	55	73	67	50	56	2	7	20	500	0
30 13.11.2014 10:40	240.63	261.43	249.16	82	63	81	68	55	56	2	7	20	500	0
31 13.11.2014 10:41	240.47	261.41	249.16	87	63	81	68	55	56	2	7	20	500	0
32 13.11.2014 10:41	240.47	261.31	249.11	87	67	86	69	59	57	2	7	20	500	0
33 13.11.2014 10:42	240.25	261.31	249.04	89	71	89	71	62	58	2	7	20	500	0
34 13.11.2014 10:42	240.45	261.32	249.04	89	71	89	71	62	58	2	7	20	500	0
35 13.11.2014 10:43	240.45	261.14	249.05	85	68	86	72	61	58	2	7	20	500	0
36 13.11.2014 10:43	240.61	261.14	249.05	64	52	74	72	53	58	2	7	20	500	0
37 13.11.2014 10:44	240.36	261.18	249.05	64	52	74	72	53	58	2	7	20	500	0
38 13.11.2014 10:44	240.36	260.96	248.98	55	46	69	71	47	56	2	7	20	500	0
39 13.11.2014 10:45	240.36	260.96	249.00	50	42	63	69	44	57	2	7	20	500	0

Şekil 3.16. Verilerin excel formatında gösterimi

### 3.1.2. Ürün temini ve paketleme

Stanley erik çeşidi; Avrupa erik çeşitlerindedir (*Prunus domestica*) ve Ağustos ayının son haftasında olgunlaşır. Çalışma kapsamında Antalya'nın Korkuteli İlçesinden temin edilen "Stanley" erik çeşidi kullanılmıştır. Meyveler 2013 ve 2014 yılı Ağustos ayının son haftası olmak üzere iki hasat döneminde toplanmıştır. Erik örnekleri denemelerde kullanılmaya kadar Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü deposunda 0-1°C'lik sıcaklıkta depolanmıştır.

Kurutma işlemi tamamlandıktan sonra örnekler vakum poşetlerinde MG 42 vakum makinası kullanılarak paketleme işlemi yapılmıştır. Paketleme işleminden sonra kodlanmış etiketler ile ürünlere uygulanan kurutma koşulları tanımlanmıştır (Şekil 3.17).

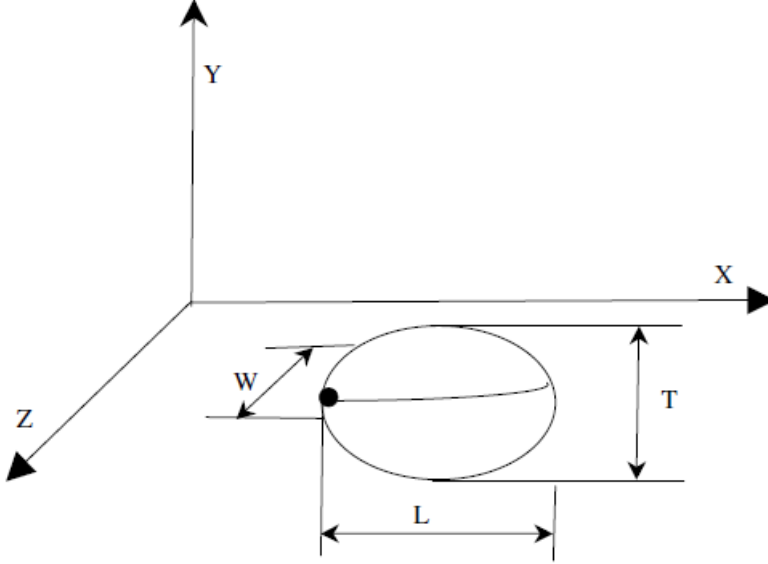


Şekil 3.17. Paketlenen örnekler

### 3.2. Metot

#### 3.2.1. Teknolojik işlemler

Denemelerde kullanılan meyvelerin ortalama boyutları Ertekin vd (2006) yaptıkları çalışmadaki gibi ölçülmüştür (Şekil 3.18). Her denemede dijital kumpas ( $\pm 0.01$  mm) kullanılarak yaklaşık 30 örneğin meyve boyu (L), eni (W) ve kalınlığı (T) belirlenerek ortalaması alınmıştır.



Şekil 3.18. Stanley eriğinin boyutlarının belirlenmesi

Yapılan çalışma için öncelikle örneklerden dal, yaprak vb. yabancı maddelerin ayıklama işlemi yapılmıştır. Daha sonra kuruma tekdüzeliğini sağlamak için örnekler büyüklüklerine göre ayrılmıştır. Sınıflandırma işlemi tamamlandıktan sonra üstlerindeki toz ve kirden arındırmak için su ile yıkama işlemi yapılmış ve üzerlerindeki fazla sudan arındırmak için kurulama kağıtları kullanılmıştır (Şekil 3.19).

Deneme desenine göre denemelerde iki grup örnek kullanılmıştır. Birinci grupta örneklerin üzerlerindeki mum tabakasını zayıflatabilmek için 15 s süresince soğuk su içerisinde %1'lik NaOH çözeltisi (Yağcıoğlu 1996; 1999; Cemeroğlu 2004) uygulanmıştır. Uygulama sonrası örneklerin üzerinde kalıntı kalmaması için yıkama işlemi yapılmıştır. Bu yıkama işlemi sırasında pH kağıdı kullanılarak örneklerin yıkama suyunun nötr durumu gözlenmiştir. Örneklerin nötr duruma gelmesi, yıkama kabındaki suyun yedinci kez değiştirildiği zaman ulaşılmıştır (Şekil 3.20).

İkinci grup örneklerde ise yıkama işlemi dışında herhangi bir işlem uygulanmamıştır. Her iki örnek içinde yıkama işlemi gerçekleştirildikten sonra kurutma sistemine yerleştirilmeden önce üzerlerindeki fazla sudan arındırılmıştır.

Çalışma boyunca her bir kurutma tepsinine sekiz adet toplamda yirmi dört adet örnek yerleştirilmiştir. Kurutma işlemi sırasında her bir tepsiye ortalama olarak  $335 \pm 0.5$  g meyve konulmuştur.



Şekil 3.19. Denemeye hazırlanan örnekler



Şekil 3.20. Ön işlem (%1 NaOH) uygulanan örneklerin yıkanması

Örneklerin karışmasını önlemek için ön işlem gören örneklere “A” ve ön işlem görmeyen örneklere “B” kodlaması yapılmıştır. Kurutma işleminde 2 m/s sabit giriş havası hızı kullanılmıştır. Deneme düzeni aşağıda verildiği şekilde oluşturulmuştur;

1. Isıtılmış hava ile kurutma;
  - a. Kurutma havası sıcaklığı 60°C,
  - b. Kurutma havası sıcaklığı 70°C,
  - c. Kurutma havası sıcaklığı 80°C,
  
2. Mikrodalga ışın destekli ısıtılmış hava ile kurutma;
  - a. Mikrodalga gücü 300 W
    - Kurutma havası sıcaklığı 60°C,
    - Kurutma havası sıcaklığı 70°C,
    - Kurutma havası sıcaklığı 80°C,
  
  - b. Mikrodalga gücü 400 W
    - Kurutma havası sıcaklığı 60°C,
    - Kurutma havası sıcaklığı 70°C,
    - Kurutma havası sıcaklığı 80°C,
  
  - c. Mikrodalga gücü 500 W
    - Kurutma havası sıcaklığı 60°C,
    - Kurutma havası sıcaklığı 70°C,
    - Kurutma havası sıcaklığı 80°C,
  
3. Kızılötesi ışın destekli ısıtılmış hava ile kurutma
  - a. Kızılötesi ışın gücü 300 W
    - Kurutma havası sıcaklığı 60°C,
    - Kurutma havası sıcaklığı 70°C,
    - Kurutma havası sıcaklığı 80°C,
  
  - b. Kızılötesi ışın gücü 400 W
    - Kurutma havası sıcaklığı 60°C,
    - Kurutma havası sıcaklığı 70°C,
    - Kurutma havası sıcaklığı 80°C,
  
  - c. Kızılötesi ışın gücü 500 W
    - Kurutma havası sıcaklığı 60°C,
    - Kurutma havası sıcaklığı 70°C,
    - Kurutma havası sıcaklığı 80°C,

### 3.2.2. Uygulanan analizler

#### 3.2.2.1. Nem içeriği ve kuruma hızı

Çalışmada taze örneklerin nem içeriğini belirlemek için iki yöntem kullanılmıştır. Bunlardan ilki OHAUS marka MB25 model infrared nem ölçer ile 70°C sıcaklıkta ağırlık dengesi sağlanıncaya kadar kurutma işlemi ile örnek nem içeriği belirlenirken, ikinci yöntemde Yağcıoğlu (1999)'nun belirttiği gibi taze örneklerin sıcaklığı 70°C'ye ayarlanan etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulduğu yöntemdir. Bu iki yöntem ile alınan verilerin ortalamaları ile örneklerin ilk nem içeriği belirlenmiştir.

Örneklerin zamana göre nem içeriği değişimini belirlemek için kurutma işlemi sırasında dakikada iki veri olacak şekilde örnek ağırlıklarını otomatik olarak MS Excel ortamında kaydedilmiştir. Kaydedilen veriler gözden geçirilerek 30 dakikalık periyotlarda oluşan değişim hesaplanmıştır. Daha sonra ürün nem içeriği Eşitlik 3.1 kullanılarak hesaplanmıştır (Yağcıoğlu 1999).

$$\% \text{ Nem İçeriği (y.b.)} = \frac{W_y - W_k}{W_y} \times 100 \dots\dots\dots(3.1)$$

$W_y$  : Ürünün yaş ağırlığı (g)  
 $W_k$  : Ürünün kuru ağırlığı (g)

$$W_{su} = W \frac{N_1 - N_2}{100 - N_2} \dots\dots\dots(3.2)$$

$W_{su}$  : Üründen buharlaşan su miktarı (g)  
 $W$  : Ürünün ilk ağırlığı (g)  
 $N_1$  : Ürünün ilk nem oranı (%y.b.)  
 $N_2$  : Ürünün son nem oranı (%y.b.)

Ürünün nem içeriği belirlendikten sonra üründen birim zamanda alınan nem miktarını gösteren kuruma hızı değeri hesaplamalarında Eşitlik 3.3 kullanılmıştır;

$$K.H. = \frac{dM}{dt} = \frac{M_{t+dt} - M_t}{dt} \dots\dots\dots(3.3)$$

K.H. : Kuruma hızı (g su/g kuru madde.dak)  
 $M_t$  : Taze ürün nem içeriği (%y.b.)  
 $M_{t+dt}$  : Ürünün t+dt anındaki nem içeriği (%y.b.)

#### 3.2.2.2. Yeniden su alma kapasitesi

Yeniden su alma kapasitesi kurutma sonrasında ürünün kalite indeksi olarak kullanılır. Kurutma koşulları, ön işlem ve örnek yapısından etkilendiği için kurutma esnasında fiziksel ve kimyasal değişimleri göstermektedir (Feng ve Tang 1998).



Kurutulan meyve örneklerinin yeniden su alma kapasite ölçümleri oda sıcaklığında yapılmıştır (ortalama 20°C). Ortalama 10.700 g olarak tartılan kuru örnekler 500 ml hacimli kavanozda, 400 ml'lik oda sıcaklığında bulunan saf su içerisine bırakılmışlardır (Şekil 3.21). Su içerisine daldırılan kurutulmuş erikler birer saat aralıklarla çıkarılıp üzerlerindeki fazla su alınarak ağırlıkları kaydedilmiştir. Bu işlem her örnek için 8 saat boyunca devam etmiş, son olarak 24 saat sonra tekrar tartılarak deneme sona erdirilmiştir (Ertekin ve Yıldız 2004). Yeniden su alma analizi aynı koşullar altında 3 örneklendirme ile gerçekleştirilmiştir. Yeniden su alma kapasitesi, kurutulmuş ürünün taze ürüne yaklaşımını belirlemek için ıslak ürün ağırlığının taze ürün ağırlığına oranı olarak hesaplanmıştır (Akyıldız 1999).



Şekil 3.21. Erik kurularının yeniden su alma denemesi

Yeniden su alma kapasitesi Eşitlik 3.4 kullanımı ile hesaplanmıştır;

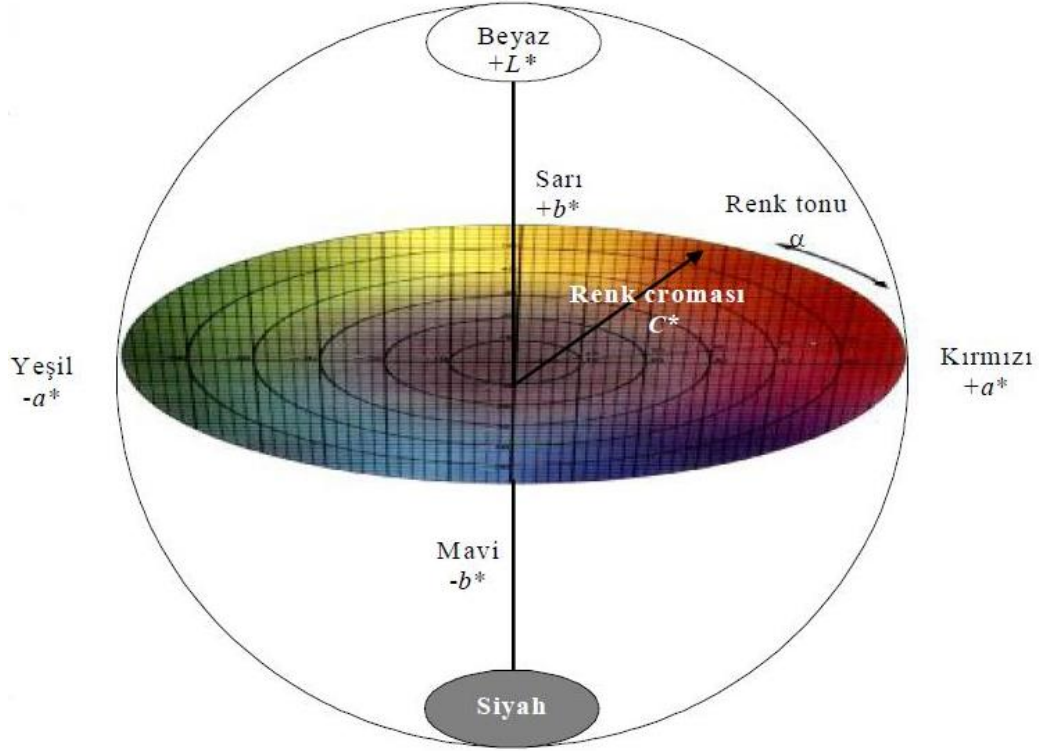
$$RC = \frac{W_1}{W_0} \times 100 \dots\dots\dots(3.4)$$

- RC : Yeniden su alma kapasitesi (%)  
W<sub>0</sub> : Taze erik ağırlığı (g)  
W<sub>1</sub> : Yeniden su alan eriğin ağırlığı (g)

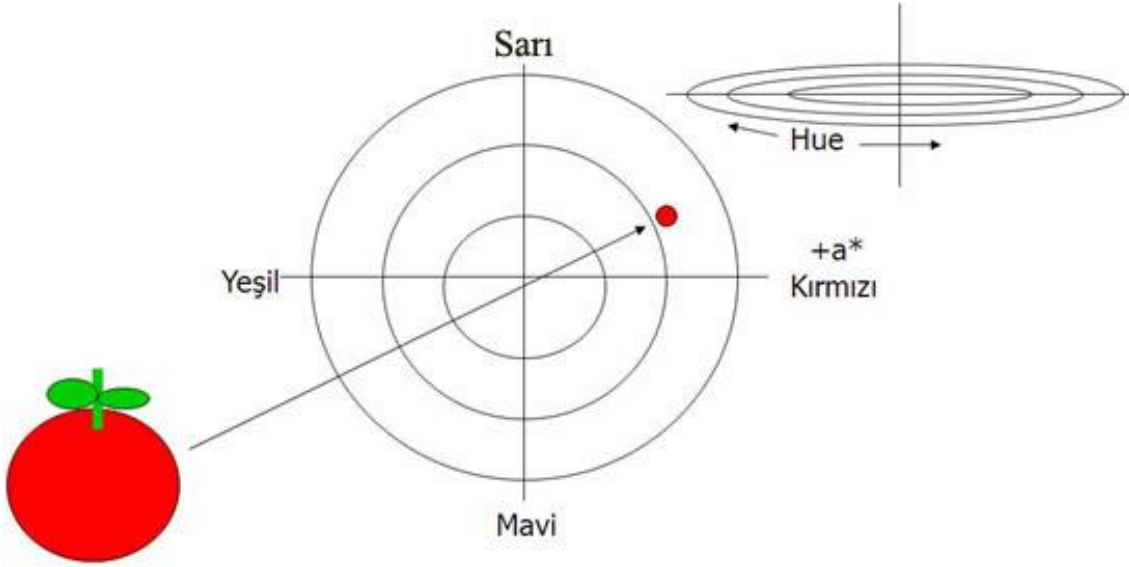
### 3.2.2.3. Renk analizi

Taze ve kurutulmuş erik örneklerinin renk ölçümlerini yapmak için Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nde bulunan Minolta Chromameter (CR-200) kullanılmıştır.

Renk değerleri CEI renk uzayında belirtilen renk parametreleri ile belirlenmiştir.  $L^*$  değeri parlaklığı temsil etmekte olup, 0 ile 100 arasında değişmektedir. Burada siyah "0", beyaz ise "100" değeri ile ifade edilmektedir. Kırmızılık-yeşillik değeri  $a^*$  ile ifade edilir ve -90 ile +90 arasında değişmektedir.  $b^*$  değeri ise mavilik ve sarılığın ifade etmekte olup, -90 ile +90 arasında değişmektedir (Şekil 3.22). Cihaz standart beyaz renge göre kalibre edilmiştir. Taze meyve rengi referans olarak alınmıştır (Sacilik ve Elicin 2006). Renk değerlerinin belirlenmesi amacıyla her kurutma koşulu için 4 örnek rastgele alınmış ve ortalama değerleri kullanılmıştır.

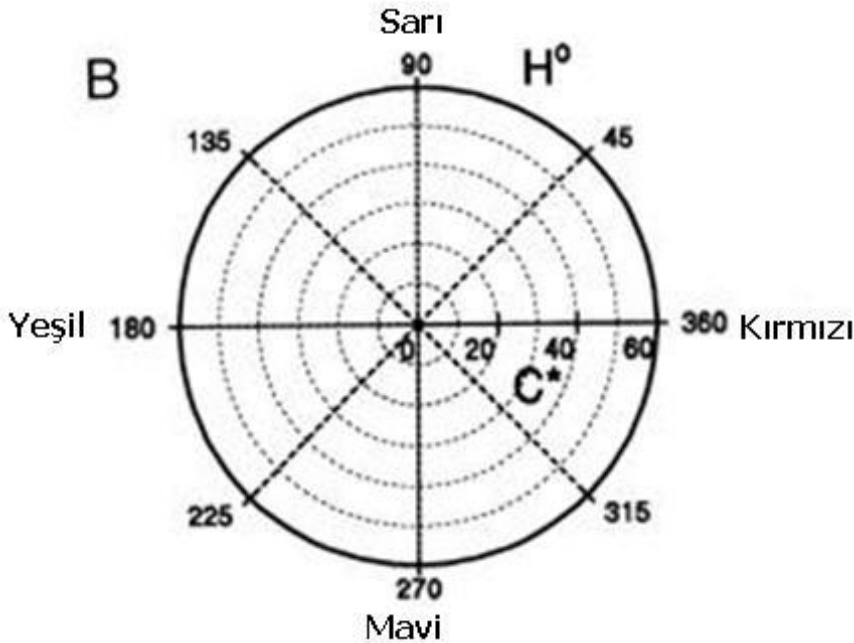


Şekil 3.22. CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  renk uzayı



Şekil 3.23. Bir örneğin renk uzayında bulunduğu yerin şematik gösterimi

Kroma (C), 0 (soluk renk) ve +60 (parlak renk) arasında değişen renk canlılığını ifade eder (Günel ve Erşahin 2006; Çelebi 2011). Kroma değeri, rengin doygunluğunu da göstermektedir. Donuk renklerde kroma değerleri düşerken, canlı renklerde yükselmektedir. Şekil 3.23 ve 3.24’de gösterildiği gibi Hue açısı bir renk dairesi olarak tanımlanmakta olup  $0^\circ$  ve  $270^\circ$  açı değerlerinde kırmızı-mor,  $90^\circ$  açı değerinde sarı,  $180^\circ$  ve  $270^\circ$  açı değerlerinde mavimsi yeşil rengi almaktadır (McGuire 1992).



Şekil 3.24. CIELAB sisteminde renklerin belirtilmesi.

Toplam renk sapması dış etkilere bağlı olarak gıda maddesinde meydana gelen renk farkını ifade eder;

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$\Delta L = L^*_{\text{örnek}} - L^*_{\text{standart}}$$

$$\Delta a = a^*_{\text{örnek}} - a^*_{\text{standart}} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$\Delta b = b^*_{\text{örnek}} - b^*_{\text{standart}}$$

- $\Delta a$  : Kırmızı renk sapması  
 $\Delta b$  : Sarı renk sapması  
 $\Delta L$  : Renk parlaklığı sapması  
 $\Delta E$  : Toplam renk sapması

Örnek renklerinin karşılaştırılması sırasında  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  koordinatlarının yanı sıra, bu değerlerden türetilmiş renk yoğunluğu (Kroma) değeri olan ‘C’ ve renk tonu ölçüsü olan ‘H’ değerleri hesaplanmıştır. C değerleri ve sapmalarının elde edilmesinde Eşitlik 3.7 kullanılmıştır;

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \dots\dots\dots(3.7)$$

Guine ve Barroca (2012) çalışmalarında H değerlerinin hesaplanması sırasında Eşitlik 3.8 kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir;

$$H = \arctg\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \dots\dots\dots(3.8)$$

- H : Renk acısı (hue)  
C : Kroma

Esmerleşme indeksi, kahverengi rengin saflığını temsil etmektedir ve esmerleşme reaksiyonlarının ürün renginde meydana getirdiği değişimleri tanımlamada önemli bir parametredir (Polatçı 2008; Sorour ve El-Mesery 2014). Örneklerin esmerleşme indeksi Eşitlik 3.9 kullanılarak belirlenmiştir;

$$BI = \frac{[100(x - 0.31)]}{(0.17)} \dots\dots\dots(3.9)$$

$$x = \frac{(a^* + 1.75L^*)}{(5.645L^* + a^* - 3.012b^*)} \dots\dots\dots(3.10)$$

- BI : Esmerleşme indeksi

### 3.2.2.4. Özgül ağırlık ve hacimsel büzülme

Taze ve kurutulmuş Stanley Eriklerin hacimlerinde meydana gelen değişimi belirlemek için tolüen yer değişim metodu kullanılmıştır (Mohsenin, 1986). Materyalin üzerine sarması ve materyal içine sızmadan doğru bir ölçüm yapılmasını sağlaması nedeni ile taşıma sıvısı olarak petrol türevi olan tolüen kullanılmıştır. Taze ve kurutulmuş Erikler ağırlıkları tartıldıktan sonra cam mezür (taze Erik için 1000±10 ml ve kuru Erik için 250±2 ml mezür kullanılmıştır) içerisine yerleştirilen tolüenin içerisine bırakılmış ve yükselen sıvı okunarak kayıt altına alınmıştır (Şekil 3.25).

Kurutma işleminden önce taze meyvelerin ortalama hacim değerleri ile her kurutma denemesinin sonunda alınan üç kuru örnek üzerinden veri alınmıştır. Eşitlik 3.11 kullanılarak hacimsel büzülme oranı belirlenmiştir (Koç vd 2008; Heybeli 2006; Seiedlou 2010);

$$S = 1 - \frac{V_s}{V_0} \dots\dots\dots(3.11)$$

- $V_0$  : Kurutmadan önceki ortalama hacim (cm<sup>3</sup>)
- $V_s$  : Kurutmadan sonraki ortalama hacim (cm<sup>3</sup>)
- $S$  : Hacimsel Büzülme (-)



Şekil 3.25. Hacimsel büzülme

### 3.2.2.5. Özgül enerji tüketimi

Özgül enerji tüketimi, örneklerden birim miktarda suyu uzaklaştırmak için gerekli enerji miktarı olarak tarif edilmiş, kWh/kg su veya MJ/kg su olarak verilmiştir. Kurutma sisteminin çalışması boyunca üzerinde bulunan dijital sayaç ile kullanılan

toplam elektrik enerjisi miktarı belirlenmiş, üründen uzaklaştırılan suyun miktarı da hesaplanmıştır. Denemeler esnasında taze ürün ile kuru ürün arasındaki ağırlık farkı bulunmuştur. Bunların sonucunda bir deneme boyunca tüketilen enerjinin o çalışmada örnekten uzaklaştırılan suyun kütlesine oranı özgül enerjiye ulaşılmaktadır ve Eşitlik 3.12 kullanılarak hesaplanmıştır (Das vd 2004; Wang ve Sheng 2006);

$$E_s = \frac{E_T}{W_r} \dots\dots\dots(3.12)$$

- Es : Özgül enerji tüketimi (MJ/kg su)  
ET : Tüketilen elektrik enerjisi miktarı (MJ)  
Wr : Örnekten uzaklaştırılan suyun kütlesi (kg)

#### 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışma kapsamında kullanılan Stanley erik çeşidi meyve boyu (L)  $51.527 \pm 2.09$  mm, eni (W)  $38.460 \pm 1.50$  mm ve kalınlığı (T)  $35.887 \pm 1.55$  mm olarak saptanmıştır. Ertekin vd (2006) yaptıkları çalışmada Stanley eriklerin meyve boyunun (L) 39.39-60.76 mm, eninin (W) 29.16-38.55 mm ve kalınlığının (T) 20.97-35.29 mm aralığında olduğunu belirlemişlerdir. Çalışmada kullanılan meyve boyutları önceden yapılan çalışmada bulunan değerlerle uyumluluk göstermektedir.

Denemelerde 2013 ve 2014 yıllarının Ağustos ayı son haftasında hasat edilen meyvelerin ortalama ağırlığı 41.707 g'dır. Ertekin vd (2006) yılında Antalya bölgesinde yaptıkları çalışmada ortalama meyve ağırlığının 18.53-37.89 g aralığında bulurken, Sonmete (2012) 2008 yılında Eğirdir ekolojik koşullarda yaptığı çalışmada meyve ağırlığını 20-27 Ağustos aralığındaki hasatlarda 37.71 ile 41.50 g olarak, 2 Eylül'deki hasatta 44.08 g'a ulaştığını belirlemiştir. Denemelerde kullanılan ortalama meyve ağırlığının yapılan çalışmalara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Denemelerde ilk nem içeriği %78.62 ile 82.64 (y.b.) arasında değişen meyveler kullanılmıştır. Erik kurutulması üzerine yapılan çalışmalarda kurutma işleminin sonunda elde edilen ürünün son nem içeriğinin %16-19 (y.b.) (Yağcıoğlu 1996, 1999; Anonim 2008) ve %16-20 (y.b.) (Cemeroğlu 2004) olması gerektiği bildirilmiştir. Bu nedenle çalışmada ürünün son nem içeriği %20 (y.b.) olarak seçilmiştir.

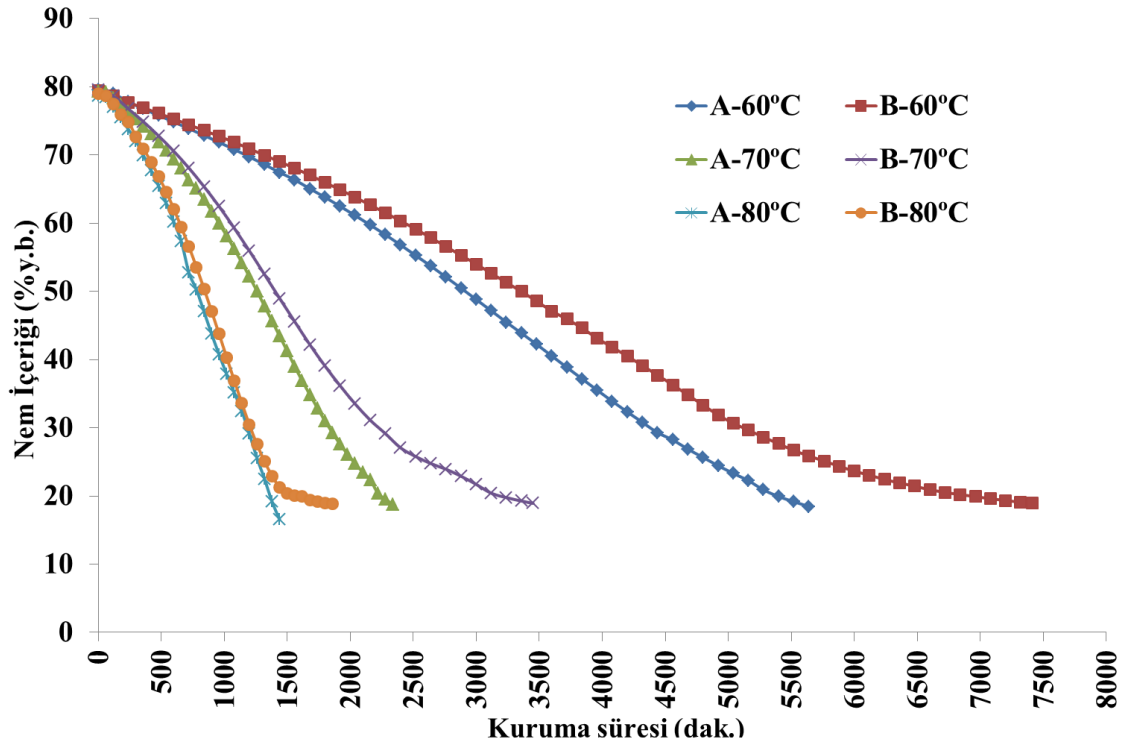
Denemelerde kullanılan Stanley erik çeşidinin çekirdeği çıkarılmadan kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Çalışmada Stanley erik çeşidinin farklı kurutma metodları kullanımında kuruma karakteristiği araştırılmıştır. Denemeler sonucu elde edilen veriler ve bu verilere ilişkin değerlendirmeler aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

##### 4.1. Stanley Erik Çeşidinin Isıtılmış Hava ile Kurutulması

###### 4.1.1. Meyve nem içeriği ve kuruma hızı değişimi

Ön işlem görmüş ve görmemiş Stanley erik çeşidinin kullanıldığı sabit giriş havası hızında (2 m/s) ve üç farklı kurutma havası sıcaklığında (60, 70 ve 80°C) ilk nem içerikleri %78.66 (y.b.) ile %79.52 (y.b.) arasında değişen örnekler %20.00 (y.b.) nem içeriğine kadar kurutulmuşlardır. Ön işlem gören ve görmeyen örneklerin bu koşullarda nem içeriğinin kuruma zamanına göre değişimi Şekil 4.1'de verilmiştir. Kurutma havası sıcaklığı 60°C olduğunda ön işlem gören ve görmeyen örneklerin sırası ile 5390 dak (89 saat 50 dak) ve 6920 dak (115 saat 20 dak) sürelerinde istenilen nem seviyesine indirildiği saptanmıştır. Kurutma havası sıcaklığı 70°C olduğunda kuruma süresi aynı sıra ile 2240 dak (37 saat 20 dak) ve 3190 dak (53 saat 10 dak) olarak gerçekleşmiştir. Kullanılan sıcaklık 80°C'ye çıkarıldığı zaman bu değerler azalarak 1364 dak (22 saat 44 dak) ve 1600 dak (26 saat 40 dak) olarak belirlenmiştir. Her iki örnek için kurutma havası sıcaklığının artışı ile kuruma süresi belirgin bir şekilde azalmıştır. Sıcaklığın artışı ile her iki örneğin kuruma süresinde ortalama %25 azalma olduğu görülmektedir. Literatür çalışmaları incelendiği zaman ısıtılmış hava ile elma (Sacilik ve Elicin 2006; Seiedlou vd 2010; Heybeli ve Ertekin 2007), ön işlem görmüş ve görmemiş vişne (Doymaz 2007), kivi (Kaya vd 2008; Doymaz 2009) ve muzun

(Nguyen ve Price 2007) kurutulmasında uygulanan sıcaklık artışı ile örneklerin kuruma sürelerinin azaldığı belirtilmiştir.



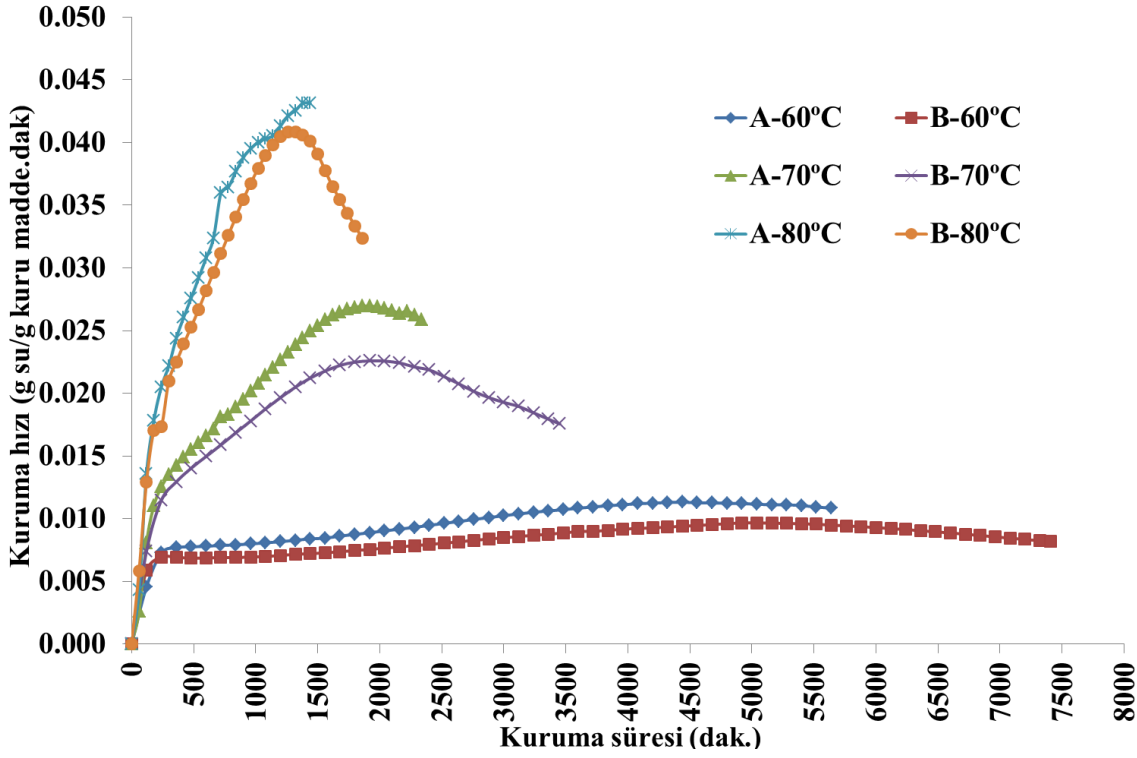
Şekil 4.1. Ön işlem gören ve görmeyen örneklerin farklı kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ile kurutulmasında kuruma süresine bağlı olarak nem içeriği değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Kurutma havası sıcaklıklarına (60, 70 ve 80°C) göre örneklere ön işlem uygulaması veya uygulanmaması durumunda kuruma süresinin sıcaklıklara göre sırasıyla %38.2, 47.86 ve 29.72 oranında azaldığı belirlenmiştir. Sacilik vd (2006b) yaptıkları çalışmada Üryani erik çeşidinin 80°C sıcak su içerisine daldırılarak uygulanan ön işlemin kurutma süresini azalttığını bildirmişlerdir.

Tarhan (2007) yaptığı çalışmada Stanley eriğinin laboratuar tipi kurutucuda kurutulmasında ağırlık azalmasının ön işlem uygulamasının etkisi incelemiştir. Aynı kuruma süresi içerisinde örneklere 60°C'de 1% KOH ya da 1% NaOH bandırma işlemi yapıldığında örneklerdeki ağırlık azalması %75 olurken, 60°C'lik sıcak suya daldırma işlemi ile %55.54 olarak bulunmuştur. Ön işlem görmeyen örneklerde ise ağırlık azalmasının %28.81 olduğu belirlenmiştir.

Örneklerin kuruma hızları Şekil 4.2'de verilmiştir. Örneklere uygulanan kurutma havası sıcaklığının artışı, örneklerin kuruma hızlarının da artmasına neden olmuştur. Kuruma hızı ön işlem gören ve kurutma havası sıcaklığı 80°C olan örnekte en yüksek değerine 0.043 g su/g kuru madde.dak ve en düşük kuruma hızı ön işlem görmeyen örneklerin 60°C kurutma havası sıcaklığında 0.008 g su/g kuru madde.dak olarak belirlenmiştir.

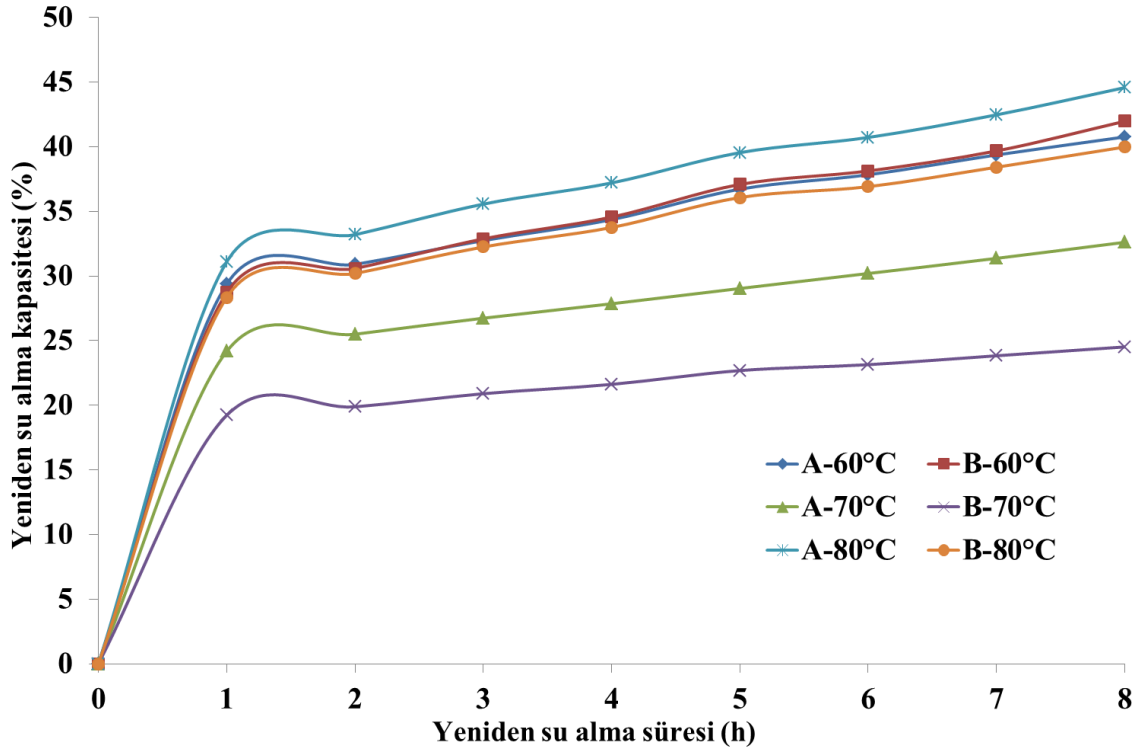




Şekil 4.2. Ön işlem gören ve görmeyen örneklerin farklı kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ile kurutulmasında kuruma süresine bağlı olarak kuruma hızı değişimi (A: Ön işlem gören örnekler; B: Ön işlem görmeyen örnekler)

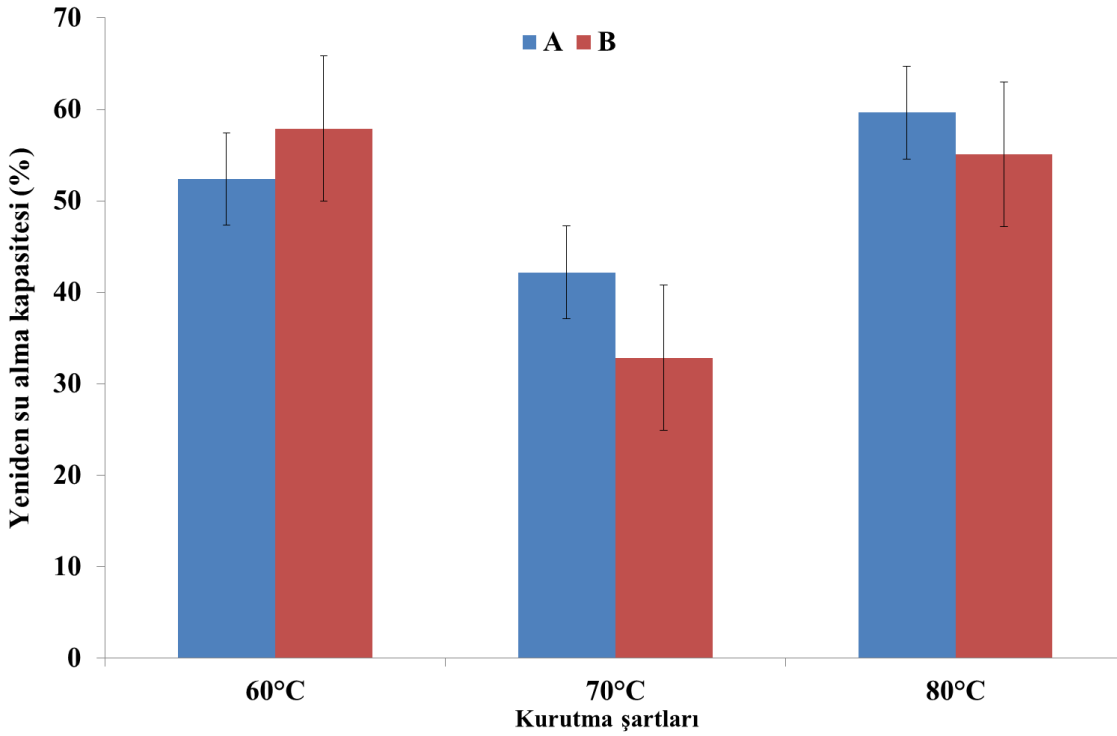
#### 4.1.2. Yeniden su alma kapasitesi

Kurutma işleminden sonra her biri ortalama 10.70 g ağırlığındaki örnekler üç örnekleme olacak şekilde yeniden su alma kapasitesi analizi için ayrılmıştır. Bu örnekler oda sıcaklığının da sekiz saat (Şekil 4.3) süresince takip edildiği gibi 24 saat (Şekil 4.4) sonrada durumları belirlenmiştir. Sekiz saat sonraki ölçümlerde yeniden su alma kapasitesi 60, 70 ve 80°C kurutma havası sıcaklıklarında sırasıyla ön işlem gören örneklerde %40.46, 32.61, 44.58 olurken, ön işlem görmeyen örneklerde aynı sıra ile %41.97, 24.52 ve 39.98 olarak belirlenmiştir. En yüksek kapasite ön işlem gören ve 80°C kurutma havası sıcaklığı uygulanan örneklerde olurken, sekiz saat sonundaki en düşük su alma kapasitesi ön işlem görmeyen örneklerin 70°C sıcaklık uygulamasında elde edilmiştir. Kurutma havası sıcaklığının 60°C olması durumunda ön işlem uygulanan ve uygulanmayan örnekler saatlik ölçümlerde neredeyse aynı su alma yeteneğine sahip olmuşlardır ve her iki örneğe uygulanan 70°C kurutma havası sıcaklığından daha yüksek kapasite elde edilmiştir.



Şekil 4.3. Ön işlem gören ve görmeyen örneklerin farklı kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ile kurutulan örneklerin saatlik yeniden su alma kapasite değişimleri (A: Ön işlem gören örnekler; B: Ön işlem görmeyen örnekler)

Farklı kurutma havası sıcaklığı uygulanan örneklerin 24 saat sonraki yeniden su alma kapasiteleri ön işlem görenler için (60, 70 ve 80°C sıcaklık sırasına göre) %51.38, 42.18 ve 59.63 iken, ön işlem görmeyen örneklerde ise aynı sıra ile %57.90, 32.84 ve 55.10 değerleri elde edilmiştir. Örneklere uygulanan 70°C kurutma havası sıcaklığı yeniden su alma kapasitelerini azaltan bir etki yapmıştır. Her iki örnek için hem 8 saatlik hem de 24 saat sonraki analiz sonuçlarına göre en düşük değer 70°C kurutma havası uygulamasında elde edilmiştir. En yüksek su alma kapasitesi ön işlem görmeyen örneklere 60°C kurutma havası sıcaklığı uygulaması sonucunda bulunmuştur.



Şekil 4.4. Farklı kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ile kurutulan örneklerin 24 saat sonundaki yeniden su alma kapasiteleri (A: Ön işlem gören örnekler; B: Ön işlem görmeyen örnekler)

#### 4.1.3. Renk değişimi

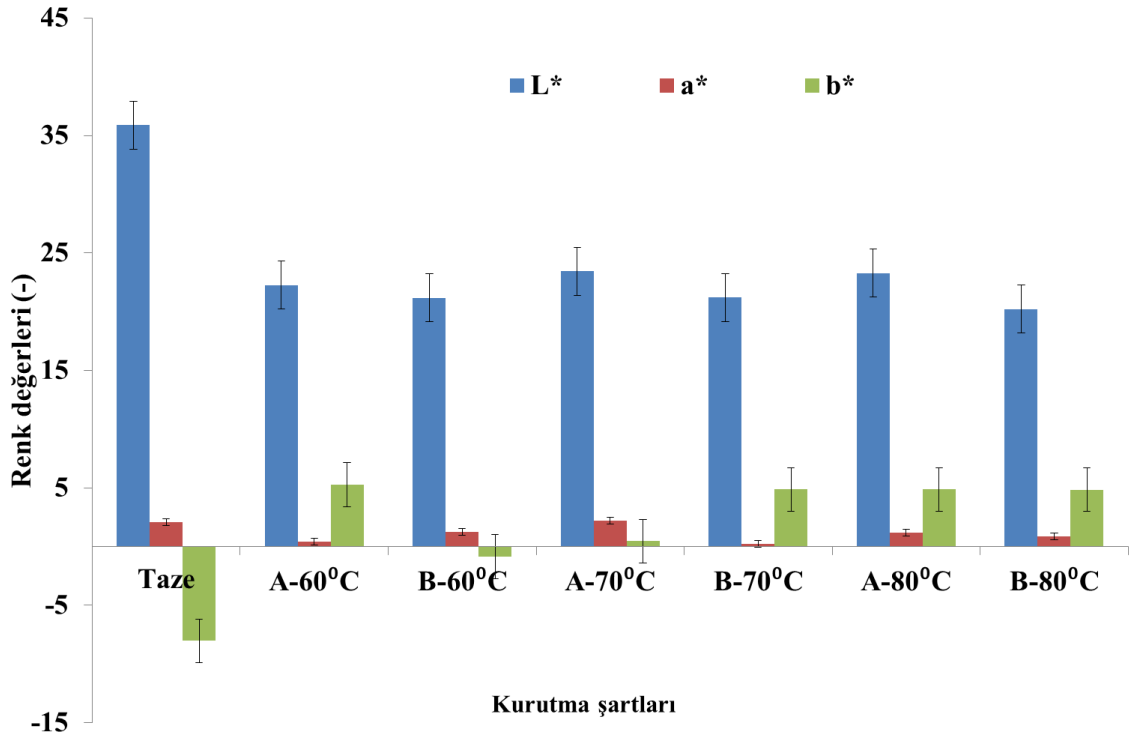
Çalışma süresince alınan 300 taze meyvenin ortalama parlaklık değeri ( $L^*$ )  $35.89 \pm 2.73$ ,  $a^*$  değeri  $2.08 \pm 0.78$  ve  $b^*$  değeri ise  $-8.02 \pm 1.56$  olarak belirlenmiştir.

Taze ve farklı sıcaklık uygulaması ile kurutulan örneklerin renk değişimleri Şekil 4.5'de verilmiştir. Ön işlem gören örneklerin 60, 70 ve 80°C kurutma havası sıcaklıklarında kurutulması sonucunda parlaklık ( $L^*$ ) sırası ile  $22.27 \pm 1.32$ ,  $23.43 \pm 0.78$  ve  $23.29 \pm 1.27$  olarak ölçülmüştür. Ön işlem görmeyen örneklerde yine aynı sıcaklık sıralamasına göre bu değer  $21.16 \pm 0.98$ ,  $21.21 \pm 0.94$  ve  $20.21 \pm 0.22$  olarak bulunmuştur. Ön işlem gören örneklere uygulanan sıcaklığın artması renk parlaklığını arttırırken, ön işlem görmeyen örneklerde azalma meydana gelmiştir.

Kırmızılık (+a)-yeşillik (-a) değeri ön işlem gören örneklerde kurutma havası sıcaklığına (60, 70 ve 80°C) göre sırasıyla  $0.44 \pm 0.16$ ,  $1.25 \pm 0.26$  ve  $1.16 \pm 0.38$  olarak hesaplanmıştır. Ön işlem görmeyen örneklerde bu değer  $1.25 \pm 0.21$ ,  $0.22 \pm 0.07$  ve  $0.86 \pm 1.41$  olarak gerçekleşmiştir. Kurutulan örneklerin kırmızı bölümde kaldığı belirlenmiştir. Kurutma havası sıcaklığının artışı ile ön işlem gören örneklerin kırmızılık değerlerinde artış olurken, ön işlem görmeyen örneklerde azalma oluşmuştur

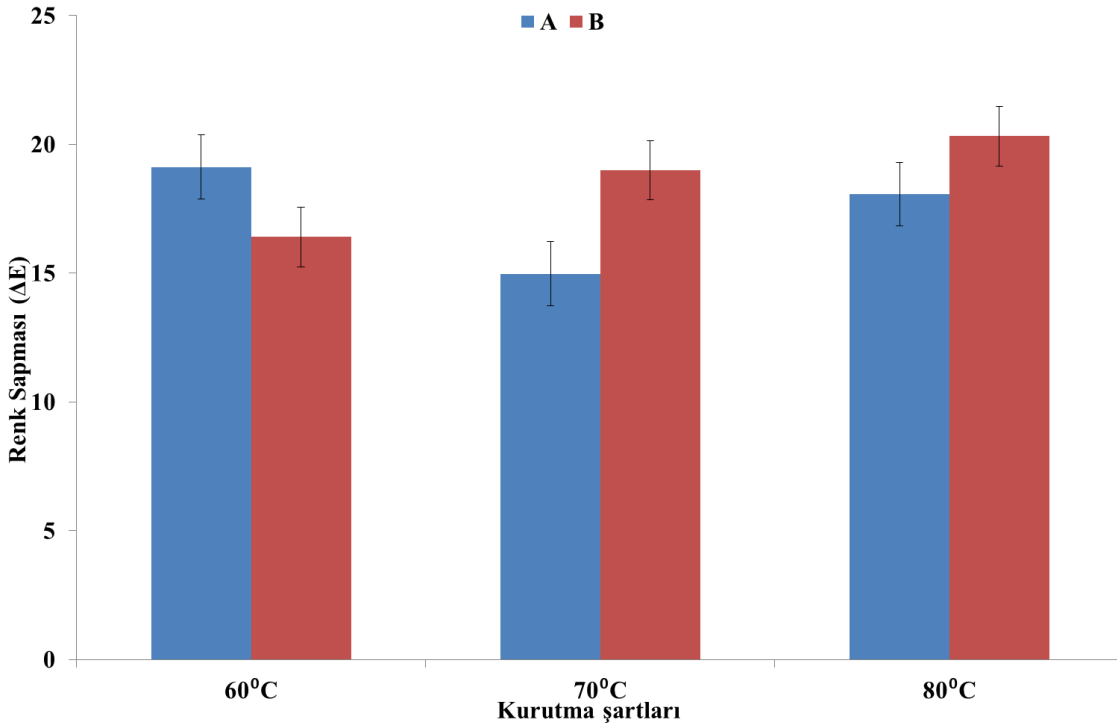
Kurutulan örneklerin sarılık (+b) ve mavilik (-b) değerleri; kurutma havası sıcaklığına (60, 70 ve 80°C) göre ön işlem gören örneklerde  $5.27 \pm 0.38$ ,  $0.46 \pm 0.25$  ve  $4.87 \pm 0.47$ , ön işlem görmeyen örneklerde  $-0.86 \pm 0.05$ ,  $4.87 \pm 0.65$  ve  $4.84 \pm 0.23$  olarak tespit edilmiştir. Taze örneğin  $b^*$  değeri mavilik düzeyindedir, buna karşın örneklerin

kurutulması esnasında  $b^*$  değerlerinin sarılık bölümünde olduğu saptanmıştır. Kurutma havası sıcaklığının  $60^{\circ}\text{C}$  olması durumunda ön işlem görmeyen örneklerde bu değer mavi renk bölgesinde bulunduğu belirlenmiştir. Uygulamalar sonucunda elde edilen verilere göre ön işlem görmeyen örneklerde  $60^{\circ}\text{C}$  kurutma havası sıcaklığında renk skalasında mor renk alanına yakın değerler elde edildiği belirlenmiştir. Diğer örnekler ise  $b^*$  değeri pozitif eksende ilerlediği için örnek renk skalasında koyu kırmızı alanda yer aldığı saptanmıştır.



Şekil 4.5. Taze ve farklı kurutma havası sıcaklığında kurutulan ön işlem görmüş ve görmeyen örneklerin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Şekil 4.6'da kuru erik örneklerinin toplam renk sapmaları ( $\Delta E$ ) verilmiştir. Ön işlem gören örneklerde uygulanan kurutma havası sıcaklığının  $60$ ,  $70$  ve  $80^{\circ}\text{C}$  sırasına göre toplam renk sapması  $19.12 \pm 0.81$ ,  $14.98 \pm 0.40$  ve  $18.07 \pm 1.09$  olarak hesaplanmıştır. Ön işlem gören örneklerde kurutma havası sıcaklığının  $70^{\circ}\text{C}$  uygulamasında toplam renk sapmasının düşük değer aldığı saptanmıştır. Ön işlem görmeyen örneklerde bu değerler aynı sıra ile  $16.40 \pm 0.87$ ,  $19.00 \pm 1.35$  ve  $20.32 \pm 0.03$  olarak bulunmuştur. Ön işlem görmeyen örneklerde uygulanan sıcaklığın artışı ile toplam renk sapmasının arttığı bulunmuştur. Bu durum göstermektedir ki renk değerini iyi derecede muhafaza eden örnekler; ön işlem görenlerin kurutma havası sıcaklığının  $70^{\circ}\text{C}$ , ön işlem görmeyenlerde ise  $60^{\circ}\text{C}$  uygulamasında gerçekleşmiştir. Diğer uygulamalarda ölçülen fark birbirine yakın olup, görsel açıdan olumsuz sonuç doğurmamıştır.



Şekil 4.6. Farklı kurutma havası sıcaklığında kurutulan ön işlem görmüş ve görmeyen örneklerin toplam renk sapmaları (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Çizelge 4.1’de taze ve farklı kurutma havası sıcaklığı ile sabit hava hızında kurutulan örneklerin renk parametreleri verilmiştir. Donuk renklerde kroma (C) değeri düşerken, canlı renklerde artış göstermektedir (Öztürk vd 2013). Buna göre; taze renge göre bütün uygulamalarda kroma rengi düşük olduğu görülmektedir. Ön işlem gören örneklerde 70°C kurutma havası sıcaklığının uygulanması ile diğer sıcaklık uygulamalarından daha mat renk elde edilmiştir. Ön işlem görmeyen örneklerde uygulanan sıcaklığın yükselmesi ile renk canlılığında artış meydana gelmiştir.

Hue (H) açısının sayısal değerinin 0’a yaklaşması kırmızı renk yoğunluğunun arttığını belirtir (Rudell vd 2005). Hue açısı ön işlem gören örneklerin 70°C ve görmeyen örneklerin ise 60°C’lik kurutma havası sıcaklıklarında “0” değerine yakın oldukları saptanmıştır ve örnekte kırmızı renk yoğunluğunun arttığı belirlenmiştir. McGuire (1992) çalışmasında H° değerini bir renk dairesi olarak tanımlayıp kırmızı-mor renkler 0°-270°arasındaki açı değerini almakta iken, sarı 90° açı değerini, mavimsi yeşil renkler ise 180°-270° arasındaki açı değeri ile tanımlandığını belirtmektedir. Bu verilerden yola çıkılırsa taze örnek de ve her iki örneğe uygulanan tüm kurutma havası sıcaklıklarında elde edilen değerler H<90° olduğu için mor bölgesinde olduğu söylenebilir.

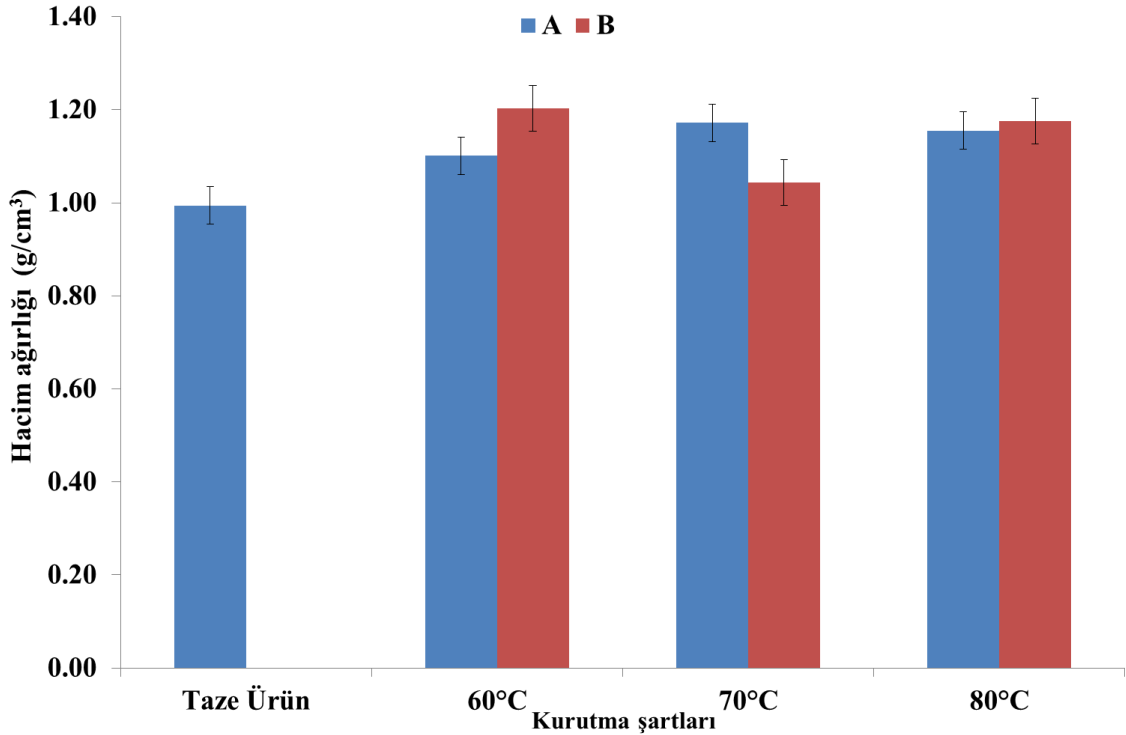
Esmerleşme indeksi (BI) incelediğinde ise ön işlem gören örneklerin 70°C ve görmeyen örneklerin ise 60°C kurutma havası sıcaklığı uygulamasında düşük değerde olduğu saptanmıştır. Her iki örneğe uygulanan diğer sıcaklıklarda ise örnek esmerleşme indeksinin yükseldiği belirlenmiştir. Ön işlem görmeyen örneklere uygulanan sıcaklığın artışı ile esmerleşme indeksinde artış meydana gelmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ile kurutulan örneklerin renk parametreleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

	C	H	BI
Taze erik	8.36	74.501	-
A-60°C	5.29	85.20	27.94
B-60°C	1.52	34.98	0.26
A-70°C	2.27	11.97	8.62
B-70°C	4.87	87.37	26.38
A-80°C	5.03	76.38	26.79
B-80°C	4.92	79.92	29.98

#### 4.1.4. Özgül ağırlık ve hacimsel büzülme

Örneklerin hacim ağırlıkları Şekil 4.7’de, hacimsel büzülme değerlerindeki değişimler ise Şekil 4.8’de verilmiştir. Taze ürünün özgül ağırlığı  $0.994\pm 0.09$  g/cm<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Ertekin vd (2006) çalışmalarında Stanley erik çeşidinin özgül ağırlığının 0.855 ile 1.213 g/cm<sup>3</sup> aralığında değiştiğini rapor etmişlerdir. Literatür ile yapılan çalışmada bulunan sonuç uyum göstermektedir.

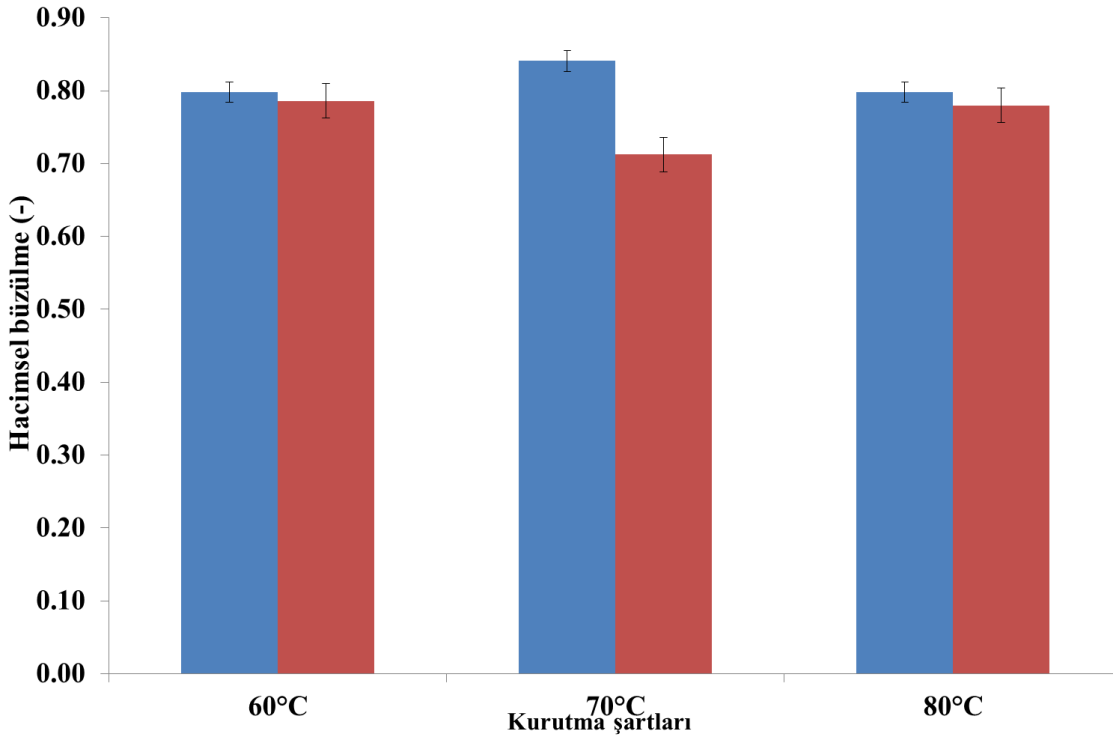


Şekil 4.7. Taze Stanley erik ve sıcak hava ile kurutulan örneklerin özgül ağırlığındaki değişim (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Ön işlem gören örneklere uygulanan 60, 70 ve 80°C kurutma havası sıcaklıklarında örneklerin hacim ağırlıkları sırası ile  $1.10\pm 0.14$ ,  $1.27\pm 0.15$  ve  $1.16\pm 0.15$  g/cm<sup>3</sup> bulunmuştur. Ön işlem görmeyen örneklerde kurutma havası

sıcaklığına göre hacim ağırlıkları sırasıyla  $1.20 \pm 0.14$ ,  $1.04 \pm 0.14$  ve  $1.18 \pm 0.09$  g/cm<sup>3</sup> olmuştur. Taze örneklerle göre kurutulan örneklerin özgül ağırlığının arttığı belirlenmiştir. Krokida ve Marolius (1997) yaptıkları çalışmada havuç ve patatesin konveksiyonla kurutmada nem içeriğinin azalması ile özgül ağırlığının yükseldiğini vurgulamışlardır.

Ön işlem gören örneklerde hacimsel büzülme (60, 70 ve 80°C kurutma havası sıcaklığı sıralamasına göre)  $0.80 \pm 0.03$ ,  $0.84 \pm 0.04$  ve  $0.80 \pm 0.05$  iken, ön işlem görmeyen örneklerde  $0.79 \pm 0.04$ ,  $0.71 \pm 0.04$  ve  $0.78 \pm 0.04$  olarak belirlenmiştir. Kurutma işlemi sırasında büzülme nem difüzyonu ile aynı anda meydana geldiği için ürün neminin uzaklaşma hızını etkilemektedir (Moreira vd 2000). Şekil 4.7 incelendiğinde, ön işlem görmeyen örneklerle 70°C kurutma havası sıcaklığı uygulamasının diğer uygulamalara göre örnek özgül ağırlığının çok düşük olduğu bulunmuştur. Şekil 4.8 incelendiğinde aynı örneklerde en düşük hacimsel büzülmenin olduğu belirlenmiştir. Krokida ve Marolius (1997) çalışmalarında hacim ve şekil değişiminin ürünün geometrisi, kurutma metodu ve kurutma koşullarına bağlı olduğunu belirtmişlerdir.



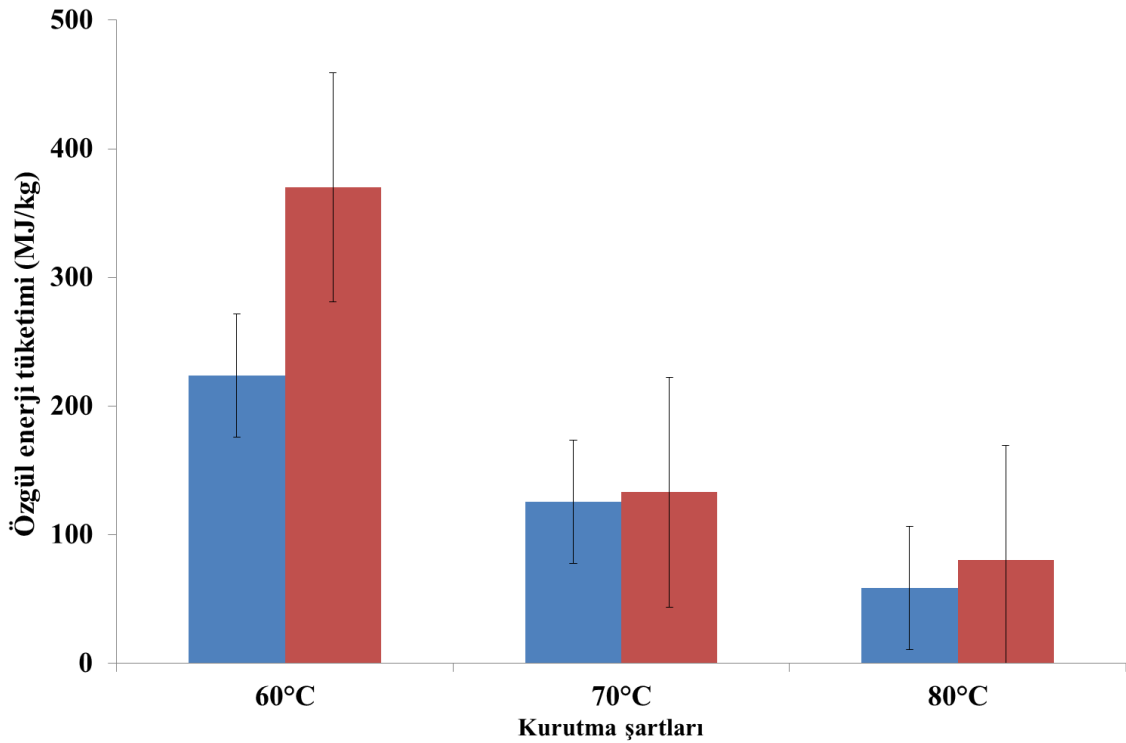
Şekil 4.8. Farklı kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ile kurutulan örneklerin hacimsel büzülme değerleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

#### 4.1.5. Özgül enerji tüketimi

Farklı kurutma havası sıcaklıkları uygulanan örneklerin özgül enerji tüketim değerleri Şekil 4.9'da verilmiştir. Ön işlem gören örneklerle 60, 70 ve 80°C kurutma havası sıcaklığı uygulaması ile özgül enerji tüketimi sırası ile 223.73, 125.65 ve 58.62 MJ/kg su olarak gerçekleşirken, ön işlem görmeyen örneklerde 369.97, 132.99 ve 80.13 MJ/kg su olarak belirlenmiştir. Her iki örneğe uygulanan kurutma havası

sıcaklığının artışı ile özgül enerji tüketiminin azaldığı saptanmıştır. Örneklerin kuruma süreleri özgül enerji tüketimi üzerinde oldukça etkilidir. Kuruma süresi ne kadar kısa olur ise kullanılan enerjide o oranda azalacaktır. Pazı yaprağının 50°C kurutma havası sıcaklığında kurutulduğunda enerji tüketimi 1.94 MJ, 100°C kurutma havası sıcaklığında ise 0.65 MJ olarak hesaplanmıştır (Alibas, 2006). Ertuğrul (2011) melisanın kurutulmasında sabit yüksek sıcaklık uygulamasının enerji tüketimini yaklaşık %31.8 azalttığını bildirmiştir.

Bunun yanında ön işlem gören örneklerin kurutulması sırasında daha az enerji tüketimi olduğu tespit edilmiştir. Ön işlem uygulanmayan örneklere 60°C sıcaklık uygulaması yapıldığı zaman enerji tüketiminin en üst seviyede gerçekleştiği saptanmıştır.



Şekil 4.9. Isıtılmış hava ile kurutma sonrası özgül enerji tüketimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

## 4.2. Stanley Erik Çeşidinin Mikrodalga Destekli Isıtılmış Hava ile Kurutulması

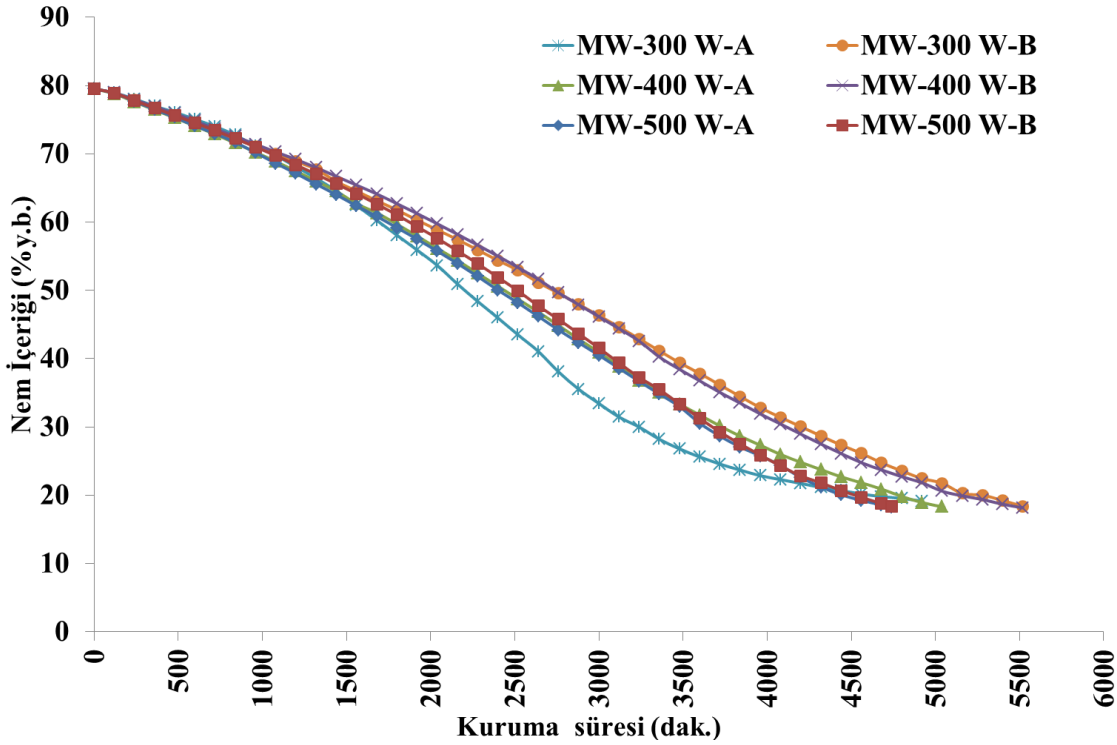
### 4.2.1. Meyve nem içeriği ve kuruma hızı değişimi

Mikrodalga ışın kullanılarak yapılan her bir çalışmada ortalama %79.77±0.12 (y.b.) ilk nem içeriğinde yaklaşık 915 g örnek kullanılmıştır.

Sabit kurutma havası sıcaklığı 60°C ve farklı mikrodalga ışın gücü (300, 400 ve 500 W) kullanılan örneklerin %20 (y.b.) nem içeriğine düşürülmeleri için gerekli süre

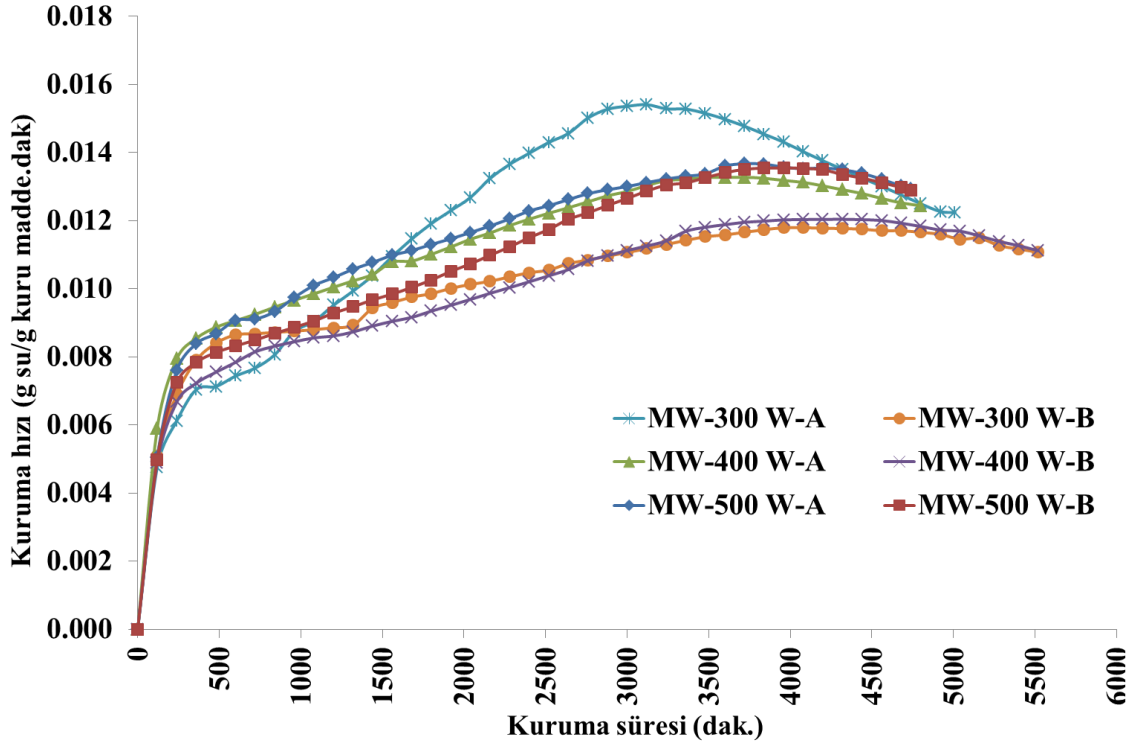


mikrodalga ışın gücü sıralamasına göre ön işlem gören örneklerde 4780 dak (79 saat 40 dak), 4620 dak (77 saat) ve 4450 (74 saat 10 dak) olarak gerçekleşirken, ön işlem görmeyen örneklerde ise 5280 dak (88 saat), 5140 dak (85 saat 40 dak) ve 4520 dak (75 saat 20 dak) olarak saptanmıştır (Şekil 4.10). Örneklere uygulanan mikrodalga gücü düzeyinin artışı ile örneklerin kuruma süresinde azalma oluşmuştur. Ön işlem gören örneklere uygulanan mikrodalga gücünün artışı ile kuruma süresi %6.90 ve ön işlem görmeyen örneklerde ise %14.39 oranında azalma meydana gelmiştir.



Şekil 4.10. Kurutma havası sıcaklığı 60°C ve farklı mikrodalga ışın gücünde kurutulan örneklerin nem içeriği değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

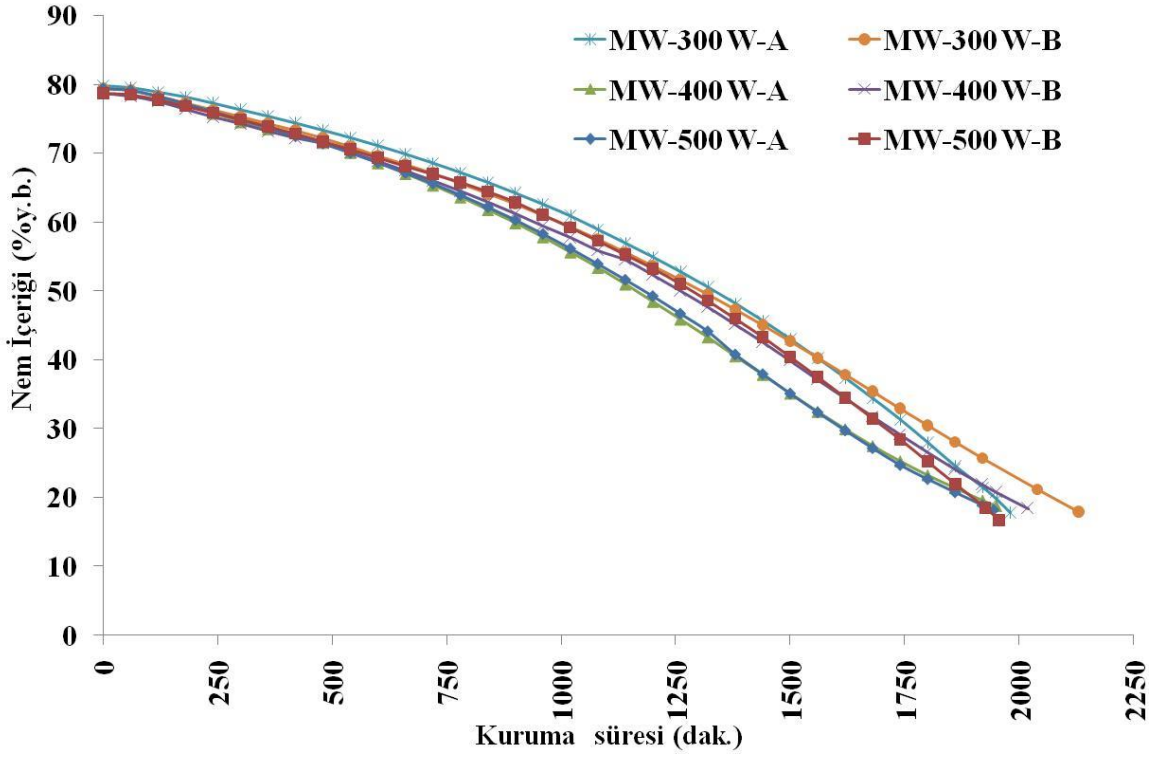
Sabit kurutma havası sıcaklığı ve farklı mikrodalga gücü (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin kuruma hızları Şekil 4.11’de verilmiştir. Ön işlem gören ve 300 W mikrodalga gücü kullanılarak kurutulan örneklerde en yüksek kuruma hızı 0.0154 g su/g kuru madde dak olarak belirlenmiştir. Örneğe uygulanan mikrodalga ışın yoğunluğunun düşük olması nedeniyle örnekten yansımanın da daha az olduğu düşünülmektedir. Kuruma sürecinde örnek sıcaklığının da az, olması mikrodalğanın etkinliğini arttırmış ve örneğe uygulanan ön işlem de etkili olmuştur. Ön işlem gören örneklere 400 W mikrodalga gücü uygulaması ile ön işlem gören ve görmeyen örneklere 500 W mikrodalga gücü uygulandığı zaman kuruma hızları birbirlerine yakın gerçekleşirken, ön işlem görmeyen örneklere uygulanan 300 ve 400 W mikrodalga gücü seviyelerinde kuruma hızları diğer uygulamalara göre daha düşük ve birbirlerine yakın olarak belirlenmiştir.



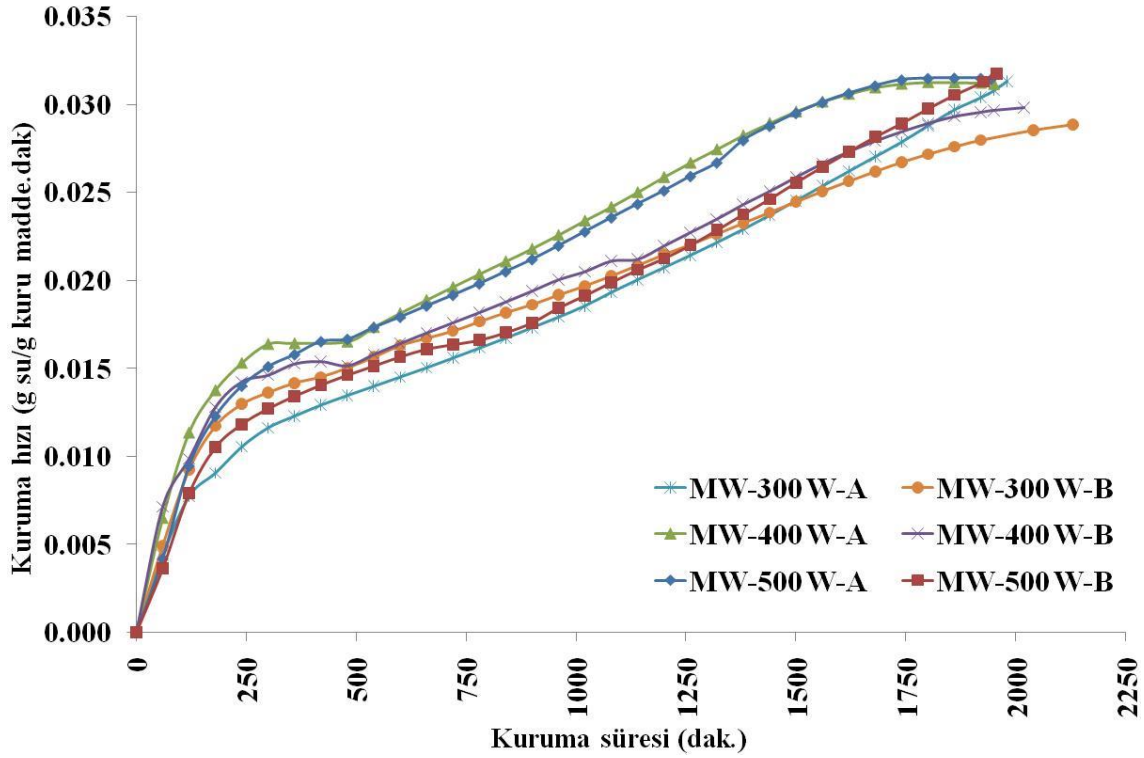
Şekil 4.11. Kurutma havası sıcaklığı 60°C ve farklı mikrodalga ışın gücünde kurutulmuş örneklerin kuruma hızı değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Örneklerin 70°C sabit kurutma havası sıcaklığı ve farklı mikrodalga gücü (300, 400 ve 500 W) uygulamasında nem içeriği (Şekil 4.12) ve kuruma hızlarındaki değişimler (Şekil 4.13) belirlenmiştir. İlk nem içeriği ortalama %79.21 (y.b.) olan taze örneklerin son nem içeriği %20 (y.b.)'a ulaşmaları için geçen süre, ön işlem gören örneklerde (300, 400 ve 500 W mikrodalga gücü sıralamasına göre) 1946 dak (32 saat 26 dak), 1904 dak (31 saat 44 dak) ve 1902 dak (31 saat 42 dak) olarak bulunmuştur. Ön işlem görmeyen örneklerde bu süre 2073 dak (34 saat 33 dak), 1972 dak (32 saat 52 dak) ve 1898 dak (31 saat 38 dak) olarak belirlenmiştir. Mikrodalga güç seviyesinin artışı sonucunda kuruma süreleri ön işlem gören örneklerde %2.31, ön işlem görmeyen örneklerde %9.22 oranında azalmıştır. Ön işlem gören örneklerde kuruma süresi birbirlerine yakın gerçekleşmiştir. Örneklere ön işlem uygulamasının da kuruma süresini etkilediği görülmüştür.

Kuruma hızlarına bakıldığında zaman en yüksek değer ön işlem gören örneklerin 400 ve 500 W mikrodalga gücü uygulamalarında 0.031 g su/g kuru madde.dak olarak gerçekleşmiştir. Ön işlem gören örneklere 400 ve 500 W uygulaması, örnek kuruma hızları çok yakın iken diğer uygulamalarda daha düşük seviyelerde birbirlerine paralel değerler elde edilmiştir. Kuruma işleminin sonuna doğru örnek kuruma hızı değişimlerinin farklılaştığı belirlenmiştir.

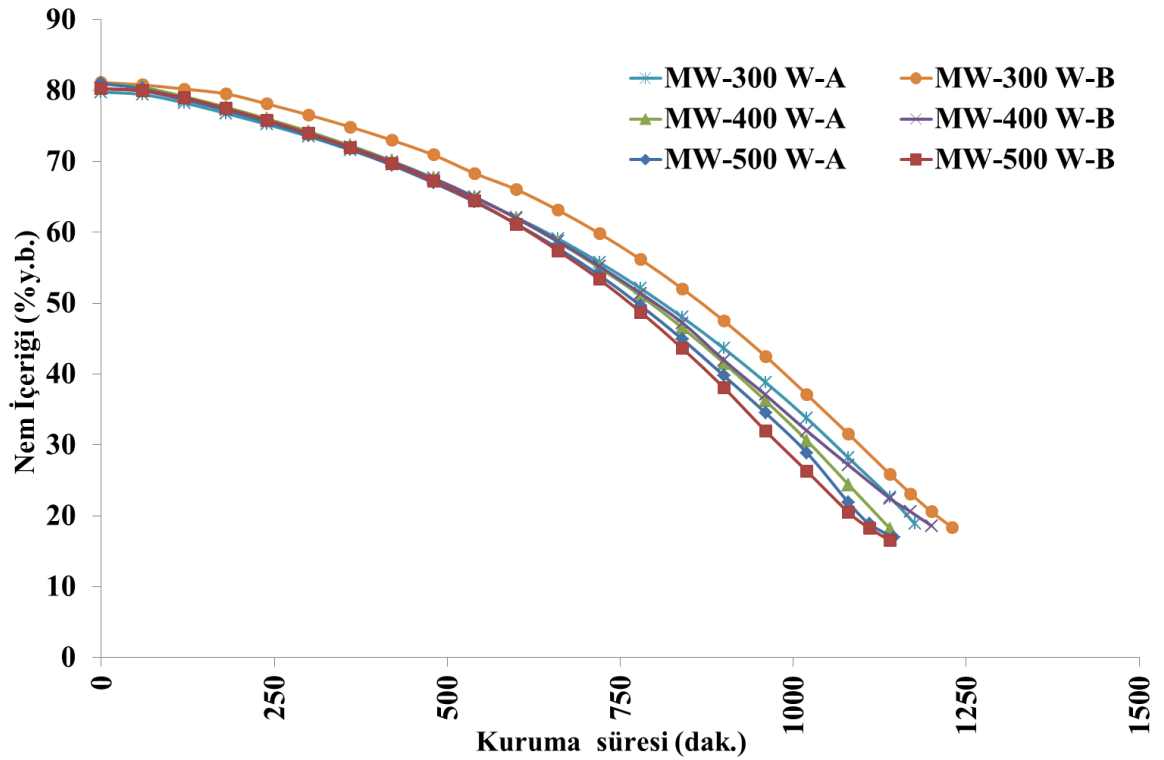


Şekil 4.12. Kurutma havası sıcaklığı 70°C ve farklı mikrodalga ışın gücünde kurutulan örneklerin nem içeriği değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)



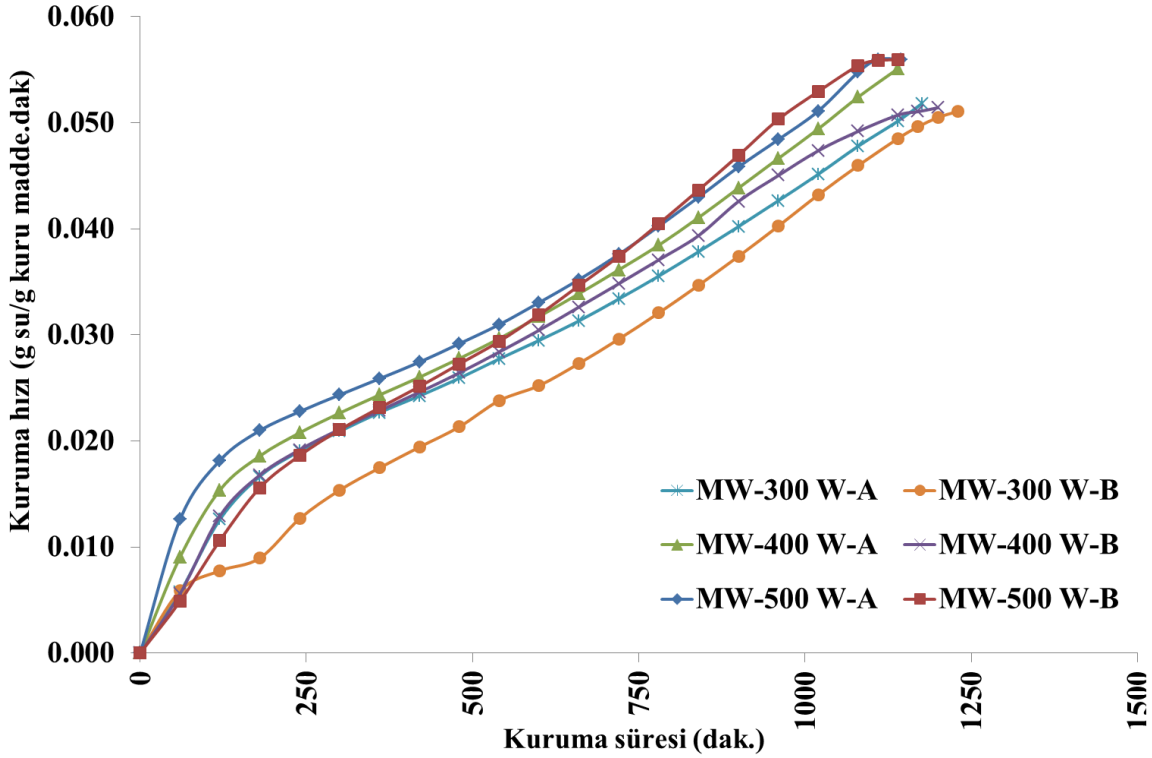
Şekil 4.13. Kurutma havası sıcaklığı 70°C ve farklı mikrodalga ışın gücünde kurutulan örneklerin kuruma hızı değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Şekil 4.14’de kurutma havası sıcaklığı 80°C ve farklı mikrodalga ışın gücü uygulanan ön işlem gören ve görmeyen örneklerin kuruma süresi değişimleri verilmiştir. Ön işlem uygulanan örneklerin ortalama %80.58 (y.b.) nem içeriğinden %20 (y.b.) nem içeriğine ulaşmaları için geçen süre (300, 400 ve 500 W mikrodalga gücü sırasına göre) 1165 dak (19 saat 25 dak), 1122 dak (18 saat 42 dak) ve 1097 dak (18 saat 17 dak) olarak saptanmıştır. Aynı sıralama ile ön işlem görmeyen örneklerde ise 1207 dak (20 saat 7 dak), 1178 dak (19 saat 38 dak) ve 1086 dak (18 saat 6 dak) sürelerinde %20 (y.b.) nem içeriğine ulaşılmıştır. Mikrodalga ışın gücünün artışı ile ön işlem gören örneklerin kuruma süreleri %6.20, ön işlem görmeyen örneklerde %11.14 oranında azalma meydana gelmiştir.



Şekil 4.14. Kurutma havası sıcaklığı 80°C ve farklı mikrodalga ışın gücünde kurutulan örneklerin nem içeriği değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Örneklerin kuruma hızları Şekil 4.15’de verilmiştir. Kuruma hızı en yüksek değeri ön işlem görmeyen örneklerde 500 W mikrodalga gücünde 0.056 g su/g kuru madde dak olarak gerçekleşmiştir. Bununla beraber ön işlem görmeyen örneklere uygulanan 300 W mikrodalga gücü uygulamasında daha düşük kuruma hızı oluşmuştur.



Şekil 4.15. Kurutma havası sıcaklığı 80°C ve farklı mikrodalga ışın gücünde kurutulan örneklerin kuruma hızı değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

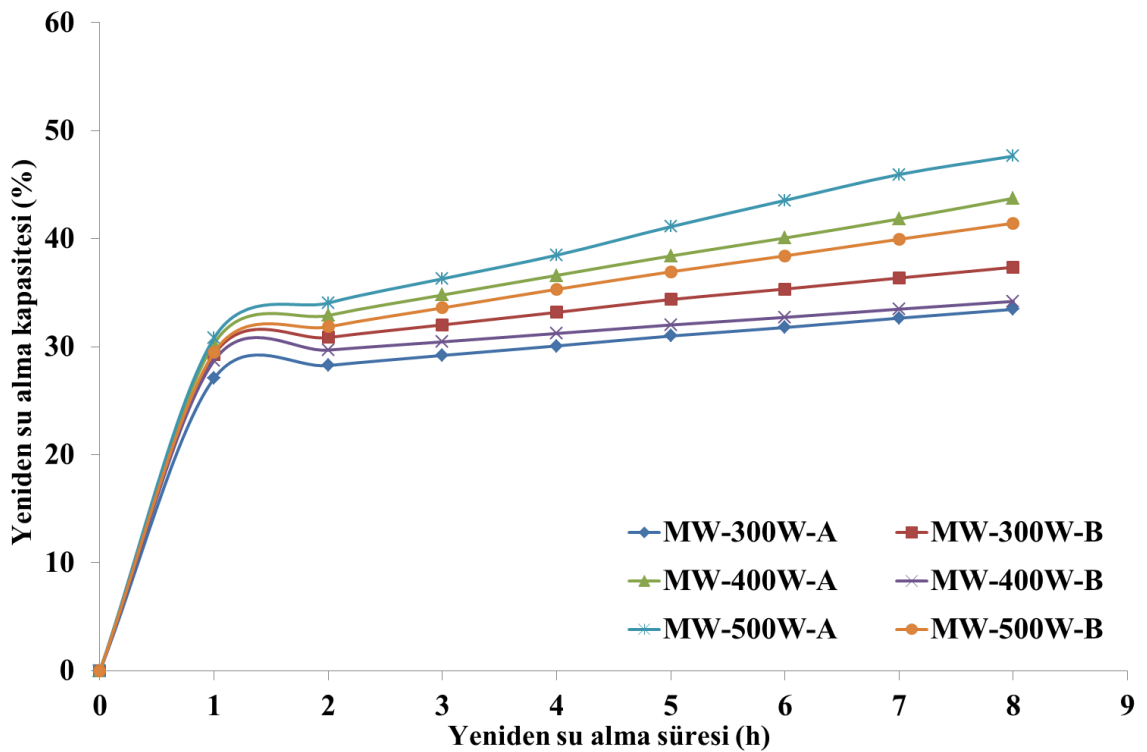
Çalışma kapsamında örneklere uygulanan tüm kurutma havası sıcaklıklarında mikrodalga gücünün artışı ile kuruma süresinde azalma meydana gelmiştir. Aynı sonucu bamyı ve ıspanağın mikrodalga (Dadalı 2007), ıspanağın (Alibas Ozkan vd 2007), kırmızıbiberin konveksiyon destekli mikrodalga (Karaaslan ve Tunçer, 2009), asma yaprağının mikrodalga (Alibaş 2012), dilimlenmiş domatesin mikrodalga (Çelen ve Kahveci, 2013), limon kabuğunun mikrodalga (Yoğurtçu, 2014), ananasın mikrodalga (Sarı ve Karaaslan, 2014) ve Trabzon hurmasının mikrodalga ile kurutulması (Karaaslan, 2014) çalışmalarında elde etmişlerdir.

Yapılan çalışmada mikrodalga destekli ısıtılmış hava uygulaması yapılan örneklerin kuruma süreleri, ısıtılmış hava uygulanan örneklere göre daha kısa olduğu saptanmıştır. Alibas (2006) pazı kurutulması üzerine yaptığı çalışmada kuruma süresinin mikrodalga-konvektif kurutma uygulamasında 1.5-7.5 dakikada, mikrodalga uygulaması ile 5-9.5 dakika ve ısıtılmış hava uygulamasında 22-195 dakikada tamamlandığı belirlenmiştir.

#### 4.2.2. Yeniden su alma kapasitesi

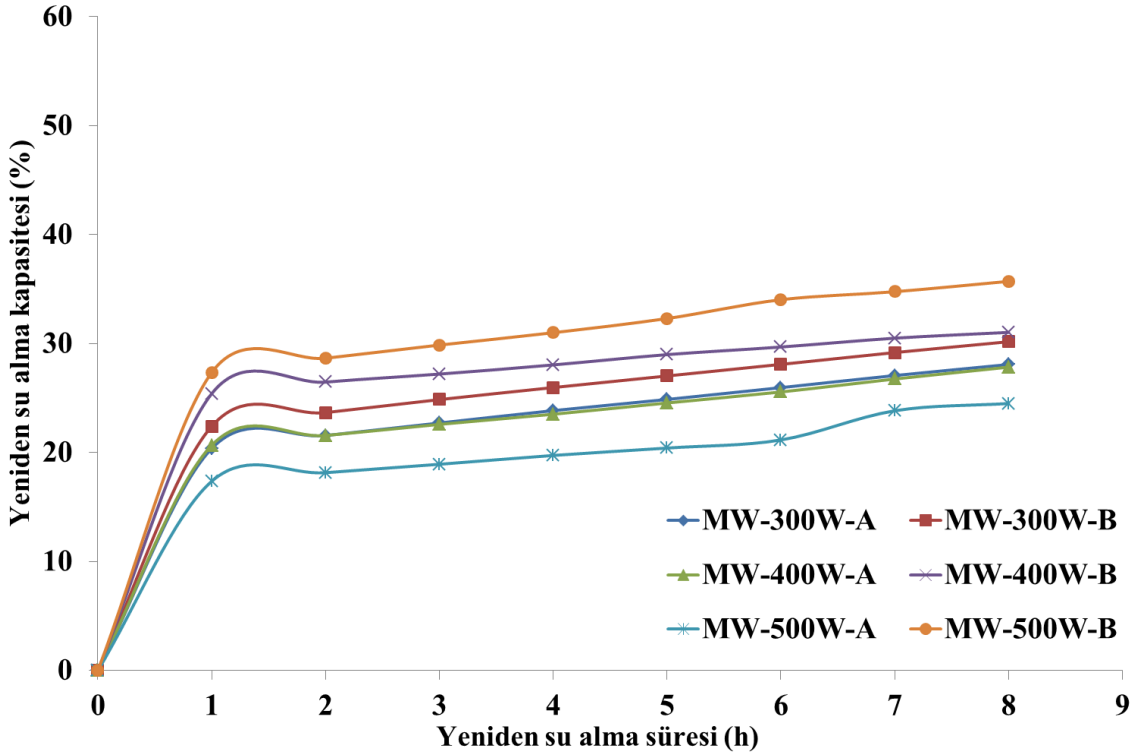
Sabit giriş havası hızı (2 m/s), farklı sıcaklıklar (60, 70 ve 80°C) ve mikrodalga güçleri (300, 400 ve 500 W) kullanılarak kurutulan Stanley Eriklerin oda sıcaklığında yeniden su alma kapasitesindeki değişimleri Şekil 4.16, 4.17 ve 4.18'de verilmiştir. Oda sıcaklığında yapılan yeniden su alma kapasitesi analizinde her biri ortalama  $11.02 \pm 0.5$  g olan üç kuru örnek kullanılmıştır.

Sabit kurutma havası sıcaklığı (60°C) ve farklı mikrodalga ışın güçlerinde (300, 400 ve 500 W) kurutulan örneklerin sekiz saat sonunda yeniden su alma kapasiteleri uygulanan mikrodalga gücü düzeyine göre ön işlem gören örneklerde %33.46, 43.74 ve 47.65 değerlerindedir. Aynı sıra ile ön işlem görmeyen örneklerin yeniden su alma kapasiteleri %37.36, 34.20 ve 41.44 olarak saptanmıştır. Örnekler 400 ve 500 W mikrodalga ışın gücü uygulanması durumunda, ön işlem gören örneklerin ön işlem görmeyen örnekler göre daha yüksek kapasiteye ulaştıkları belirlenmiştir. Analiz sonucunda en yüksek kapasiteye ön işlem gören örnekler 500 W mikrodalga ışın gücü uygulamasında ulaşılırken, en düşük kapasite ön işlem gören örneklerde 300 W mikrodalga ışın gücü uygulamasında karşılaşılmıştır. Örnekler uygulanan mikrodalga ışın gücü seviyesinin artışı ile yeniden su alma kapasitesinde düşme eğilimi olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.16).



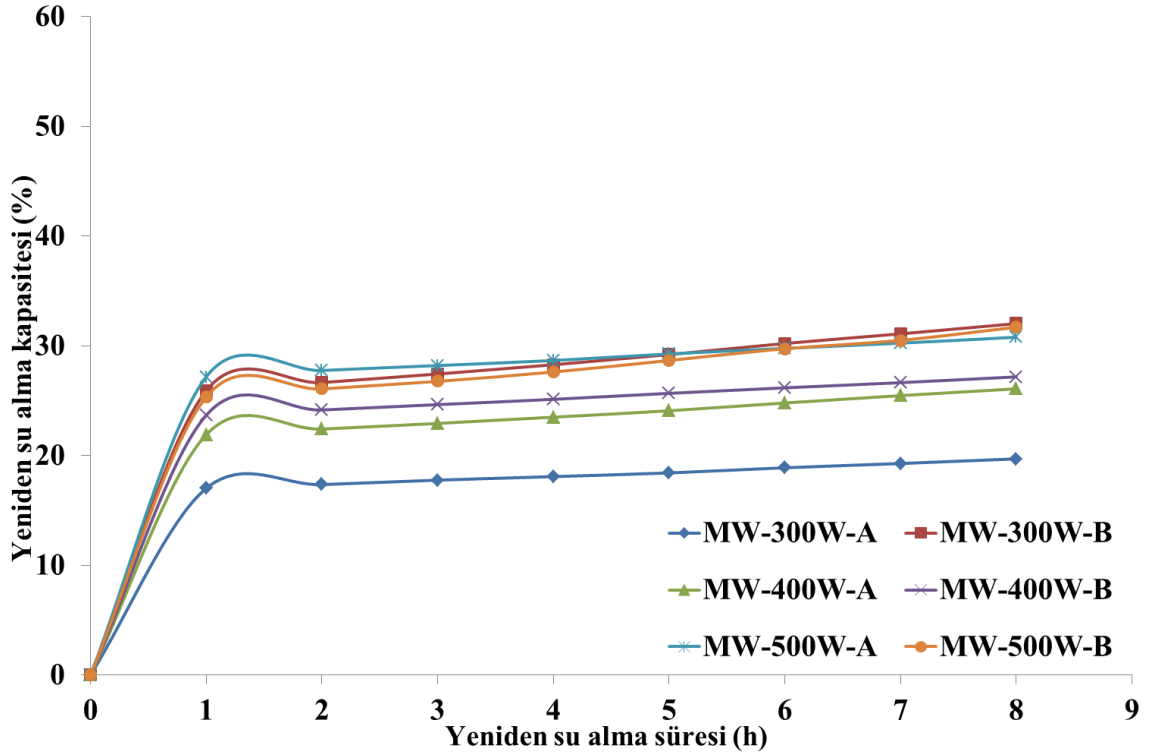
Şekil 4.16. Sabit kurutma havası sıcaklığı (60°C) ve farklı mikrodalga güçlerinde (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin saatlik yeniden su alma kapasitesi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

70°C kurutma havası sıcaklığı ve farklı mikrodalga ışın gücü (300, 400 ve 500 W) seviyelerinde kurutulan ön işlem görmüş örneklerin sekiz saat sonraki yeniden su alma kapasiteleri mikrodalga ışın gücü düzeyine göre %28.08, 27.84 ve 24.50 olarak bulunmuştur. Ön işlem görmeyen örneklerde ise bu değerler sırasıyla %30.17, 31.03 ve 35.76 olmuştur. Analiz sonuçlarına göre ön işlem gören örneklerin ön işlem görmeyenlere göre daha düşük yeniden su alma kapasitesine sahip oldukları bulunmuştur. Ön işlem gören örnekler uygulanan mikrodalga ışın gücünün artışı ile, örneklerin su alma kapasitelerinde düşüş meydana geldiği belirlenmiştir. Ön işlem görmeyen örneklerde ise örneğe uygulanan mikrodalga ışın gücünün artışı ile yeniden su alma kapasitesinin yükseldiği saptanmıştır (Şekil 17).



Şekil 4.17. Sabit kurutma havası sıcaklığı (70°C) ve farklı mikrodalga güçlerinde (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin saatlik yeniden su alma kapasitesi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Sabit kurutma havası sıcaklığı (80°C) ve farklı mikrodalga ışın gücü (300, 400 ve 500 W) uygulamaları ile kurutulan ön işlem görmüş örneklerin sekiz saat sonraki yeniden su alma kapasiteleri (mikrodalga ışın gücü sıralamasına göre) sırası ile %19.71, 26.09 ve 30.80 olarak bulunmuştur (Şekil 4.18). Ön işlem görmeyen örneklerde bu değer aynı sıralama ile %32.04, 27.18 ve 31.71 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre ön işlem gören örneklerde yeniden su alma kapasitesi için daha düşük değerler elde edildiği belirlenmiştir. Her iki örnek içinde mikrodalga ışın gücünün artışı ile örneklerin yeniden su alma kapasitelerinde artış gerçekleşmiştir. Kurumuş örneklerde en düşük yeniden su alma kapasitesinin ön işlem gören örneklere uygulanan 300 W mikrodalga gücünde olduğu saptanmıştır.



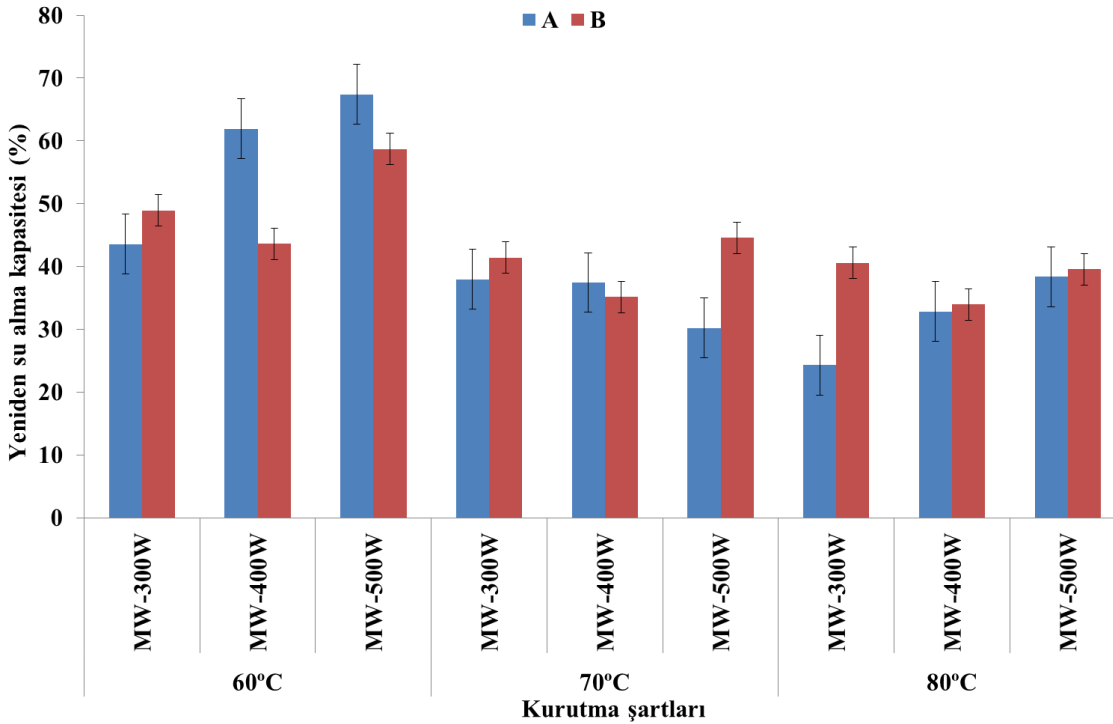
Şekil 4.18. Sabit kurutma havası sıcaklığı (80°C) ve farklı mikrodalga güçlerinde (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin saatlik yeniden su alma kapasitesi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Sabit sıcaklıklarda ve farklı mikrodalga güç seviyelerinde kurutulan örneklerin sekiz saatlik yeniden su alma kapasiteleri ölçümlerinde kurutma havası sıcaklığının artışı ile örneklerin nem alma değerlerinin belirgin bir şekilde azalma eğiliminde olduğu bulunmuştur. Örnekler uygulanan kurutma havası sıcaklığı ve mikrodalga gücünün etkisiyle, ürünlerin gözeneklilik yapısındaki değişimin sonunda örneklerin su alma kapasitelerini olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir.

Kurutma havası sıcaklığının sabit (60, 70 ve 80°C) ve farklı mikrodalga ışın güçleri (300, 400 ve 500 W) kullanımı ile kurutulan örneklerin 24 saat sonunda yeniden su alma kapasiteleri değişimi Şekil 4.19'da verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre ön işlem gören örneklerin 60°C sıcaklık ve farklı mikrodalga gücü (300, 400 ve 500 W) uygulamalarında yeniden su alma kapasiteleri (mikrodalga ışın gücü sıralaması ile) %43.56, 61.92, 67.42 olurken, ön işlem görmeyen örneklerde %48.94, 43.64 ve 58.70 değerlerine ulaşılmıştır. Kurutma havası sıcaklığı 70°C olduğunda, mikrodalga ışın sıralamasına göre ön işlem gören örneklerin yeniden su alma kapasiteleri %37.95, 37.46 ve 30.19, ön işlem görmeyen örneklerde ise bu değer %41.41, 35.13 ve 44.58 olarak hesaplanmıştır. Sıcaklığın 80°C olması durumunda mikrodalga ışın gücü sıralamasına göre ön işlem gören örneklerin yeniden su alma kapasiteleri %24.40, 32.85 ve 38.34, ön işlem görmeyenlerde ise %40.59, 33.96 ve 39.67 değerlerine ulaşmıştır. Yeniden su alma kapasitesi analizleri sonucunda 60°C kurutma havası sıcaklığı uygulanan örneklerde, yaklaşık tüm mikrodalga ışın gücü seviyelerinde diğer kurutma havası sıcaklık uygulamalarına göre daha yüksek değerler elde edilmiştir (Şekil 4.19). Kurutma havası sıcaklığının artışı ile hem 8 saat hem de 24 saat sonundaki ölçümler sonucunda



her iki örneğin yeniden su alma kapasitelerinin azaldığı saptanmıştır. Denemelerde kullanılan yüksek sıcaklık ve mikrodalga ışın seviyelerinde, ürün içerisinde nem alımı sırasında ürün iç yapısında oluşan sertleşme ve bozulmalar nedeni ile bu sonuca ulaşılmıştır. Kaur ve Singh (2014) pancara uyguladıkları kurutma havası sıcaklığının ve mikrodalga gücünün artışı ile yeniden su alma kapasitesinde düşme olduğunu bildirmişlerdir. Ürün içerisinde bulunan suyun mikrodalga enerjisi tarafından hızlı bir şekilde absorbe edilmesi, üründe büzülme ve sertleşmeye neden olmaktadır. Ürün hücre yapısında oluşan değişimin yeniden su alma kapasitesini olumsuz etkilediğini rapor etmişlerdir. Krikoda ve Philippopoulos (2005) yeniden su alma oranının hücresel ve yapısal bozulmanın derecesine bağlı olduğunu kabul edildiğini bildirmişlerdir.



Şekil 4.19. Sabit kurutma havası sıcaklığı (60, 70 ve 80°C) ve farklı mikrodalga güçlerinde (300, 400 ve 500 W) kurutulan örneklerin oda sıcaklığında 24 saat sonundaki yeniden su alma kapasitesi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

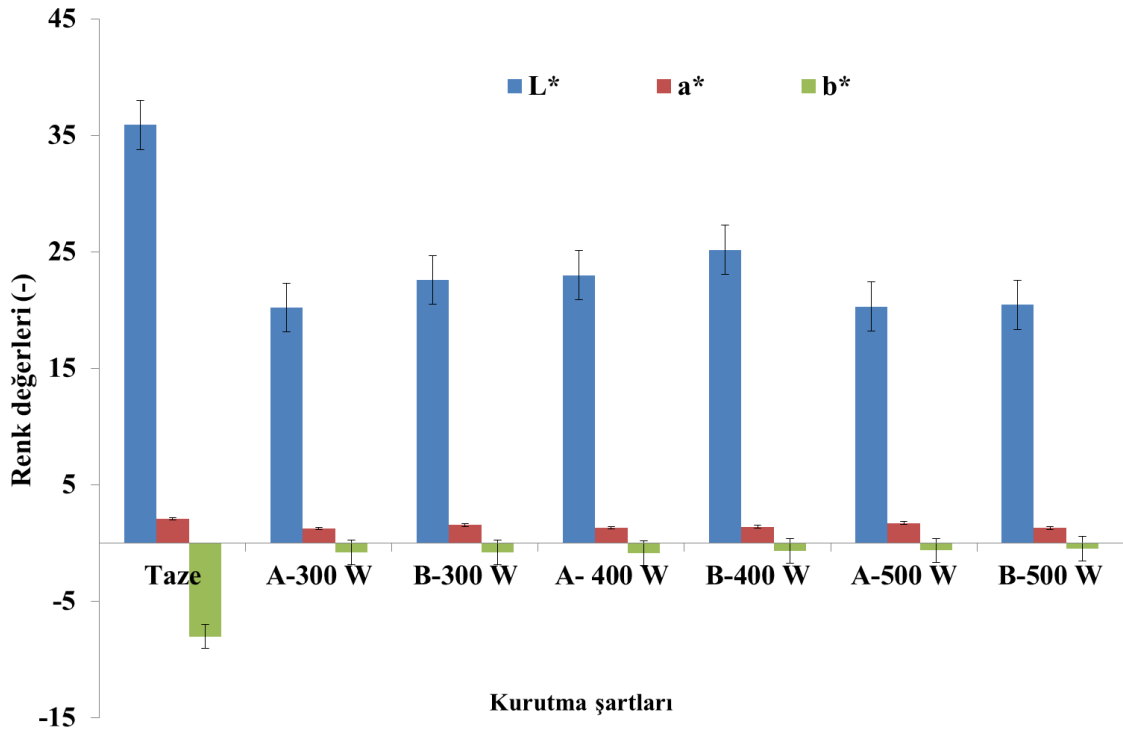
#### 4.2.3. Renk değişimi

Sabit kurutma havası sıcaklığı (60°C) ve farklı mikrodalga ışın gücü seviyelerinde (300, 400 ve 500 W) kurutulan örneklerin renk değişimleri Şekil 4.20'de verilmiştir. Ön işlem gören ürünlerin  $L^*$  değeri mikrodalga ışın düzeyine göre  $20.22 \pm 1.47$ ,  $23.00 \pm 1.71$  ve  $20.31 \pm 0.28$  olurken, ön işlem görmeyen örneklerde bu değer aynı sıra ile  $22.58 \pm 2.02$ ,  $25.17 \pm 0.90$  ve  $20.44 \pm 1.83$  olmuştur. Her iki örnek için 400 W mikrodalga gücü kullanımında en yüksek parlaklık ( $L^*$ ) değeri elde edilmiştir.

Kırmızılık-yeşilliği ifade eden  $a^*$  renk parametresi ise, sırası ile ön işlem gören örneklerde  $1.23 \pm 0.21$ ,  $1.30 \pm 0.48$  ve  $1.72 \pm 0.66$  olarak hesaplanırken, ön işlem görmeyen örneklerde  $1.55 \pm 0.40$ ,  $1.41 \pm 0.22$  ve  $1.29 \pm 0.01$  olarak bulunmuştur. Ön işlem uygulanan

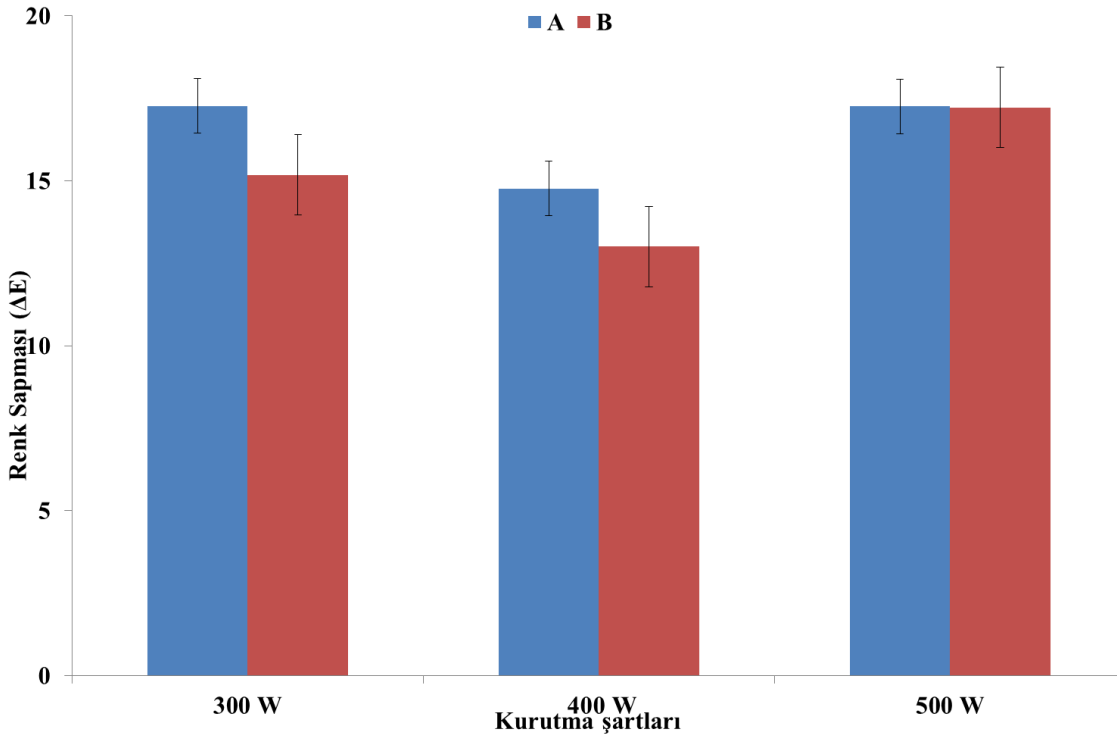
örneklere uygulanan mikrodalga ışın gücünün artışı ile  $a^*$  değerinde artış meydana gelmiştir. Ön işlem görmeyen örneklerde ise gücün artışı ile  $a^*$  değerinin azaldığı saptanmıştır. Kırmızılık-mavilik renk parametresi ( $a^*$ ) taze ürüne yaklaşan değerler olarak renk düzleminde kırmızı bölgede kalmıştır.

Mavi-sarılık parametresinin ( $b^*$ ) ise ön işlem gören örneklerde  $-0.81\pm 0.25$ ,  $-0.88\pm 0.34$  ve  $-0.64\pm 0.34$ , ön işlem görmeyenlerde  $-0.80\pm 0.53$ ,  $-0.69\pm 0.17$  ve  $-0.49\pm 0.41$  değerlerini aldığı belirlenmiştir. Sarılık-mavilik rengini belirten  $b^*$  değeri taze üründe elde edilen eksi (-) değerlere yakın değerler aldığı saptanmıştır. Mikrodalga uygulaması ile kurutulmuş örneklerin  $a^*$  ve  $b^*$  renk parametreleri taze örnek renk parametrelerine yakın değerler elde edilmiştir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Sabit kurutma havası sıcaklığı ( $60^{\circ}\text{C}$ ) ve farklı mikrodalga ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulmuş örneklerin renk değerleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Ön işlem gören örneklerin toplam renk sapmaları ( $\Delta E$ ) uygulanan mikrodalga güç seviyeleri (300, 400 ve 500) sırasına göre  $17.27\pm 1.43$ ,  $14.77\pm 1.56$  ve  $17.25\pm 0.13$  birimdir. Ön işlem görmeyen örneklerde ise aynı sıra ile bu değer  $15.18\pm 1.78$ ,  $13.01\pm 0.64$  ve  $17.22\pm 1.47$  birim olarak bulunmuştur. Toplam renk sapmasının en düşük değeri 400 W mikrodalga gücünde elde edilmiştir. Diğer mikrodalga güç uygulamalarında örnek toplam renk sapması daha yüksek değerler almıştır (Şekil 4.21).



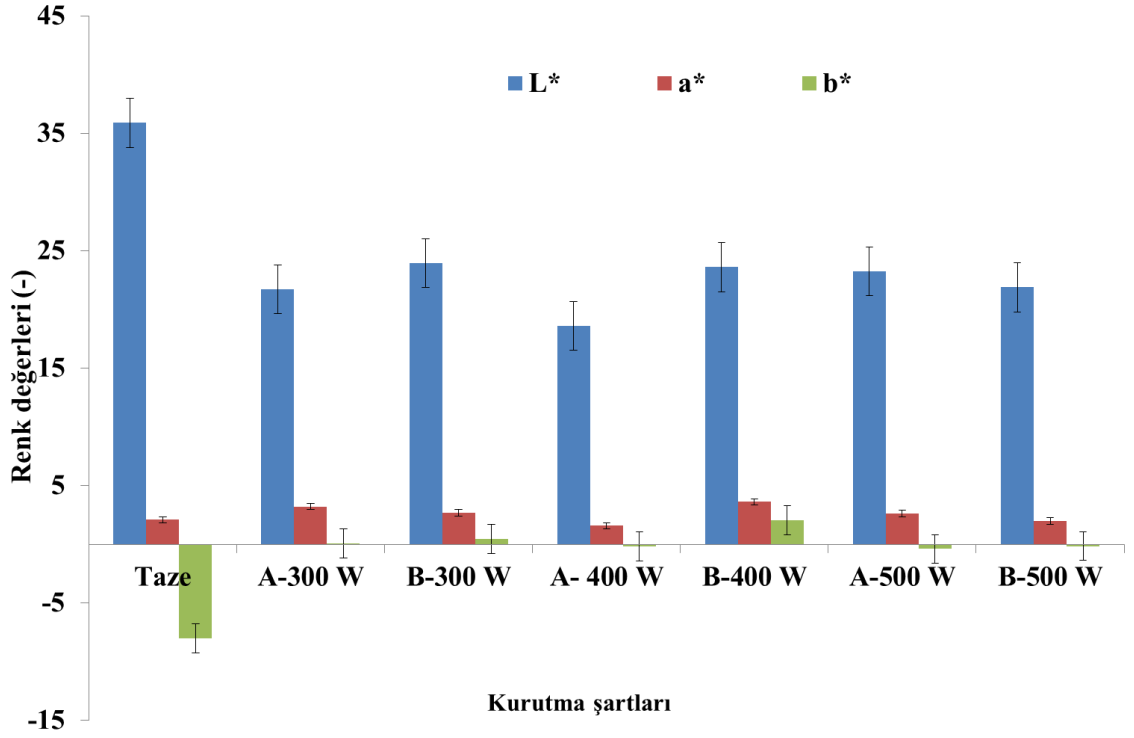
Şekil 4.21. Sabit kurutma havası sıcaklığı (60°C) ve farklı mikrodalga ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin toplam renk sapmaları (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Kurutma havası sıcaklığı (70°C) ve farklı mikrodalga ışın gücü seviyelerinde (300, 400 ve 500 W) kurutulan örneklerin renk değişimleri incelenmiştir (Şekil 4.22). Mikrodalga ışın gücü sıralamasına göre ön işlem gören ürünlerin L\* değeri 21.74±1.32, 18.61±0.41 ve 23.24±0.86 olarak bulunmuştur. Ön işlem görmeyen örneklerde bu değer 23.97±1.14, 23.60±0.16 ve 21.88±0.30 olarak hesaplanmıştır. Ön işlem gören örneklerde 400 W mikrodalga uygulamasında düşük L\* değeri elde edilmiştir. Ön işlem görmeyen örneklerde ise mikrodalga gücünün artışı ile parlaklık değerinde azalma meydana geldiği saptanmıştır.

Renk parametrelerinden a\* değeri, aynı mikrodalga ışın sıralamasına göre ön işlem gören örneklerde 3.22±0.71, 1.58±0.13 ve 2.61±0.035 iken, ön işlem görmeyen örneklerde 2.68±0.03, 3.62±0.13 ve 1.98±0.33 olarak saptanmıştır. Mikrodalga gücün 400 W olması durumunda ön işlem gören örneklerde diğer uygulamalara göre daha düşük a\* değeri elde edilirken, ön işlem görmeyen örneklerde yüksek a\* değerine ulaşılmıştır. Örneklerin kırmızılık-yeşillik değeri artı bölgede kalarak kırmızı ton ağırlıklı renk değişiminin gerçekleştiği, hatta ön işlem uygulanan örneklerde 300 W mikrodalga ışın gücü uygulaması ve ön işlem görmeyenlerde ise 300 ve 400 W ışın gücü uygulamalarında kırmızılığın taze erik renginden daha yüksek olduğu saptanmıştır.

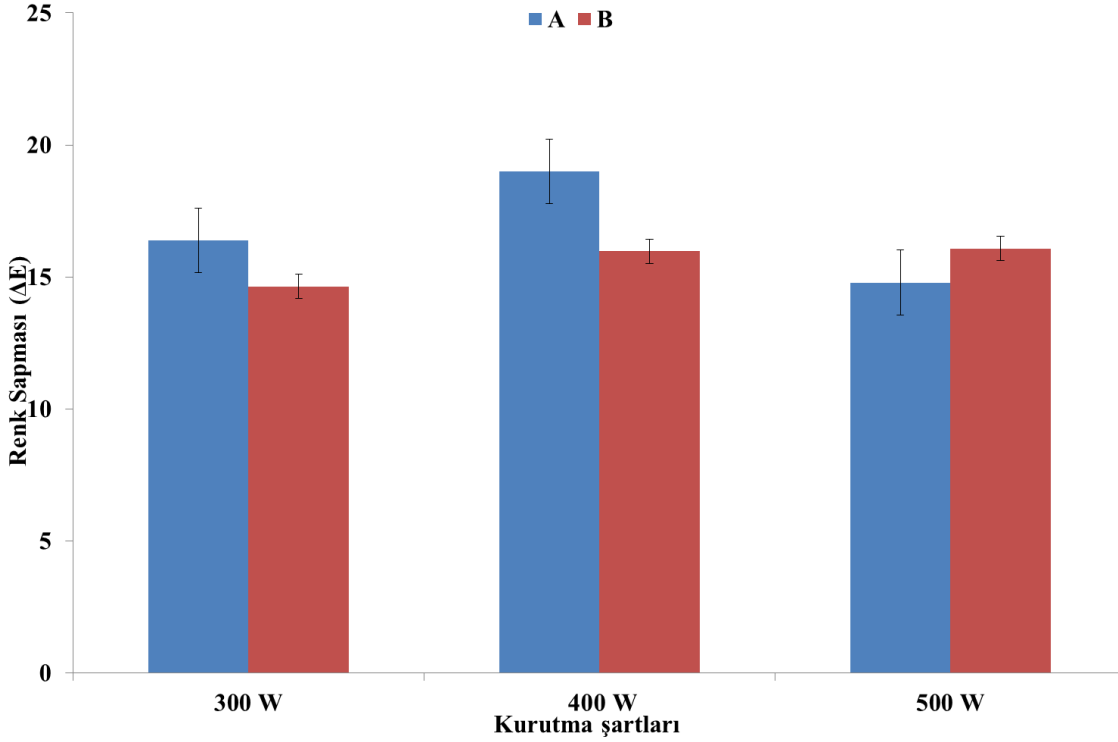
Mavi-sarılık değerini belirten b\* ise ön işlem gören örneklerde 0.09±0.42, -0.17±0.52 ve -0.40±0.32 iken, ön işlem görmeyenlerde 0.44±0.23, 2.06±0.17 ve -0.16±0.18 değerlerini almıştır. Ön işlem gören örneklerde 300 W, ön işlem görmeyen

örneklere ise 300 ve 400 W mikrodalga uygulamalarında örnek renginin sarı bölgeye kaydığı belirlenmiştir.



Şekil 4.22. Sabit kurutma havası sıcaklığı (70°C) ve farklı mikrodalga ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin renk değerleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Toplam renk sapmaları Şekil 4.23'de verilmiştir. Mikrodalga güç seviyeleri sırasına (300, 400 ve 500 W) göre ön işlem gören örneklerin renk sapmaları  $16.36 \pm 0.93$ ,  $18.99 \pm 0.16$  ve  $13.12 \pm 0.44$  olarak hesaplanmıştır. Ön işlem görmeyen örneklerde ise aynı sıra ile bu değer  $14.64 \pm 0.79$ ,  $15.97 \pm 0.21$  ve  $16.07 \pm 0.20$  olarak bulunmuştur. Toplam renk sapması ön işlem gören örneklerin 400 W mikrodalga güç uygulamasında diğer uygulamalara göre daha yüksek olduğu, ön işlem görmeyen örneklerde mikrodalga gücün yükselmesi ile artış olduğu belirlenmiştir.

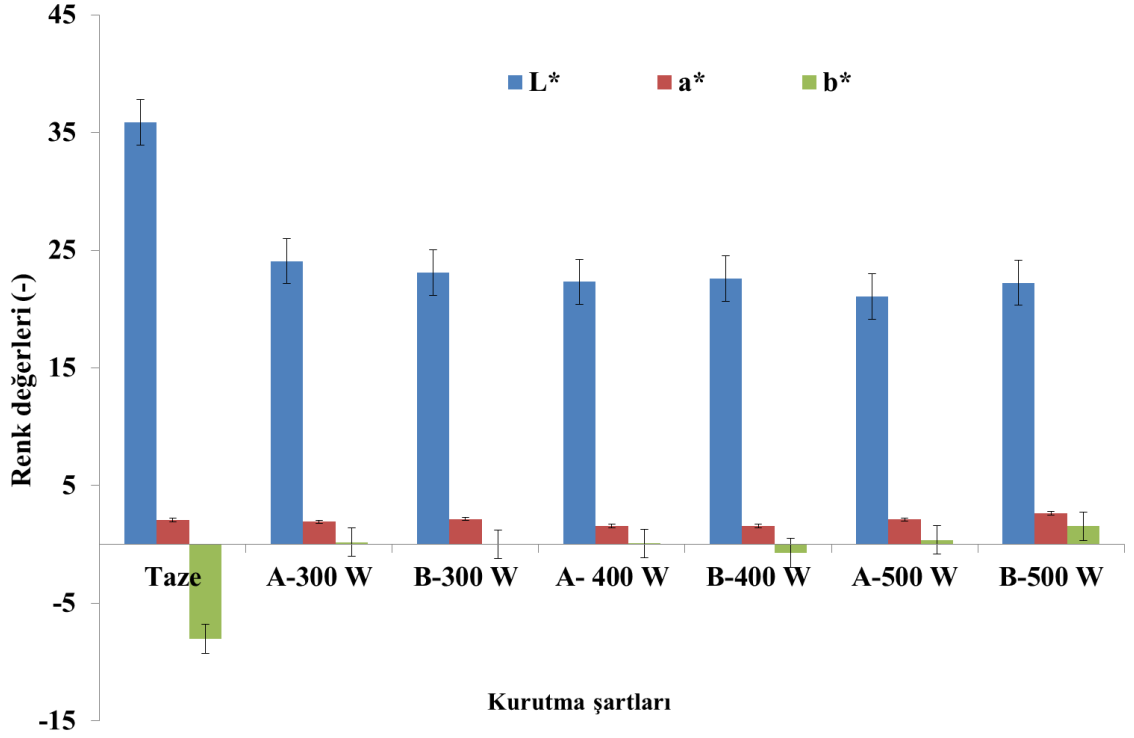


Şekil 4.23. Sabit kurutma havası sıcaklığı (70°C) ve farklı mikrodalga ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin toplam renk sapmaları (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Uygulanan kurutma havası sıcaklığının sabit (80°C) ve farklı mikrodalga ışın gücü seviyelerinde (300, 400 ve 500 W) kurutulan örneklerin renk değişimleri belirlenmiştir (Şekil 4.24). Ön işlem gören ürünlerin parlaklık değeri L\* mikrodalga ışın gücü sıralamasına göre  $24.85 \pm 0.53$ ,  $22.31 \pm 0.03$  ve  $21.09 \pm 0.89$  olurken, ön işlem görmeyen örneklerde bu değer  $23.11 \pm 0.04$ ,  $22.62 \pm 0.61$  ve  $22.24 \pm 0.71$  olarak bulunmuştur. Ön işlem gören ve görmeyen örneklerin L\* değerlerinde mikrodalga gücünün artışı ile azalma meydana geldiği saptanmıştır.

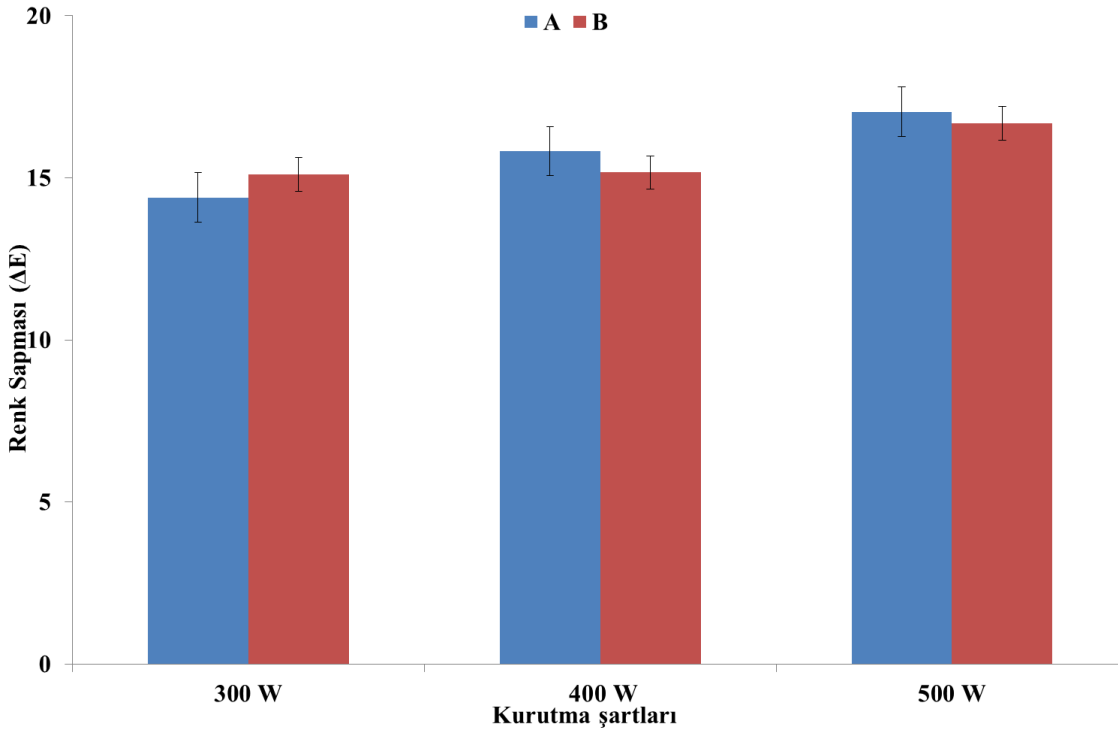
Kırmızılık-yeşillik değerlerini belirten a\* değeri, aynı mikrodalga ışın gücü sıralamasına göre ön işlem gören örneklerde  $1.93 \pm 0.39$ ,  $1.58 \pm 0.48$  ve  $2.12 \pm 0.06$ , ön işlem görmeyen örneklerde  $2.16 \pm 0.57$ ,  $1.57 \pm 0.41$  ve  $2.66 \pm 0.22$  olarak hesaplanmıştır. Örneklerin kırmızılık-yeşillik değeri artı bölgede kalarak kırmızı ton ağırlıklı renk değişimi gerçekleşmiş, her iki örneğe de 400 W mikrodalga gücü uygulaması ile düşük a\* değeri elde edilirken, ön işlem görmeyen örneklerin 500 W mikrodalga ışın uygulaması ile kırmızılık değeri artış göstermiştir.

Renk parametrelerinden b\* değeri ise ön işlem gören örneklerde  $0.20 \pm 0.45$ ,  $0.08 \pm 0.33$  ve  $0.39 \pm 0.57$  iken, ön işlem görmeyenlerde  $0.02 \pm 0.29$ ,  $-0.72 \pm 0.67$  ve  $1.55 \pm 0.81$  değerlerine ulaşılmıştır. Ön işlem görmeyen örneklere uygulanan 400 W mikrodalga gücünde örnek renginin mavilik alanında yer alırken, diğer mikrodalga güç seviyelerinde her iki örnek için rengin sarıya doğru ilerlediği belirlenmiştir.



Şekil 4.24. Sabit kurutma havası sıcaklığı (80°C) ve farklı mikrodalga ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin renk değerleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Toplam renk sapması ön işlem gören örneklere uygulanan 300, 400 ve 500 W mikrodalga güç seviyesi sırasına göre  $14.40 \pm 0.18$ ,  $15.82 \pm 0.13$  ve  $17.03 \pm 0.50$  olurken, ön işlem görmeyen örneklerde aynı sıra ile  $15.11 \pm 0.19$ ,  $15.17 \pm 0.62$  ve  $16.68 \pm 1.05$  olarak hesaplanmıştır. Toplam renk sapması ön işlem gören ve görmeyen örneklere uygulanan mikrodalga gücünün yükselmesi ile arttığı saptanmıştır (Şekil 4.25).



Şekil 4.25. Sabit kurutma havası sıcaklığı (80°C) ve farklı mikrodalga ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin toplam renk sapmaları (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Sayısal olarak en yüksek parlaklık değeri, ön işlem görmeyen örneklerin 80°C kurutma havası sıcaklığı ve 300 W mikrodalga ışın gücünde elde edilmiştir. Ön işlem görmeyen örneklerde ise birbirine yakın değerler almıştır. Her iki örnek için kırmızılık-mavilik göstergesi olan  $a^*$  değeri renk skalasında pozitif bölgede olduğu saptanmıştır. Sarılık-mavilik ( $b^*$ ) değerinin ön işlem gören ve görmeyen örneklere uygulanan tüm mikrodalga güç seviyelerinde negatif değere yakın olduğu belirlenmiştir. Ön işlem görmeyen örneklere 400 W mikrodalga gücü ve 70°C kurutma havası sıcaklığı uygulandığı zaman örnek  $b^*$  değerinin sarılık düzeyinde olduğu saptanmıştır.

Sharma ve Prasad (2001) çalışmalarında sarımsağın sabit mikrodalga ışın gücü (40 W) ve farklı kurutma havası sıcaklıklarında (40, 50, 60 ve 70°C) en yüksek  $L^*$  değerini 60°C sıcaklıkta elde etmişlerdir. Bununla beraber kurutma havası sıcaklığının düşük olmasının renk değerini olumsuz etkilediğini saptamışlardır. Kurutma süresinin uzaması renk değerlerinin düşmesine neden olmaktadır. Alibas (2006) çalışmasında pazı yapraklarını 75°C ısıtılmış hava ve 500 W mikrodalga gücünde kurutulduğunda en iyi renk parametrelerine ulaşırken, sıcaklığın 50 ve 100°C olması durumunda renk değerlerinde düşmeler oluştuğunu saptamıştır.

Pazarda tüketicilerin beğenisini en iyi tanımlayan renk kriterleri olan doygunluk rengi (C) ve hue açısı (H) değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Doymunluk rengi olan kroma değeri uygulanan bütün sıcaklık ve mikrodalga güç kombinasyonlarında taze ürüne göre oldukça düşük değerler elde edilmiştir. Örneklere uygulanan sabit kurutma havası sıcaklığı ve farklı mikrodalga güç düzeylerinde örnek renginin mat olduğu belirlenmiştir. Kroma değerleri incelendiğinde, mikrodalga uygulamalarında birbirlerine

çok yakın değerler elde edilmiştir. En yüksek kroma değerleri 70°C kurutma havası sıcaklığı uygulamasında ön işlem görmeyen örneklerin 400 W mikrodalga ışın seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Her iki örnek için H° değeri 60°C kurutma havası uygulamasında mikrodalga güç artışı ile azalma meydana gelmiştir. Taze örnek H° değerine en yakın değere 60°C kurutma havası sıcaklığı ve 400 W mikrodalga ışın uygulaması yapılan ön işlem görmüş örneklerde ulaşılmıştır. Çizelge 4.2 incelendiğinde Hue değerinin hem ön işlem gören hem de görmeyen örneklerle 60°C kurutma havası uygulamasının mikrodalga uygulaması gücü seviyesi ne olursa olsun diğer sıcaklık uygulamalarından daha yüksek değerler elde edilmiştir.

Çizelge 4.2. Sabit kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ve farklı mikrodalga ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin renk parametreleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

		<b>C</b>	<b>H</b>	<b>BI</b>
	<b>Taze</b>	8.361	74.501	-
<b>60°C</b>	<b>MW-300W-A</b>	1.49	33.24	0.53
	<b>MW-300W-B</b>	1.82	28.23	1.44
	<b>MW-400W-A</b>	1.62	35.38	0.35
	<b>MW-400W-B</b>	1.57	26.05	1.31
	<b>MW-500W-A</b>	1.89	23.53	2.93
	<b>MW-500W-B</b>	1.42	19.66	2.08
<b>70°C</b>	<b>MW-300W-A</b>	3.24	6.48	10.67
	<b>MW-300W-B</b>	2.72	9.21	9.70
	<b>MW-400W-A</b>	1.63	13.21	5.13
	<b>MW-400W-B</b>	4.17	29.69	19.93
	<b>MW-500W-A</b>	2.65	8.70	6.19
	<b>MW-500W-B</b>	2.00	5.96	5.69
<b>80°C</b>	<b>MW-300W-A</b>	1.96	8.73	6.48
	<b>MW-300W-B</b>	2.17	5.54	6.69
	<b>MW-400W-A</b>	1.59	8.07	5.38
	<b>MW-400W-B</b>	1.78	20.85	1.88
	<b>MW-500W-A</b>	2.19	10.54	8.93
	<b>MW-500W-B</b>	3.11	29.19	15.76

Esmerleşme indeksi (BI) incelendiğinde;

- Kurutma havası sıcaklığının 60°C olması durumunda mikrodalga gücün artışı ile artış meydana gelmiştir. Ön işlem gören ve görmeyen örneklerde birbirlerine yakın değerler elde edilmiştir. Grup içerisinde en yüksek BI değeri hem ön işlem gören ve hem görmeyen örnekler için 500 W mikrodalga gücünde elde edilmiştir.
- Ön işlem gören örneklerle 70°C kurutma havası sıcaklığı uygulamasında mikrodalga gücünün artışı ile BI değeri azalmıştır. Ön işlem görmeyen örneklerde ise mikrodalga gücü değişimi ile bu değerde belirgin bir artış ya da azalma meydana gelmemiştir. En yüksek BI değeri ön işlem gören



örneklerin 300 W, görmeyen örneklere ise 400 W mikrodalga güç uygulamasında elde edilmiştir.

- Kurutma havası sıcaklığının 80°C uygulamasında mikrodalga gücünün artması ile ön işlem gören örneklerin BI değerlerinde artış meydana gelmiştir. En yüksek BI değeri ön işlem görmeyen örneklerin 500 W uygulamasında bulunmuştur.
- Bütün mikrodalga güç seviyelerinde örneklere 60°C kurutma havası sıcaklığının uygulanması durumunda diğer sıcaklıklara göre daha düşük BI değerleri saptanmıştır.

Polatçı ve Tarhan (2009) çalışmalarında reyhan bitkisinin mikrodalga ile kurutulmasında kuruma süresinin azalmasına rağmen renk değişimlerinin çok fazla olduğunu belirlemişlerdir. Bu oluşumun sebebini mikrodalga ısıtma sırasında ürün sıcaklığında anlık yüksek değerlere ulaşılmasının sonucunda renk maddelerinin parçalanması ile açıklamışlardır.

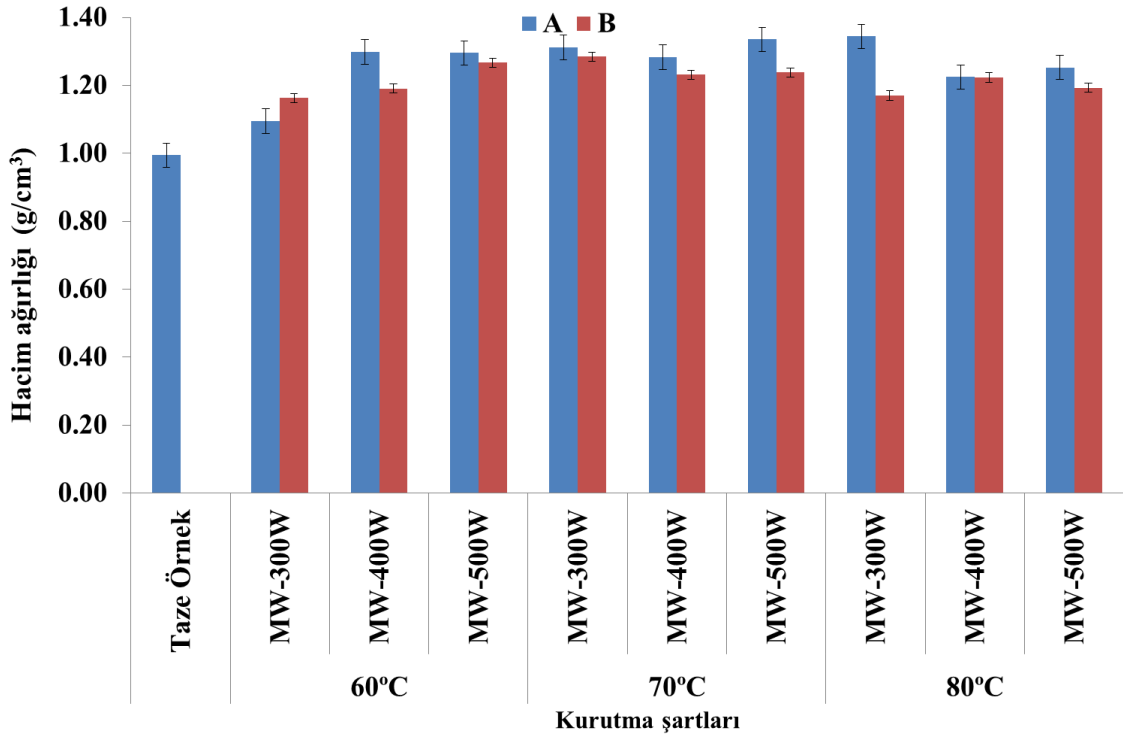
#### 4.2.4. Özgül ağırlık ve hacimsel büzülme

Kurutma havası sıcaklığı 60, 70 ve 80°C olarak sabit tutulduğu ve farklı mikrodalga ışın güçleri (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin hacim ağırlıkları Şekil 4.26'da verilmiştir. Taze ürünün özgül ağırlığı  $0.994 \pm 0.09 \text{ g/cm}^3$  olarak saptanmıştır.

Ön işlem gören örneklerin 60°C kurutma havası sıcaklığı ve farklı mikrodalga ışın güçleri (300, 400 ve 500 W) sıralamasına göre özül ağırlığı değişimi  $1.10 \pm 0.13$ ,  $1.30 \pm 0.07$  ve  $1.30 \pm 0.07 \text{ g/cm}^3$  iken, ön işlem görmeyen örneklerde ise  $1.16 \pm 0.07$ ,  $1.19 \pm 0.13$  ve  $1.27 \pm 0.08 \text{ g/cm}^3$  değerleri elde edilmiştir.

Kurutma havası sıcaklığı 70°C ve farklı mikrodalga ışın güçleri 300, 400 ve 500 W uygulamaları ile kurutulan ön işlem görmüş örneklerin hacim ağırlıkları mikrodalga güç düzeyi sıralamasına göre  $1.31 \pm 0.06$ ,  $1.28 \pm 0.12$  ve  $1.34 \pm 0.09 \text{ g/cm}^3$  değerlerini alırken, ön işlem görmeyen örnekler için  $1.28 \pm 0.34$ ,  $1.23 \pm 0.04$  ve  $1.24 \pm 0.24 \text{ g/cm}^3$  değerleri hesaplanmıştır.

Örneklere 80°C sabit kurutma havası sıcaklığı ve farklı mikrodalga ışın güçleri (300, 400 ve 500 W) uygulandığında özgül ağırlığı ön işlem gören örneklerde  $1.34 \pm 0.20$ ,  $1.22 \pm 0.35$  ve  $1.25 \pm 0.06 \text{ g/cm}^3$ , ön işlem görmeyen örneklerde ise  $1.17 \pm 0.22$ ,  $1.22 \pm 0.15$  ve  $1.19 \pm 0.0 \text{ g/cm}^3$  olarak saptanmıştır.



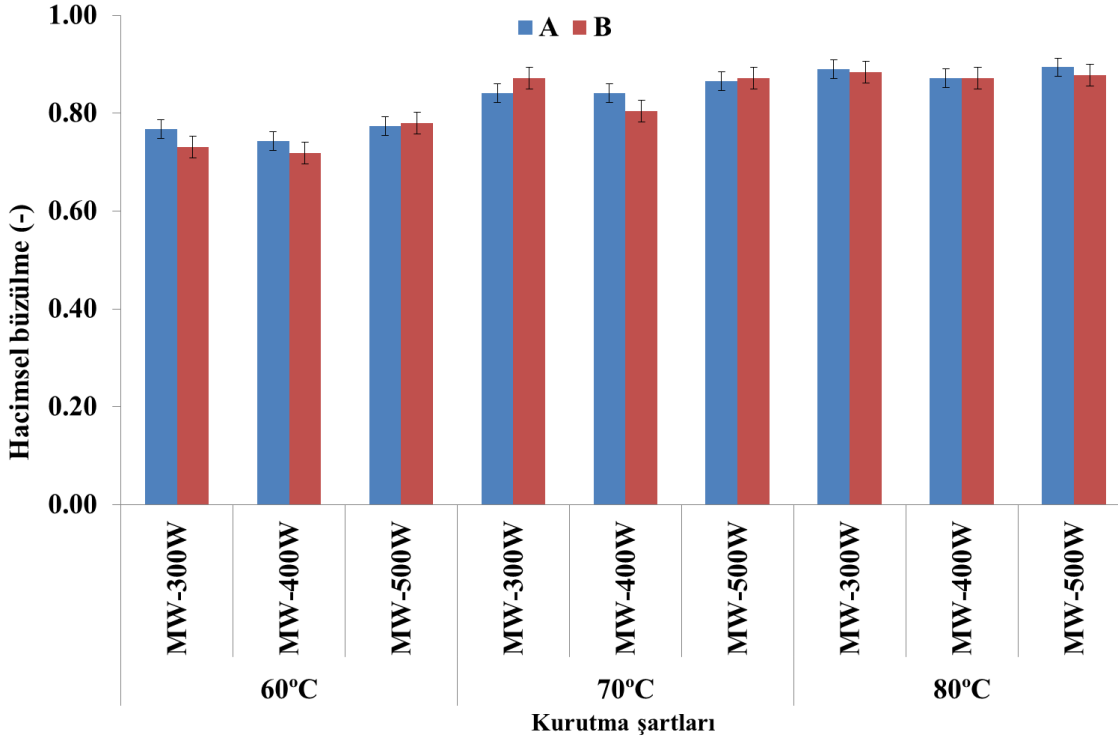
Şekil 4.26. Sabit kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ve farklı mikrodalga güçleri (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin hacimsel ağırlık değerleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Sabit kurutma havası sıcaklığı (60°C) ve farklı mikrodalga ışın güçleri (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin hacimsel büzülme değerleri ön işlem gören örnekler için mikrodalga ışın sıralamasına göre  $0.77\pm 0.06$ ,  $0.74\pm 0.03$  ve  $0.77\pm 0.02$  olurken, ön işlem görmeyen örneklerde  $0.73\pm 0.03$ ,  $0.72\pm 0.04$  ve  $0.78\pm 0.03$  değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.27). Ön işlem görmeyen örneklere uygulanan 300 ve 500 W mikrodalga ışın gücünde örnek büzülme değeri yüksek ve birbirine yakın bulunurken, 400 W mikrodalga ışın uygulamasında bu değer düşmüştür. Ön işlem görmeyen örneklerde ise 500 W uygulaması ile en yüksek büzülme oluşurken, en düşük değer 400 W mikrodalga ışın gücünde elde edilmiştir.

Kurutma havası sıcaklığı 70°C ve farklı mikrodalga ışın güçleri (300, 400 ve 500 W) uygulamasında ön işlem gören örneklerin hacimsel büzülme değeri sırasıyla  $0.84\pm 0.03$ ,  $0.84\pm 0.05$  ve  $0.87\pm 0.01$  olarak hesaplanmıştır. Ön işlem görmeyen örneklerde ise aynı sıralama ile bu değer  $0.87\pm 0.03$ ,  $0.80\pm 0.07$  ve  $0.87\pm 0.02$  olarak bulunmuştur. Ön işlem gören örneklere uygulanan 300 ve 400 W mikrodalga ışın gücü ile büzülme değerleri birbirlerine yakın değerler almıştır. Ön işlem gören örneklere 500 W, ön işlem görmeyen örneklere ise 300 ve 400 W mikrodalga uygulamasında örneklerin büzülme değerleri yaklaşık olarak aynıdır. En düşük büzülme değeri ön işlem görmeyen örneklerin 400 W ışın uygulamasında elde edilmiştir (Şekil 4.27).

Sabit 80°C sıcaklık ve farklı mikrodalga güçleri (300, 400 ve 500 W) uygulaması ile kurutulan ön işlem gören örneklerin büzülme değerleri  $0.89\pm 0.03$ ,  $0.87\pm 0.04$  ve  $0.89\pm 0.01$  olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4.27). Ön işlem görmeyen

örneklerde ise  $0.88 \pm 0.03$ ,  $0.87 \pm 0.01$  ve  $0.88 \pm 0.02$  değerleri elde edilmiştir. Hem ön işlem gören hem de görmeyen örnekler uygulanan 400 W mikrodalga ışın gücü düzeyinde örneklerin hacimsel büzülme değerlerinin birbirine yakın olduğu belirlenmiştir. Bununla beraber mikrodalga uygulamaları arasında çok büyük farklılıklar oluşmadığı saptanmıştır.



Şekil 4.27. Sabit kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ve farklı mikrodalga güçleri (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin hacimsel büzülme değerleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Sıcak hava ile kurutmada olduğu gibi bütün kurutma koşulları altında örneklerin hacim ağırlıklarının taze örneğe göre daha yüksek değerlere ulaştığı belirlenmiştir. Nem içeriğinin azalması ile özgül ağırlığında yükselme meydana gelmiştir. Bu sonuç Krokida ve Marolius (1997) yaptıkları çalışma ile örtüşmektedir. Örneklerin hacim ağırlıklarında mikrodalga ışın uygulamaları ile çok farklılık oluşmamıştır.

Kuru örneklerin hacimsel büzülme değerlerinin oldukça yüksek olduğu saptanmıştır. Örnekler sabit sıcaklık altında farklı mikrodalga ışın gücü uygulamalarında güç düzeyindeki değişimin örnek büzülmesine etkisinin çok fazla olmadığı saptanmıştır. Kurutma havası sıcaklığının artışı ile örneklerin hacimsel büzülmesi yükselmiştir. Kurutma havası sıcaklığının artışı ve uygulanan mikrodalga örnek iç kısmından hızlı bir şekilde nem akışı meydana getirmiş, böylelikle hücrelerde hızlı büzülmeye neden olmuştur. Örneklerde oluşan hızlı içyapı bozulması sonucunda, hacimsel büzülmede artış meydana gelmiştir. Bilindiği gibi örneklerin şekil değişimleri ürün geometrisi yanında, kurutma metodu ve kurutma koşullarına bağlı olarak değişim göstermektedir.

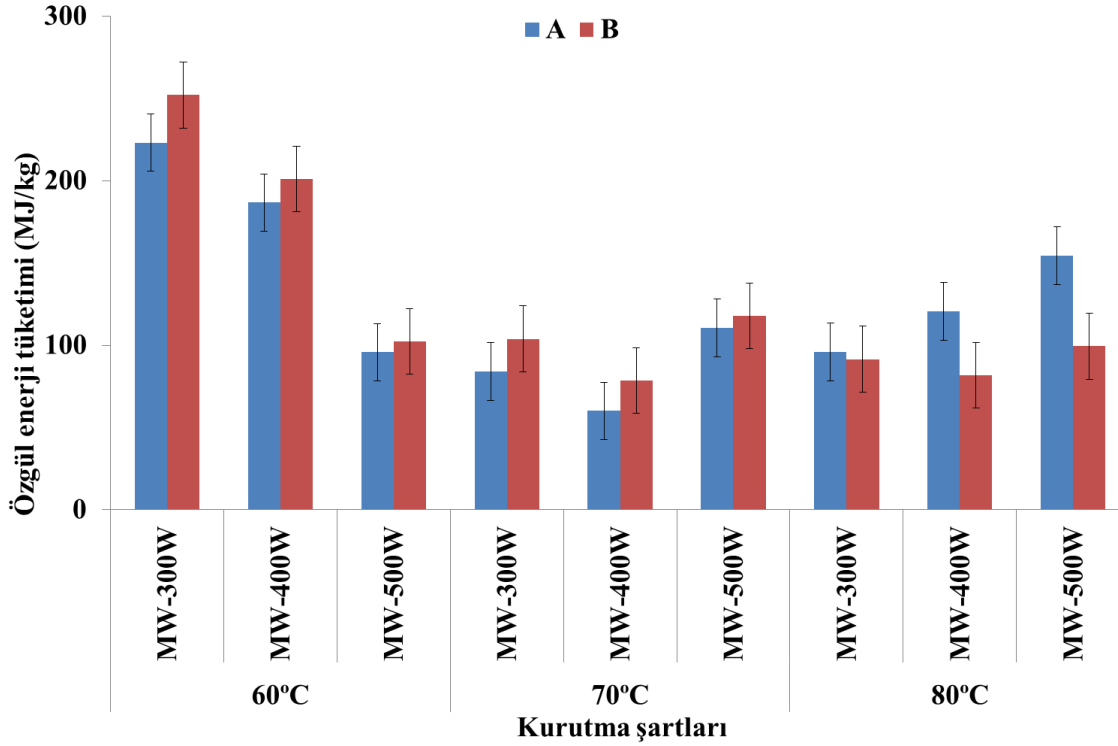
#### 4.2.5. Özgül enerji tüketimi

Farklı kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ve mikrodalga güç seviyelerinde (300, 400 ve 500 W) kurutulan Stanley erik çeşidinin kurutulması için gerekli özgül enerji tüketimi Şekil 4.28’de verilmiştir.

Kurutma havası sıcaklığı 60°C ve farklı mikrodalga ışın güçlerinde (300, 400 ve 500 W) kurutulan ön işlem gören örneklerin enerji tüketimleri mikrodalga ışın sıralamasına göre 223.20, 186.66 ve 95.70 MJ/kg su olarak belirlenmiştir. Ön işlem görmeyen örneklerde ise bu değerler sırasıyla 252.03, 201.16 ve 102.36 MJ/kg su olarak elde edilmiştir. Ön işlem gören ve görmeyen örneklere uygulanan mikrodalga ışın gücünün artışı ile enerji tüketimi azalmıştır. Ön işlem görmeyen örneklerin kurutulması için kullanılan enerji, ön işlem gören örneklere göre daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Alibas (2006) pazı yaprağının farklı mikrodalga ışın gücü kullanarak kurutulduğunda enerji tüketiminde fark olmadığını raporlamıştır. Bununla birlikte farklı sıcaklık ve mikrodalga gücü kullanarak kurutma yapıldığı zaman hem uygulanan sıcaklığın hem de mikrodalga gücünün artışı ile enerji tüketiminde azalma meydana geldiğini bildirmiştir. Çelen ve Kahveci (2013) domatesin mikrodalga ile kurutulmasında mikrodalga güç seviyesinin artışı ile özgül enerji tüketiminin azaldığını saptamışlardır.

Sabit kurutma havası sıcaklığı (70°C) ve farklı mikrodalga ışın güçleri (300, 400 ve 500 W) şartlarında kurutulan ön işlem görmüş örneklerin özgül enerji tüketimleri (mikrodalga sıralamasına göre) 84.06, 60.10 ve 110.65 MJ/kg su olarak tespit edilmiştir. Ön işlem görmeyen örneklerde ise 103.89, 78.61 ve 117.81 MJ/kg su değerleri bulunmuştur. Mikrodalga ışın gücünün artışı ile her iki örnek için enerji tüketiminde artış meydana geldiği saptanmıştır. Uygulanan kurutma havası sıcaklığının ve kullanılan mikrodalga güç seviyesinin yüksek olması, ürünün kurutulması sırasında özgül enerji tüketiminde artışa neden olmuştur. Örneklerin her ikisine de uygulanan 400 W mikrodalga ışın gücü ile en düşük özgül enerji tüketimine ulaşılmıştır. Ön işlem görmeyen örneklerde kullanılan enerjinin ön işlem gören örneklere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Sıcaklığın 80°C ve farklı mikrodalga ışın güçlerin 300, 400 ve 500 W olması durumunda ön işlem gören örneklerin özgül enerji tüketimleri sırası ile 95.91, 120.44 ve 154.50 MJ/kg su olarak gerçekleşirken, ön işlem görmeyenlerde ise 91.57, 81.86 ve 99.36 MJ/kg su değerleri hesaplanmıştır. Ön işlem gören örneklerin özgül enerji tüketimlerinin ön işlem görmeyen örneklere göre oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Her iki örneğe 400 W ışın gücü kullanıldığı da enerji tüketiminin azaldığı saptanmıştır. Kurutma havası sıcaklığının yüksekliği ve mikrodalga ışın yoğunluğunun artışı, kurutma için kullanılan enerji miktarının yükselmesine neden olmuştur.



Şekil 4.28. Farklı kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ve mikrodalga ışın güç seviyeleri (300, 400 ve 500 W) uygulamaları sonucu kurutucunun özgül enerji tüketimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Düşük kurutma havası sıcaklığında (60°C) bütün mikrodalga ışın güçleri için enerji tüketiminin diğer kurutma havası sıcaklıklarına göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Hem ön işlem gören hem de görmeyen örneklerin 70°C kurutma havası sıcaklığı ve 400 W mikrodalga ışın gücünde en düşük enerji tüketimi olduğu belirlenmiştir.

### 4.3. Stanley Erik Çeşidinin Kızılötesi Işın Destekli Isıtılmış Hava ile Kurutulması

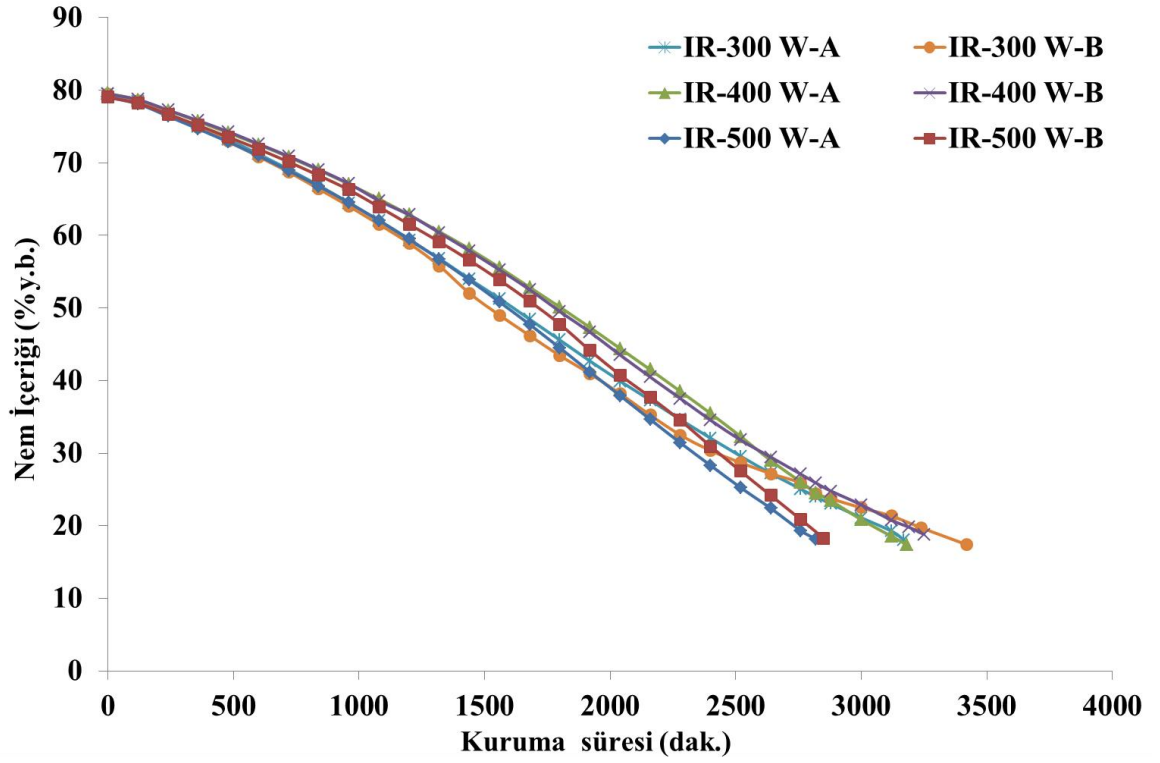
#### 4.3.1. Meyve nem içeriği ve kuruma hızı değişimi

Stanley erik çeşidinin ısıtılmış hava destekli kızılötesi ışın ile kurutulmasında her denemede ortalama %80.77 (y.b.) ilk nem içeriğinde 826 g örnek kullanılmıştır. Denemeler 60, 70 ve 80°C sabit kurutma havası sıcaklıkları ve 300, 400 ve 500 W kızılötesi ışın gücü seviyelerinde yürütülmüştür.

Kurutma havası sıcaklığının 60°C’de sabit ve farklı kızılötesi ışın gücü (300, 400 ve 500 W) kullanımı ile kurutulan örneklerin zamanla nem içeriğindeki değişim Şekil 4.29’da ve kuruma hızındaki değişim ise Şekil 4.30’da verilmiştir.

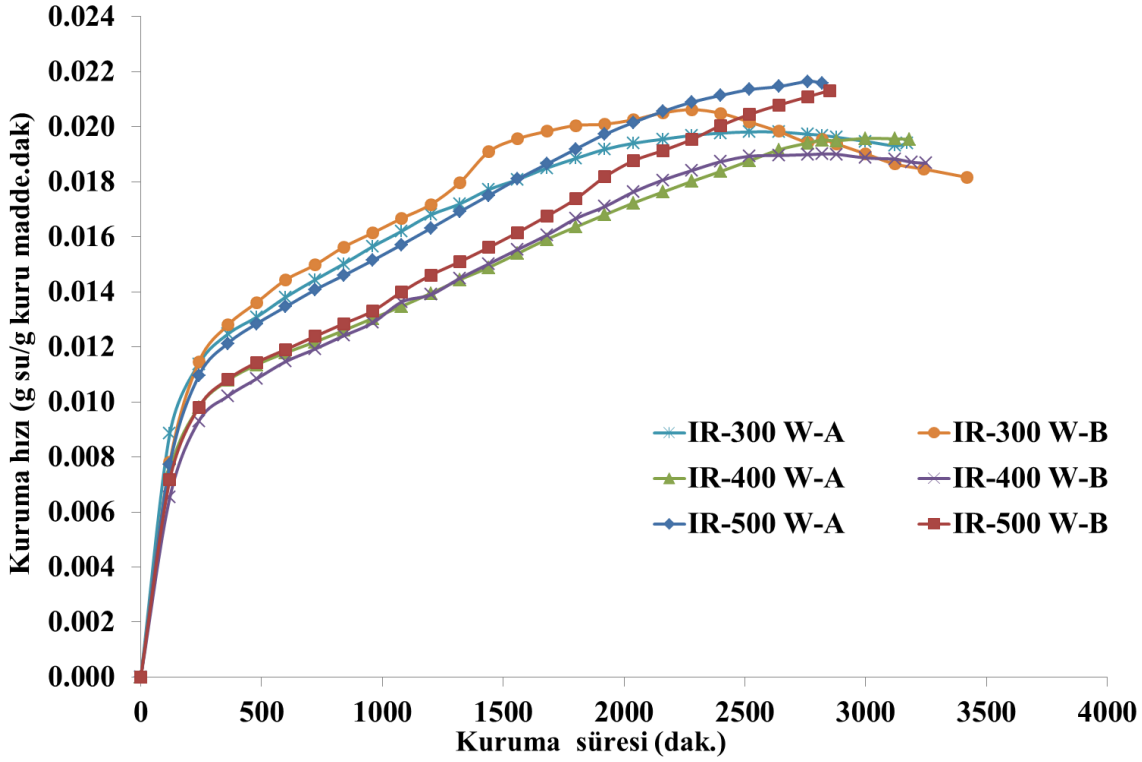
Ön işlem gören örneklerle uygulanan farklı kızılötesi ışın güçlerine bağlı olarak örneklerin %20 (y.b.) nem içeriğine ulaşma süreleri (300, 400 ve 500 W lamba gücü sıralamasına göre) 3074 dak (51 saat 14 dak), 3044 dak (50 saat 44 dak) ve 2732 dak (45 saat 32 dk) olmuştur. Ön işlem görmeyen örneklerin son nem içeriğine 3218 dak (53

saat 38 dak), 3176 dak (52 saat 56 dak) ve 2790 dak (46 saat 30 dak) içerisinde ulaştıkları saptanmıştır. Ön işlem gören ile görmeyen örnekler arasında kuruma sürelerinin birbirlerine yakın olduğu, kızılötesi ışın gücünün artışı ile kurutma süreleri arasındaki farkın azaldığı saptanmıştır. Her iki örneğe uygulanan kızılötesi ışın gücünün artışı ile kuruma süresinde azalma meydana gelmiştir. Kızılötesi ışın gücünün artışı ile kuruma süresi ön işlem gören örneklerde %12.25, görmeyen örneklerde ise %15.34 oranında azalma meydana geldiği saptanmıştır.



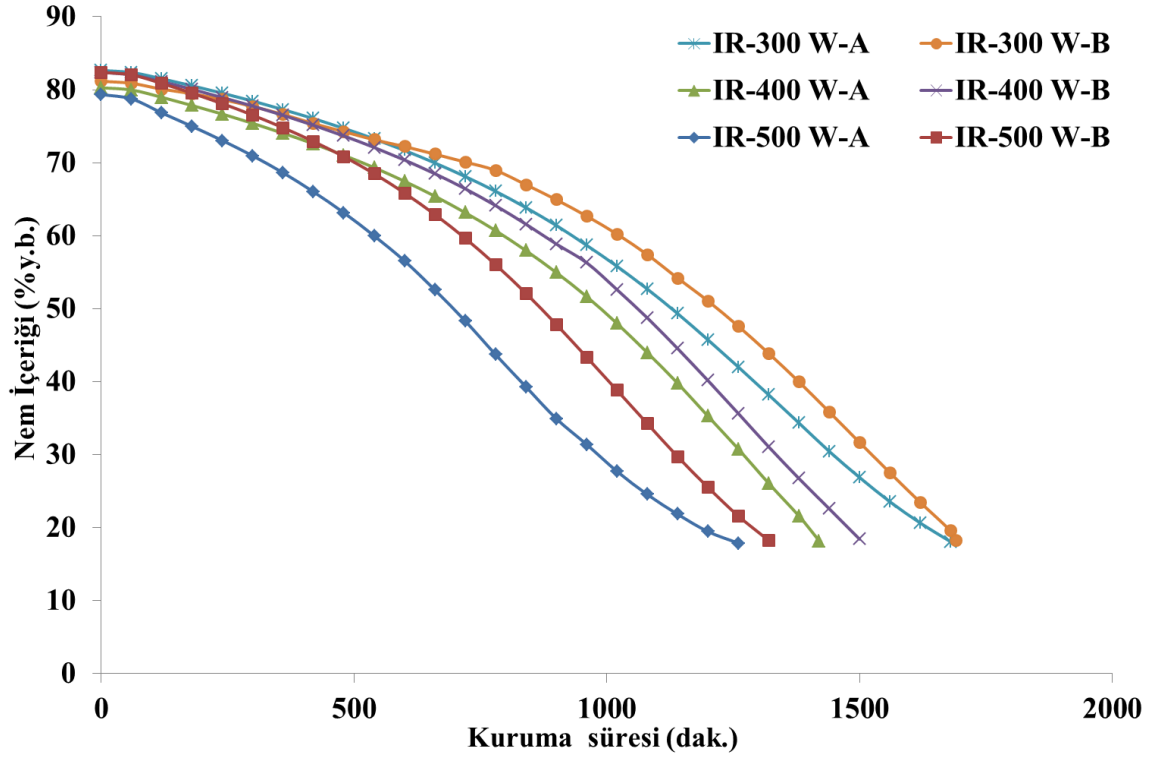
Şekil 4.29. Kurutma havası sıcaklığı 60°C ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400, 500 W) şartlarında kurutulan örneklerin zamanla nem içeriği değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Örneklerin kuruma hızları incelendiğinde en yüksek kuruma hızına ön işlem gören örneklerde 500 W kızılötesi ışın uygulamasında 0.0213 g su/g kuru madde dakika değeri ile ulaşıldığı saptanmıştır. Örnekler uygulanan 300 W kızılötesi ışın seviyesinde kuruma sürecinin 360-1560. dakikaları arasında yüksek kuruma hızı elde edilmiştir. Bu süreçten sonra kuruma hızında belirgin bir düşüş meydana gelmiştir.



Şekil 4.30. Kurutma havası sıcaklığı 60°C ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400, 500 W) şartlarında kurutulan örneklerin zamanla kuruma hızı değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

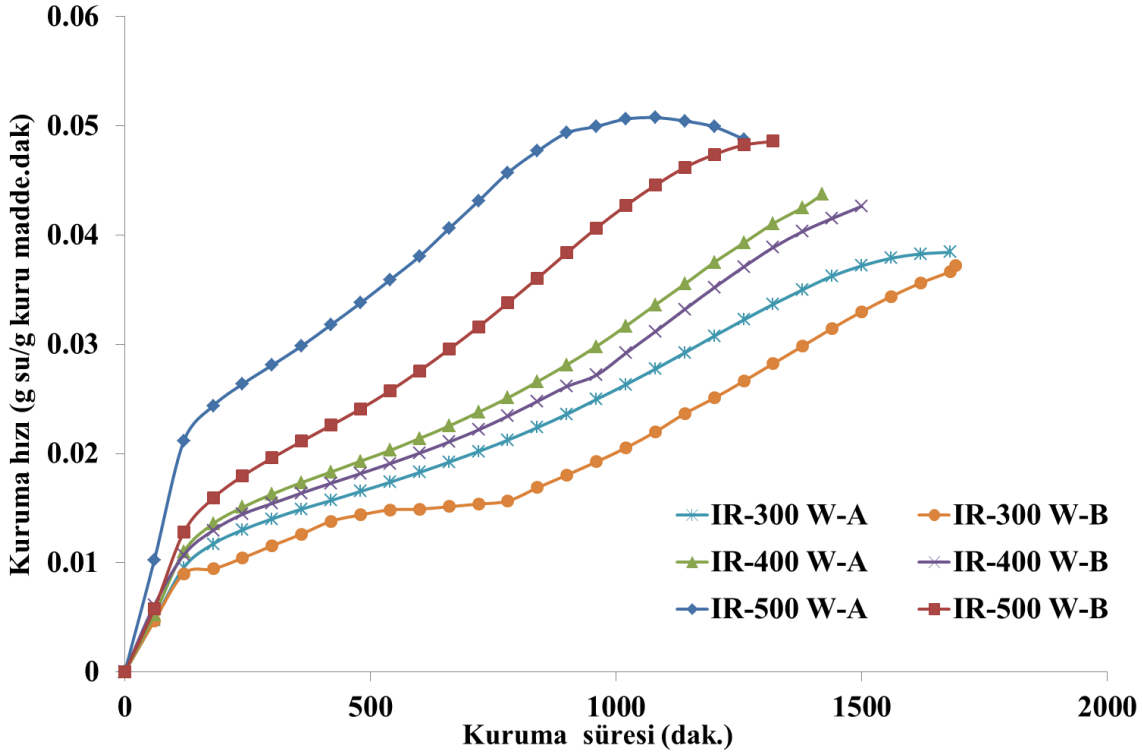
Sabit kurutma havası sıcaklığı (70°C) ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin zamanla nem içeriği değişimi belirlenmiştir (Şekil 4.31). Ön işlem gören örneklerin kızılötesi ışın sıralamasına göre %20 (y.b.) nem içeriğine ulaşmaları için geçen süre 1634 dak (27 saat 14 dak), 1399 dak (23 saat 19 dak) ve 1184 dak (19 saat 44 dak) olarak belirlenmiştir. Aynı sıra ile ön işlem görmeyen örneklerin kuruma süreleri 1674 dak (27 saat 54 dak), 1478 dak (24 saat 38 dak) ve 1288 dak (21 saat 28 dak) olarak saptanmıştır. Her iki örneğe uygulanan kızılötesi ışın gücünün artışı ile örneklerin kuruma sürelerinde azalma meydana gelmiştir. Ön işlem gören ve görmeyen örneklere uygulanan kızılötesi ışın gücünün artışı ile kuruma süreleri arasındaki farkta artmıştır. Kızılötesi ışın gücünün artışı ile kuruma sürelerinde ön işlem gören örneklerde %38.01, işlem görmeyenlerde ise %29.97 oranında azalma oluşmuştur.



Şekil 4.31. Kurutma havası sıcaklığı 70°C ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400, 500 W) şartlarında kurutulan örneklerin zamanla nem içeriği değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

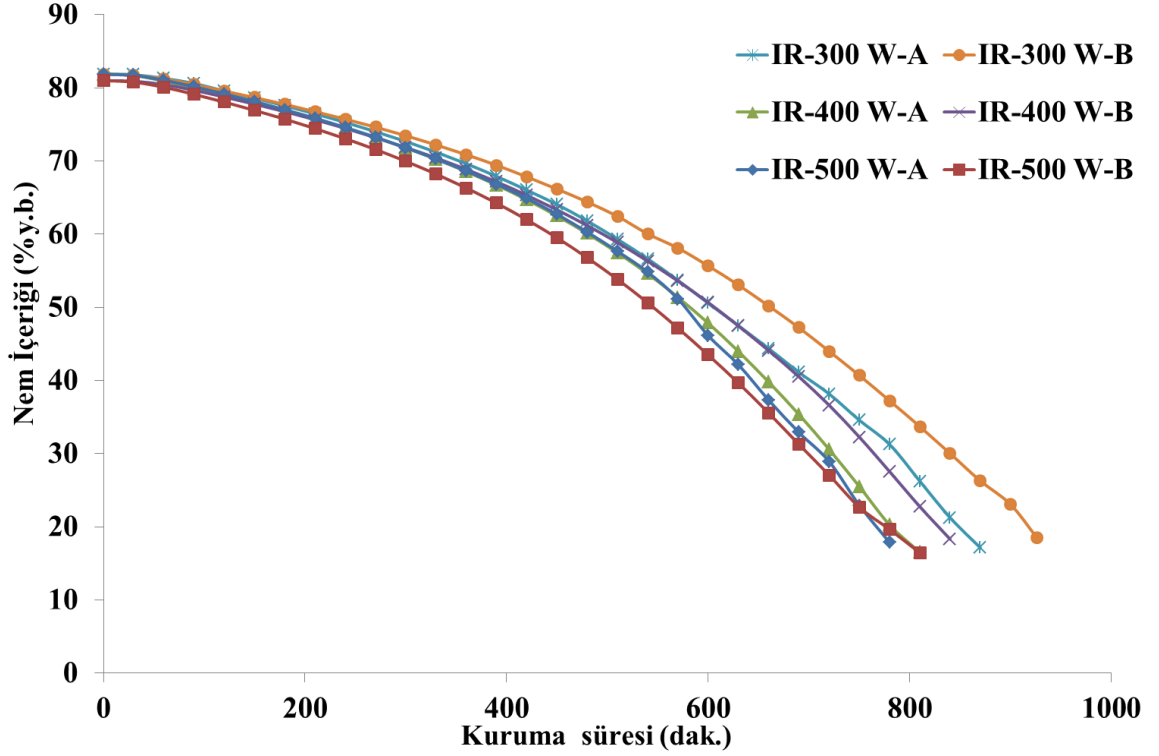
Örneklerin kuruma hızları incelendiği zaman (Şekil 4.32), yüksek kızılötesi ışın uygulamasında yüksek, düşük kızılötesi ışın uygulamasında düşük kuruma hızı meydana geldiği saptanmıştır. En yüksek kuruma hızı ön işlem gören örneklerin 500 W kızılötesi ışın uygulamasında 0.051 g su/g kuru madde.dakika olarak belirlenmiştir. En düşük kuruma hızı ise, ön işlem görmeyen örneklerin 300 W kızılötesi ışın ile kurutulmaları esnasında gerçekleşmiştir.





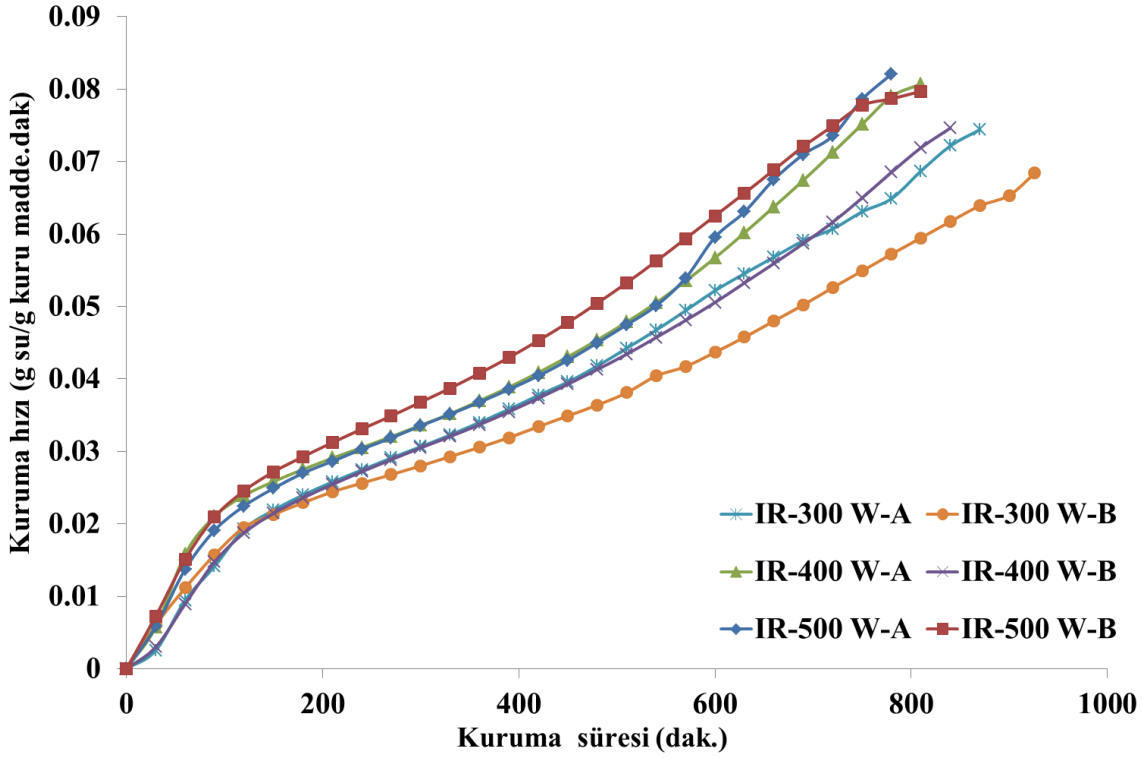
Şekil 4.32. Kurutma havası sıcaklığı 70°C ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400, 500 W) şartlarında kurutulan örneklerin zamanla kuruma hızı değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Örneklerin 80°C kurutma havası sıcaklığı ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400 ve 500 W) şartlarında kurutulmasında zamanla nem içeriği değişimi Şekil 4.33'de verilmiştir. Kızılötesi ışın gücünün 300, 400 ve 500 W olması durumunda ön işlem gören örneklerin %20 (y.b.) nem içeriğine ulaşmaları sırasıyla 849 dak (14 saat 9 dak), 782 dak (13 saat 2 dak) ve 767 dakikada (12 saat 47 dak) gerçekleşmiştir. Ön işlem görmeyen örnekler aynı sıralama ile 918 dak (15 saat 18 dak), 828 dak (13 saat 48 dak) ve 779 dakikada (12 saat 59 dak) kurutulmuştur. Kızılötesi ışın gücünün artışı ile kuruma sürelerinde ön işlem gören örneklerde %10.69, işlem görmeyenlerde ise %17.84 oranında azalma oluşmuştur. Ön işlem gören ve görmeyen örnekler birbirlerine yakın sürelerde kurumaları tamamlamış, kızılötesi ışın gücünün artışı ile ön işlem gören ve görmeyen örneklerin kuruma süreleri arasındaki fark oldukça azalmıştır.



Şekil 4.33. Kurutma havası sıcaklığı 80°C ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400, 500 W) şartlarında kurutulan örneklerin zamanla nem içeriği değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Sabit kurutma sıcaklığı (80°C) ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400 ve 500 W) uygulamalarında örneklerin zamanla kuruma hızındaki değişimler Şekil 4.34’de verilmiştir. Ön işlem görmeyen örneklere uygulanan 500 W kızılötesi ışın gücü uygulamasında kurutmanın başından itibaren kuruma hızının diğer örneklere oranla çok yüksek olduğu görülmüştür. Bununla beraber en yüksek kuruma hızı 0.082 g su/g kuru madde.dakika değeri ile ön işlem gören örneklerin 500 W kızılötesi ışın uygulamasında elde edilmiştir. Ön işlem gören örneklerin 400 ve 500 W kızılötesi ışın güçleri seviyesinde kuruma hızı kurutmanın yaklaşık 570 dakikalık kısmında birbirlerine çok yakın olurken, ön işlem gören örneklerin 300 W ışın gücü ile ön işlem görmeyen örneklerin 400 W ışın gücünde kurutma işleminin yaklaşık 690 dakikasına kadar birbirlerine yakın değerler aldıkları belirlenmiştir. Kurutma işlemi boyunca ön işlem görmeyen örneklerin 300 W kızılötesi ışın uygulamasında kuruma hızının diğer güç düzeylerine göre daha yavaş olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.34. Kurutma havası sıcaklığı 80°C ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400, 500 W) şartlarında kurutulan örneklerin zamanla kuruma hızı değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Her üç kurutma havası sıcaklığında (60, 70 ve 80°C) uygulanan kızılötesi ışın gücünün artışı ile ürünün kuruma süresi azalmıştır. Kızılötesi ışın kullanılarak dilimlenmiş soğanın (Sharma vd 2005a), kırmızıbiber, elma ve pırasanın (Nasıroğlu, 2007), kırmızıbiberin (Nasıroğlu and Kocabiyik, 2009), havucun (Kocabiyik ve Tezer, 2009), patatesin (Doymaz, 2012) ve havuç posasının (Doymaz, 2013) kurutulması çalışmalarında kızılötesi ışın yoğunluğunun artışı ile kuruma süresinin azaldığı bildirilmiştir.

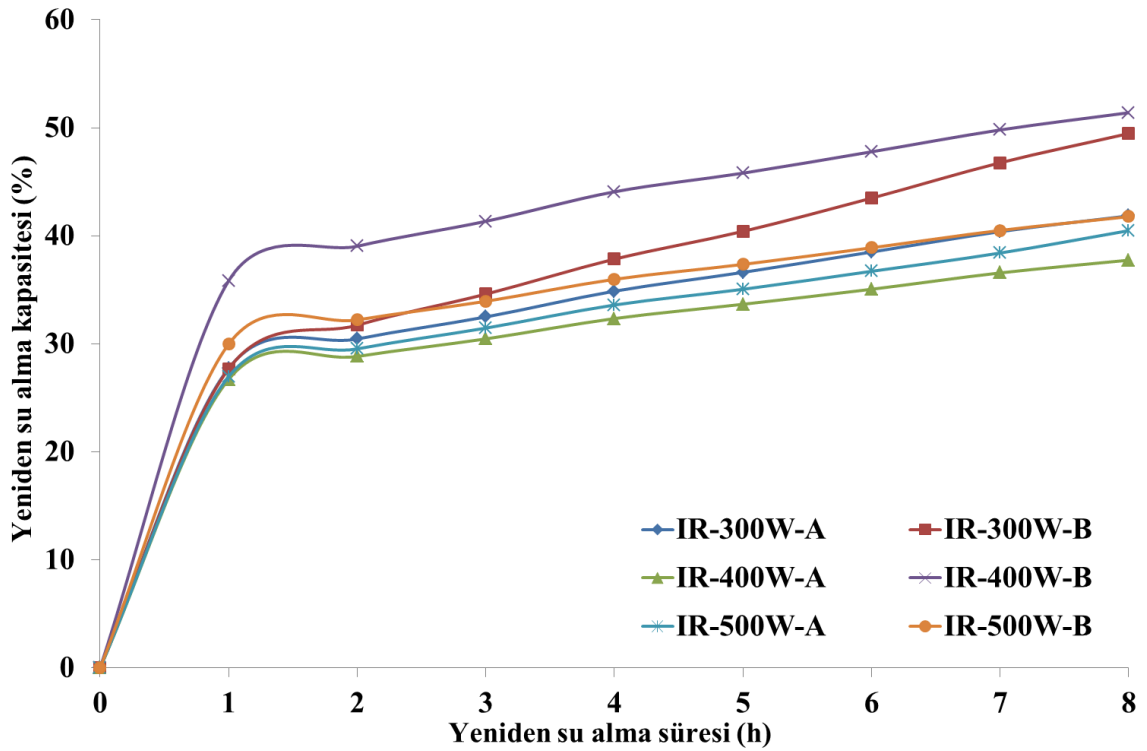
Her iki örneğe uygulanan kurutma havası sıcaklığı ve kızılötesi ışın gücü, kuruma süresini ve kuruma hızını etkileyen faktörler olmuştur. Kurutma havası sıcaklıklarında kuruma işleminin başlarında kuruma hızı yüksek bulunmuştur ve kuruma süreci içerisinde nem içeriğinin azalmasına bağlı olarak kuruma hızı da yavaşlamıştır.

#### 4.3.2. Yeniden su alma kapasitesi

Çalışma esnasında her biri ortalama  $10.507 \pm 0.002$  g ağırlığında üç kurutulmuş örnek grubu kullanılarak yeniden su alma kapasiteleri belirlenmiştir. Bu örnekler oda sıcaklığında saf su içerisinde sekiz saat boyunca takip edildiği gibi, 24 saat sonundaki değerleri de ölçülmüştür.

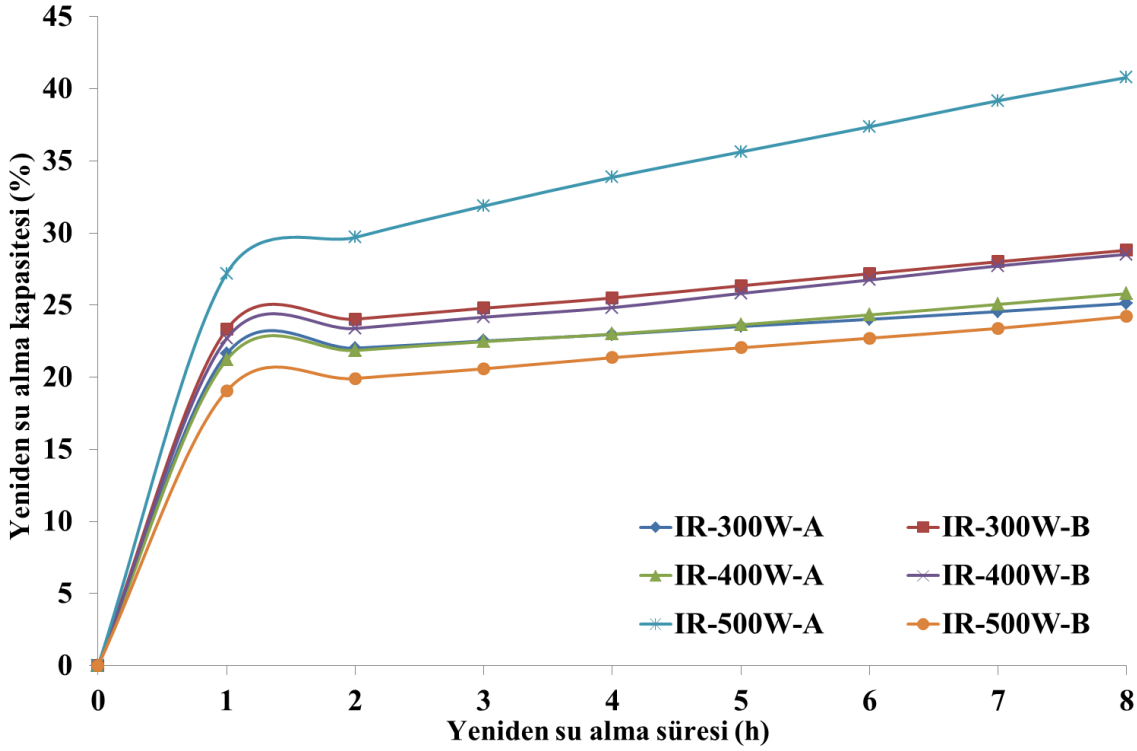
Sabit kurutma havası sıcaklığı (60°C) ve farklı kızılötesi ışın güçleri seviyelerinde (300, 400 ve 500 W) kurutulan ön işlem gören örneklerin sekiz saat

sonraki yeniden su alma kapasiteleri sırasıyla %41.85, 37.75 ve 40.48 değerlerine ulaşmıştır. Ön işlem görmeyen örneklerde ise (kızılötesi ışın gücü sıralamasına göre) bu değer %49.47, 51.39 ve 41.77 olarak belirlenmiştir. Ön işlem gören örnekler 400 W kızılötesi ışın uygulaması ile en düşük, aynı kurutma koşulu altında kurutulan ön işlem görmeyen örneklerde ise en yüksek kapasite elde edilmiştir (Şekil 4.35). Ön işlem gören örneklerin yeniden su alma kapasiteleri ile ön işlem görmeyenler birbirlerine yakın değerler aldıkları saptanmıştır.



Şekil 4.35. Sabit kurutma havası sıcaklığı (60°C) ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin saatlik yeniden su alma kapasitesi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

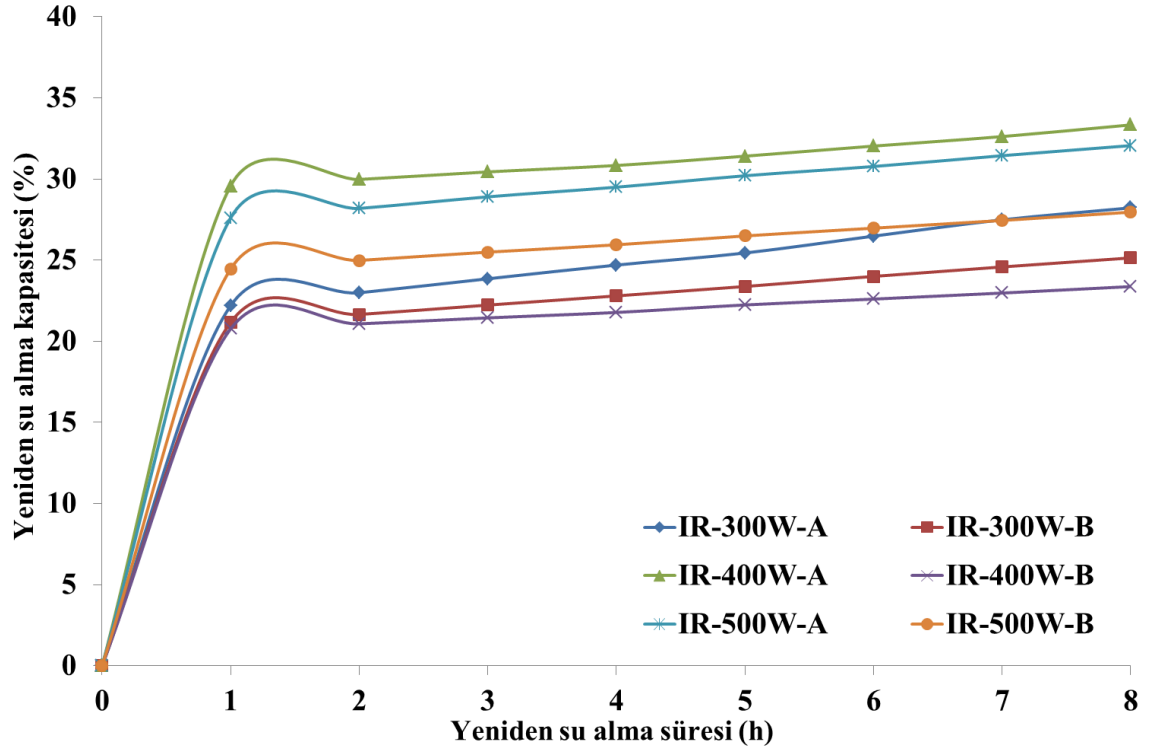
Kurutma havası sıcaklığının 70°C ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400 ve 500 W) şartlarında kurutulan ön işlem gören örneklerin yeniden su alma kapasiteleri %25.12, 25.80 ve 40.79 olarak belirlenmiştir. Ön işlem görmeyen örneklerde ise bu değerler aynı sırayla %28.81, 28.79 ve 24.22 olarak saptanmıştır. Ön işlem gören örneklerde uygulanan kızılötesi ışın gücünün artışı ile su alma kapasitesi yükselirken, ön işlem gören örneklerde kapasitenin düştüğü görülmüştür. En yüksek değer ön işlem gören örneklerin 500 W kızılötesi lamba gücünde elde edilirken, ön işlem görmeyen örnekler aynı kurutma koşullarına tabi tutulduğunda yeniden su alma kapasitesine olumsuz etkisi olmuştur. Kurutulan örneklerin gözenek yapılarındaki bozulmalar ürünün yeniden su alma kapasitesini etkilemektedir. Ön işlem görmeyen örneklerin daha düşük yeniden su alma kapasite değerlerini alması gözeneklilik yapısında oluşan bozulmanın nedeni olarak açıklanabilir. Her iki örneğin 300 ve 400 W ışın gücü altında kurutulduğunda saatlik yeniden su alma kapasitesinin birbirlerine çok yakın olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.36).



Şekil 4.36. Sabit kurutma havası sıcaklığı (70°C) ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin saatlik yeniden su alma kapasitesi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Şekil 4.37’de sabit kurutma havası sıcaklığı (80°C) ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin saatlik yeniden su alma kapasiteleri verilmiştir. Ön işlem gören örneklerin kızılötesi güç sıralamasına göre yeniden su alma kapasiteleri %28.23, 33.34 ve 32.06 değerlerini almıştır. Ön işlem görmeyen örneklerde ise aynı sıralama ile %25.138, 23.370 ve 27.959 değerleri elde edilmiştir. Ön işlem gören örneklere 400 W güç uygulamasında en yüksek kapasite elde edilirken, aynı güç ön işlem görmeyen örneklere uygulandığı zaman yeniden su alma kapasitesinin düşük seviyelerde olduğu saptanmıştır.

60°C kurutma havası sıcaklığında uygulanan tüm güç seviyelerinde diğer kurutma koşullarından daha yüksek yeniden su alma kapasitesi oluşmuştur. Ürünün yeniden su alma kapasitesi örneklerin hücre yapısına bağlı olan ürün özelliğidir. Saatlik değişen kapasiteye bakıldığı zaman, örneklere uygulanan hava sıcaklığının yükselmesi ve uygulanan güçlerin ürün gözeneklilik yapısını olumsuz etkilediği söylenebilir.



Şekil 4.37. Sabit kurutma havası sıcaklığı (80°C) ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin saatlik yeniden su alma kapasitesi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Farklı kurutma şartları uygulanan örneklerin 24 saatlik yeniden su alma verileri Şekil 4.38'de verilmiştir. Yeniden su alma kapasitesi analizi sonucuna göre ön işlem gören örneklerin 60°C sıcaklık ve farklı kızılötesi ışın gücü (300, 400 ve 500 W) uygulamaları ile bu değer sırası ile %58.83, 51.72, 55.13 olmuştur. Ön işlem görmeyen örneklerde aynı sıralama ile %67.77, 71.00 ve 56.91 değerlerine ulaşılmıştır. Ön işlem gören örneklerde uygulanan gücün artışı ile yeniden su alma kapasitesinde azalma meydana gelmiştir. En yüksek yeniden su alma kapasitesi ön işlem görmeyen örneklerde 400 W lamba gücü uygulamasında elde edilmiştir. Ön işlem görmeyen örneklerde görenlere göre daha yüksek su alma kapasitesine ulaşılmıştır. Bu sonuca bağlı olarak örneklerde uygulanan ön işlemin hücre yapısını olumsuz etkilediği vurgulanmıştır.

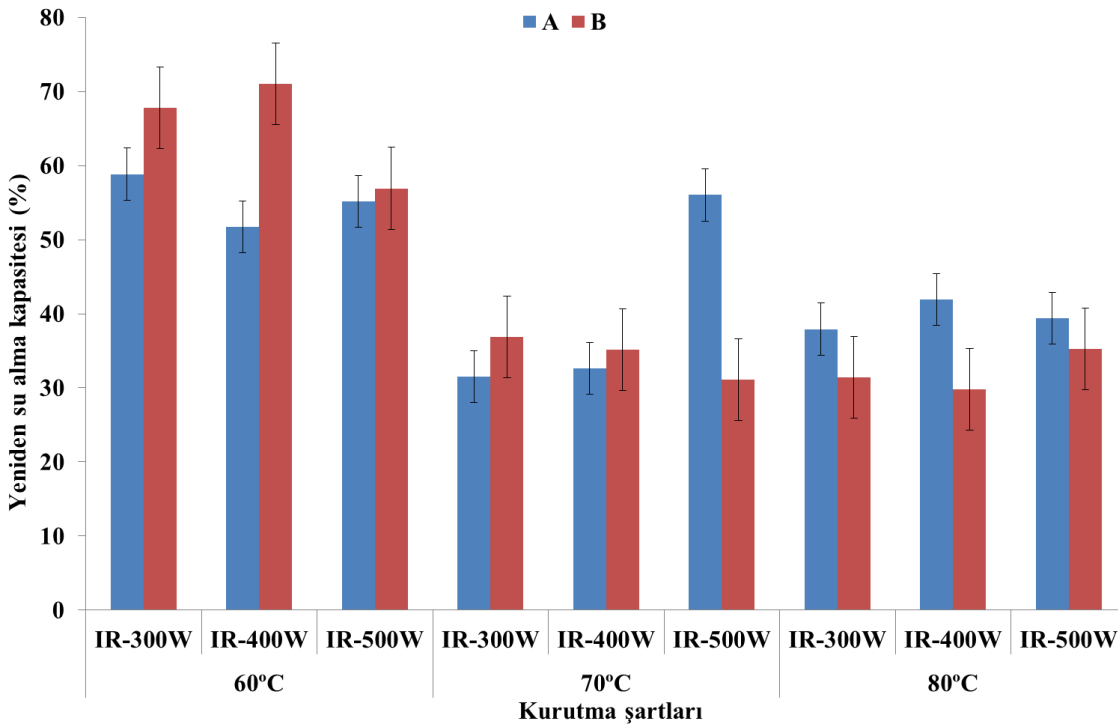
Kurutma havası sıcaklığı 70°C olduğunda kızılötesi ışın sıralamasına göre yeniden su alma kapasiteleri ön işlem gören örneklerde %31.51, 32.80 ve 56.04, ön işlem görmeyen örneklerde %36.84, 35.14 ve 31.10 değerlerine ulaşmıştır. Ön işlem gören örneklerde uygulanan gücün artışı ile yeniden su alma kapasitesi artmış, ön işlem görmeyen örneklerde ise azalma meydana gelmiştir. En yüksek kapasite ön işlem gören örneklerde 500 W gücünün kullanılması sonucunda elde edilmiştir. Lamba gücünün 300 ve 400 W olması durumunda ön işlem gören örneklerin yeniden su alma kapasitelerinin ön işlem görmeyenlere göre daha düşük olduğu saptanmıştır.

Sıcaklığın 80°C olması durumunda ön işlem gören örneklerin yeniden su alma kapasiteleri kızılötesi ışın gücü sıralamasına göre %37.91, 41.92 ve 39.41, ön işlem

görmeyenlerde ise %31.42, 29.81 ve 35.26 değerlerine ulaşılmıştır. En yüksek yeniden su alma kapasitesi ön işlem gören örneklerde 400 W lamba gücü uygulaması ile elde edilmiştir. Ön işlem uygulaması sonucunda elde edilen kapasitenin, ön işlem görmeyenlere göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Doymaz (2014) domatesin kızılötesi ışın ile kurutulmasında örneklere uygulanan ışın gücünün azalması ile yeniden su alma kapasitesinin arttığını ve güç seviyesindeki artışın bu değeri olumsuz etkilediğini bildirmiştir.

Kurutma havası sıcaklığının 60°C olması durumunda ürünün yeniden su alma kapasitesinin diğer uygulamalara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Örneklere uygulanan kurutma havası sıcaklığının yükselmesi ile örnek su alma kapasitesinde azalma meydana gelmiştir. Bu sonucu bağlı olarak; hem kurutma havası sıcaklığının yüksekliği hem de kızılötesi ışın uygulaması, örneklerin hücre yapılarında bozulma meydana getirmiştir. Ön işlem gören örneklere uygulanan kurutma havası sıcaklığının 80°C olması durumunda tüm güç seviyelerinde yeniden su alma kapasitesinin ön işlem görmeyenlere göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.38. Sabit kurutma havası sıcaklığı (60, 70 ve 80°C) ve farklı kızılötesi ışın güçlerinde (300, 400 ve 500 W) kurutulan örneklerin oda sıcaklığında 24 saat sonundaki yeniden su alma kapasitesi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

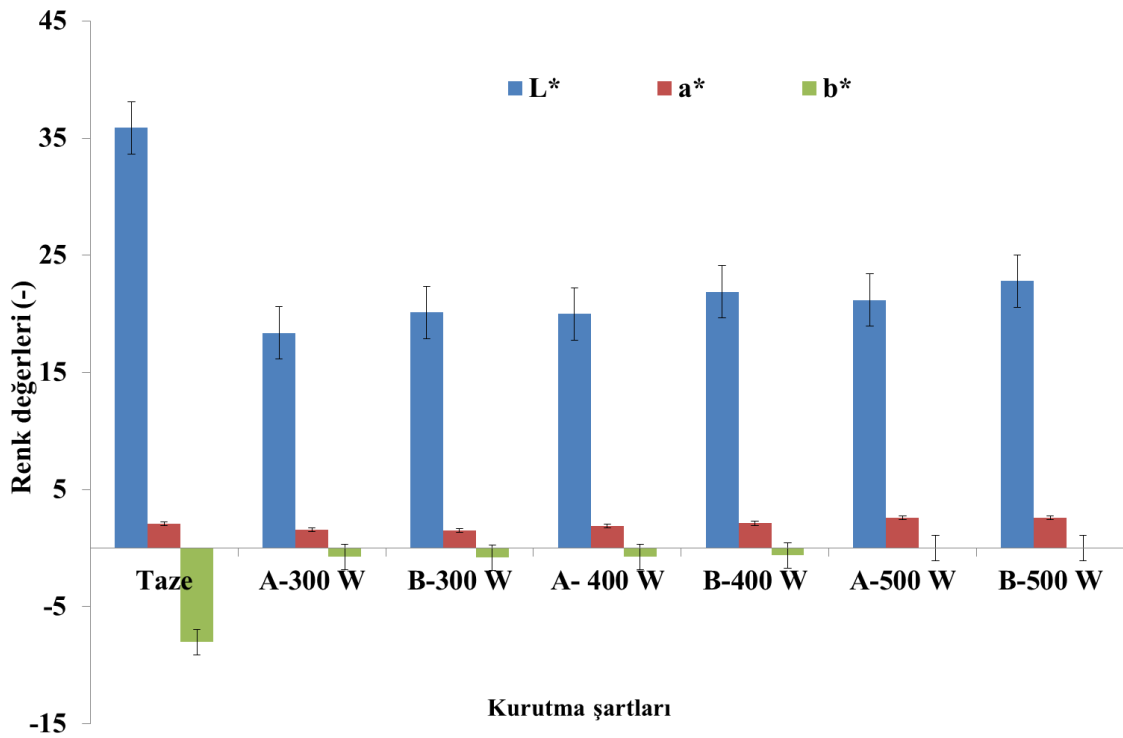
#### 4.3.3. Renk değişimi

Sabit kurutma havası sıcaklığı (60°C) ve farklı kızılötesi ışın gücü seviyelerinde (300, 400 ve 500 W) kurutulan örneklerin renk değişimleri Şekil 4.39'da verilmiştir. Ön işlem gören ürünlerin L\* değeri 300, 400 ve 500 W kızılötesi lamba gücü sıralamasına

göre  $18.38 \pm 0.72$ ,  $20.00 \pm 0.32$  ve  $21.18 \pm 0.12$  olarak saptanmıştır. Aynı sıralama ile ön işlem görmeyen örneklerde  $20.12 \pm 0.61$ ,  $21.88 \pm 0.77$  ve  $22.78 \pm 0.81$  değerlerine ulaşılmıştır. Her iki örneğe uygulanan kızılötesi ışın gücünün artışı ile örnek parlaklık değerinde de artış meydana gelmiştir.

Kırmızılık-yeşilliği ifade eden  $a^*$  renk parametresi (300, 400 ve 500 W) kızılötesi ışın gücü sıralamasına göre ön işlem gören örneklerde  $1.57 \pm 0.15$ ,  $1.88 \pm 0.54$  ve  $2.61 \pm 0.59$  olarak hesaplanmıştır. Ön işlem görmeyen örneklerde ise  $1.51 \pm 0.03$ ,  $2.11 \pm 0.30$  ve  $2.58 \pm 0.25$  değerlerine ulaşılmıştır. Ön işlem gören ve görmeyen örneklere uygulanan kızılötesi ışın gücünün artışı ile örnek  $a^*$  değeri pozitif yönde artış göstermiş ve örnekler kırmızılık renk bölgesinde kalmıştır.

Mavi-sarılık parametresi ( $b^*$ ) ön işlem gören örneklerde kızılötesi ışın gücü sıralamasına göre  $-0.73 \pm 0.16$ ,  $-0.75 \pm 0.14$  ve  $0.00 \pm 0.49$  iken, ön işlem görmeyenlerde ise  $-0.82 \pm 0.17$ ,  $-0.61 \pm 0.43$  ve  $0.00 \pm 0.45$  değerlerini almıştır. Her iki örneğe uygulanan kızılötesi ışın gücünün artışı ile örnek  $b^*$  değerlerinin pozitif bölgeye yaklaştığı saptanmıştır. Renk skalasında örneklerin sarılık bölgesine doğru yaklaştıkları belirlenmiştir.

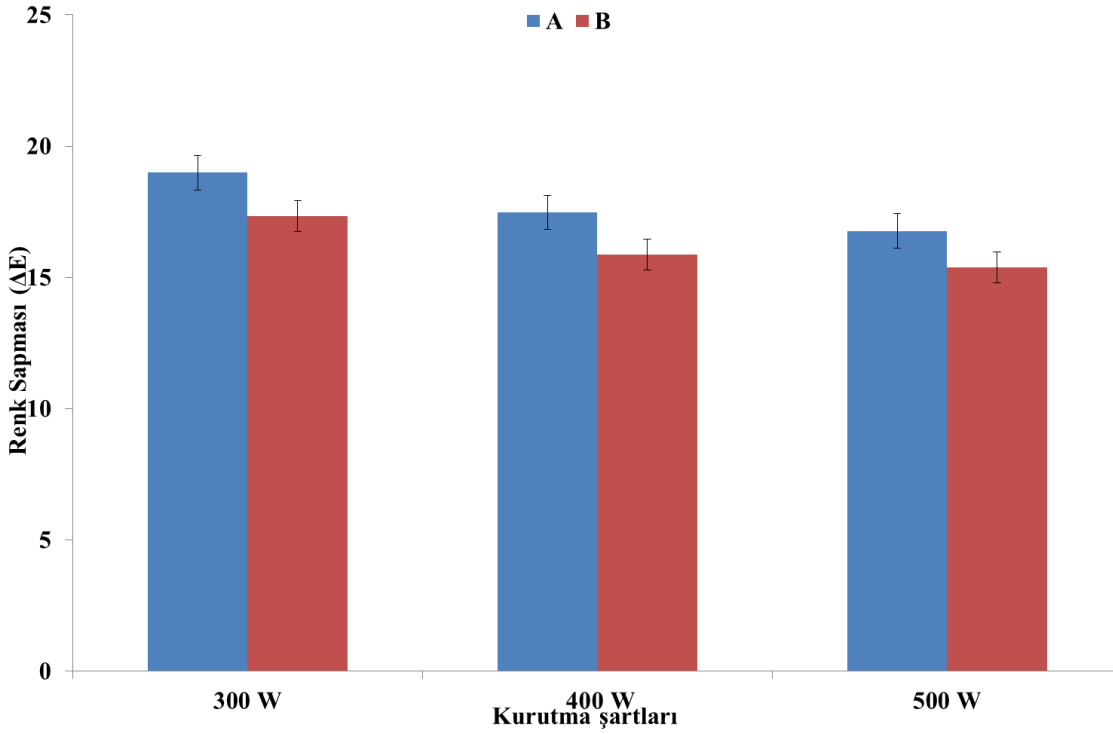


Şekil 4.39. Sabit kurutma havası sıcaklığı ( $60^{\circ}\text{C}$ ) ve farklı kızılötesi ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin renk değerleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Toplam renk sapmaları Şekil 4.40'da verilmiştir. Buna göre ön işlem gören örneklerin  $60^{\circ}\text{C}$ 'lik kurutma havası sıcaklığı ve 300, 400 ve 500 W kızılötesi ışın güçleri sıralamasına göre toplam renk sapması  $18.99 \pm 0.66$ ,  $17.48 \pm 0.24$  ve  $16.77 \pm 0.36$  olarak hesaplanmıştır. Ön işlem görmeyen örneklerde aynı kızılötesi ışın gücü sıralaması ile  $17.34 \pm 0.62$ ,  $15.86 \pm 0.63$  ve  $15.38 \pm 0.68$  değerleri elde edilmiştir. Ön işlem gören ve



görmeyen örnekler üzerine uygulanan kızılötesi ışın gücünün artışı ile örnek toplam renk sapmasının azalma meydana geldiği saptanmıştır.



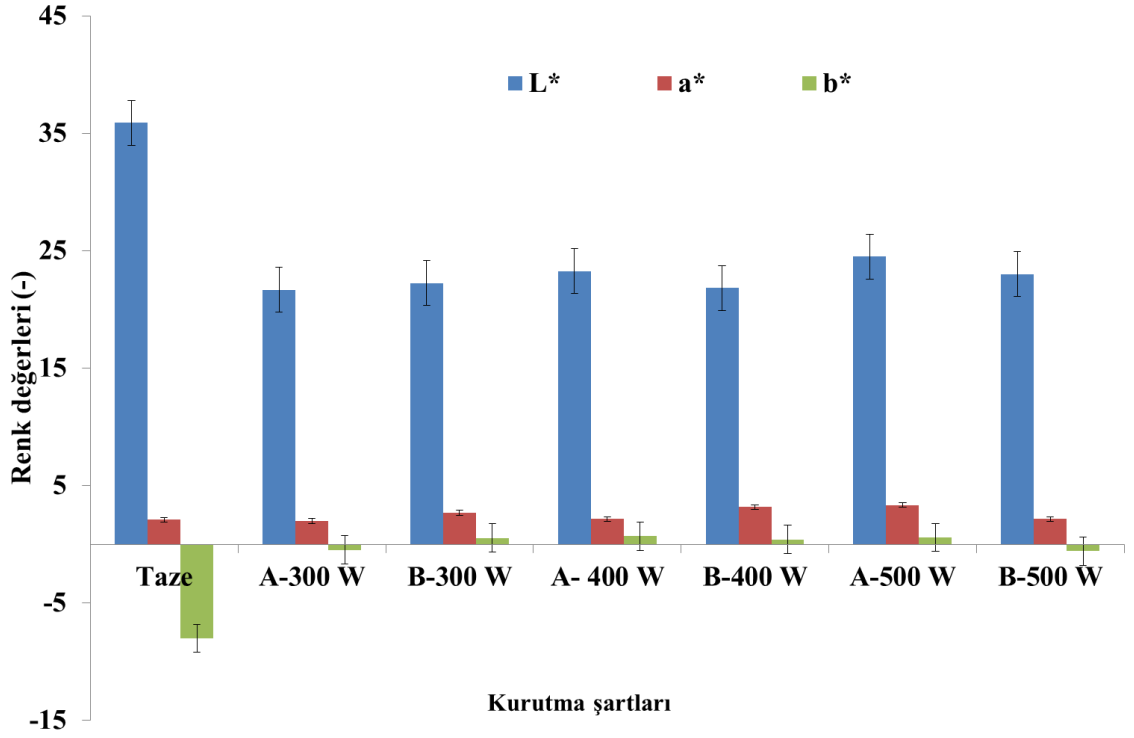
Şekil 4.40. Sabit kurutma havası sıcaklığı (60°C) ve farklı kızılötesi ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin toplam renk değişimleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Örneklerin 70°C kurutma havası sıcaklığı ve farklı kızılötesi ışın gücü şartları altında kurutulması ile elde edilen renk değerleri Şekil 4.41’de verilmiştir. Ön işlem gören örneklerin parlaklık değerleri ( $L^*$ ) uygulanan lamba gücüne (300, 400 ve 500W) göre  $21.68 \pm 0.56$ ,  $23.27 \pm 0.60$  ve  $24.52 \pm 0.28$  olmuştur. Aynı sıralama ile ön işlem görmeyen örneklerde  $L^*$  değeri  $22.25 \pm 0.47$ ,  $21.82 \pm 0.42$  ve  $23.02 \pm 0.11$  olarak hesaplanmıştır. Ön işlem görmeyen örneklerde 400 W kızılötesi ışın uygulamasında parlaklık değerleri düşük bulunmuştur. Buna karşın her iki örnek için yüksek kızılötesi ışın uygulaması ile örnek parlaklık değerinde artış meydana gelmiştir.

Ön işlem gören örneklerin  $a^*$  değerleri kızılötesi ışın gücü sıralamasına göre  $1.98 \pm 0.70$ ,  $2.15 \pm 0.67$  ve  $3.35 \pm 0.71$  olarak belirlenmiştir. Ön işlem görmeyen örneklerin  $a^*$  değeri aynı lamba gücü sırasıyla  $2.67 \pm 0.62$ ,  $3.17 \pm 0.08$  ve  $2.15 \pm 1.12$  olmuştur. Ön işlem gören örneklerde ışın gücünün artışı ile örnek  $a^*$  değeri renk skalasında kıvrıklık değerinin arttığı saptanmıştır.

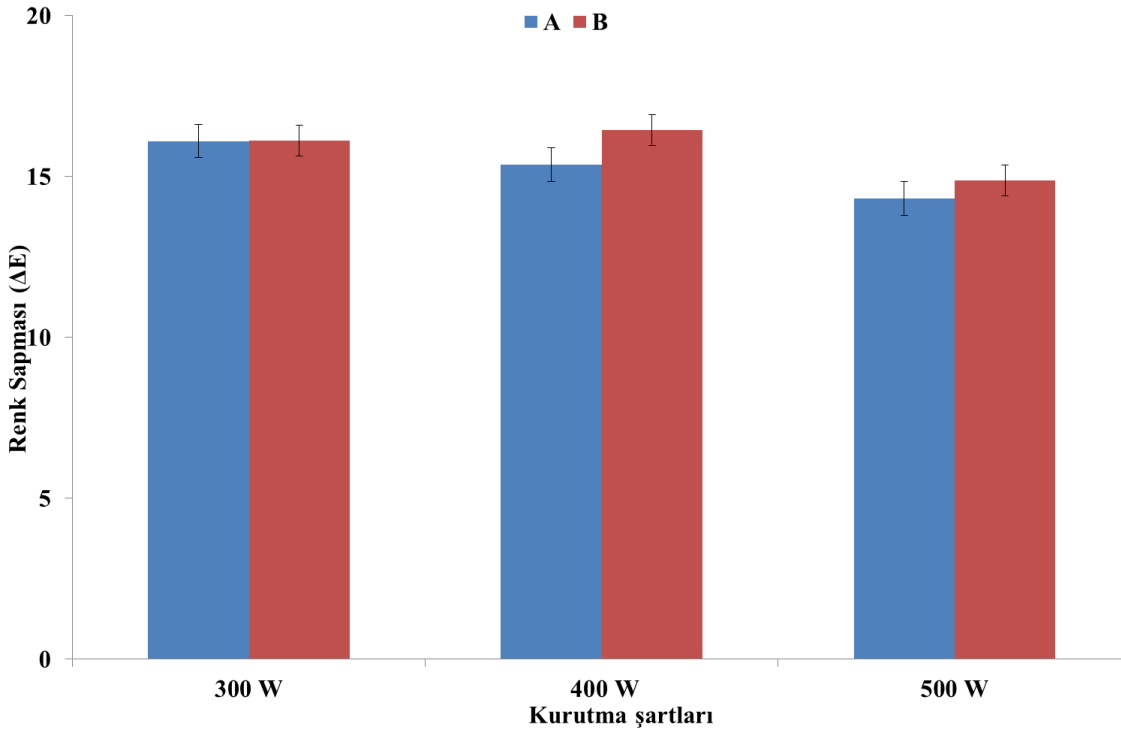
Mavilik-sarıklık renk parametresi olan  $b^*$  değeri 300, 400 ve 500 W kızılötesi ışın gücü uygulanan ön işlem görmüş örneklerde güç sıralamasına göre  $-0.47 \pm 0.24$ ,  $0.69 \pm 1.27$  ve  $0.57 \pm 0.34$  değerlerini almıştır. Ön işlem görmeyen örneklerde bu değer aynı sırayla  $0.54 \pm 0.59$ ,  $0.42 \pm 0.61$  ve  $-0.59 \pm 0.15$  olarak saptanmıştır. Ön işlem gören örnekler üzerine uygulanan kızılötesi ışın gücü artışı ile örnek  $b^*$  değerinin renk skalasında

mavilik bölümüne ilerlediği belirlenmiştir. Ön işlem görmeyen örneklerde ise ışın gücünün artışı ile örnek b\* değerinin sarılık bölümüne kaydığı saptanmıştır.



Şekil 4.41. Sabit kurutma havası sıcaklığı (70°C) ve farklı kızılötesi ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin renk değerleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Kurutma havası sıcaklığının 70°C ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400 ve 500 W) şartlarında kurutulan örneklerin toplam renk sapmaları Şekil 4.42'de verilmiştir. Ön işlem gören örneklerin 300, 400 ve 500 W kızılötesi ışın gücü kullanımı ile toplam renk değişimi  $16.10 \pm 0.59$ ,  $15.37 \pm 0.23$  ve  $14.32 \pm 0.08$  olarak tespit edilmiştir. Ön işlem görmeyen örneklerde aynı kızılötesi ışın güç sıralamasına göre bu değer  $16.12 \pm 0.06$ ,  $16.45 \pm 0.04$  ve  $14.88 \pm 0.02$  olarak bulunmuştur. Ön işlem gören ve görmeyen örneklere uygulanan kızılötesi ışın gücünün artışı ile toplam renk sapmasında azalma meydana gelmiştir.

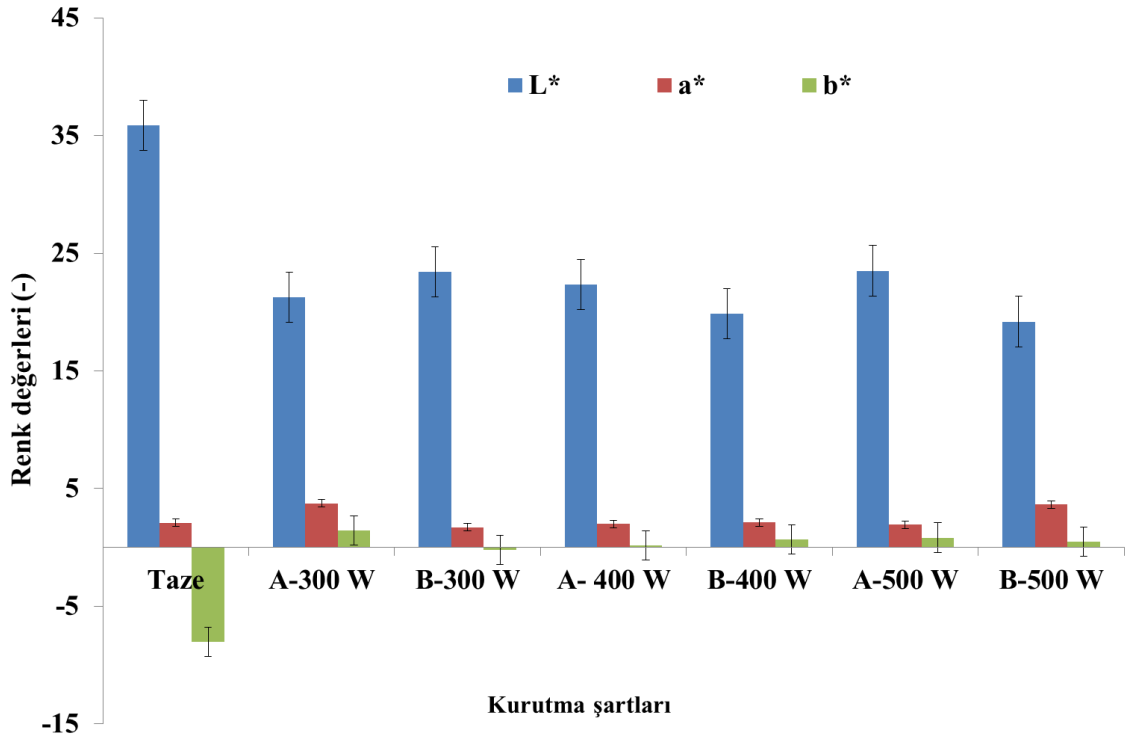


Şekil 4.42. Sabit kurutma havası sıcaklığı (70°C) ve farklı kızılötesi ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin toplam renk değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Kurutma havası sıcaklığı sabit 80°C ve farklı kızılötesi ışın seviyelerinde (300, 400 ve 500 W) kurutulan örneklerin renk parametre değerleri Şekil 4.43’de verilmiştir. Ön işlem gören örneklerin L\* değeri 300, 400 ve 500 W lamba gücü seviyelerine göre  $21.27 \pm 0.04$ ,  $22.32 \pm 0.41$  ve  $23.51 \pm 0.77$  olarak saptanmıştır. Ön işlem görmeyen örneklerde bu değer aynı sıralama ile  $23.44 \pm 0.25$ ,  $19.87 \pm 0.64$  ve  $19.20 \pm 0.88$  olmuştur. Kızılötesi ışın gücünün artışı ile ön işlem gören örneklerin parlaklık değerinde artış meydana gelirken, ön işlem görmeyen örneklerde ise azalmanın meydana geldiği saptanmıştır.

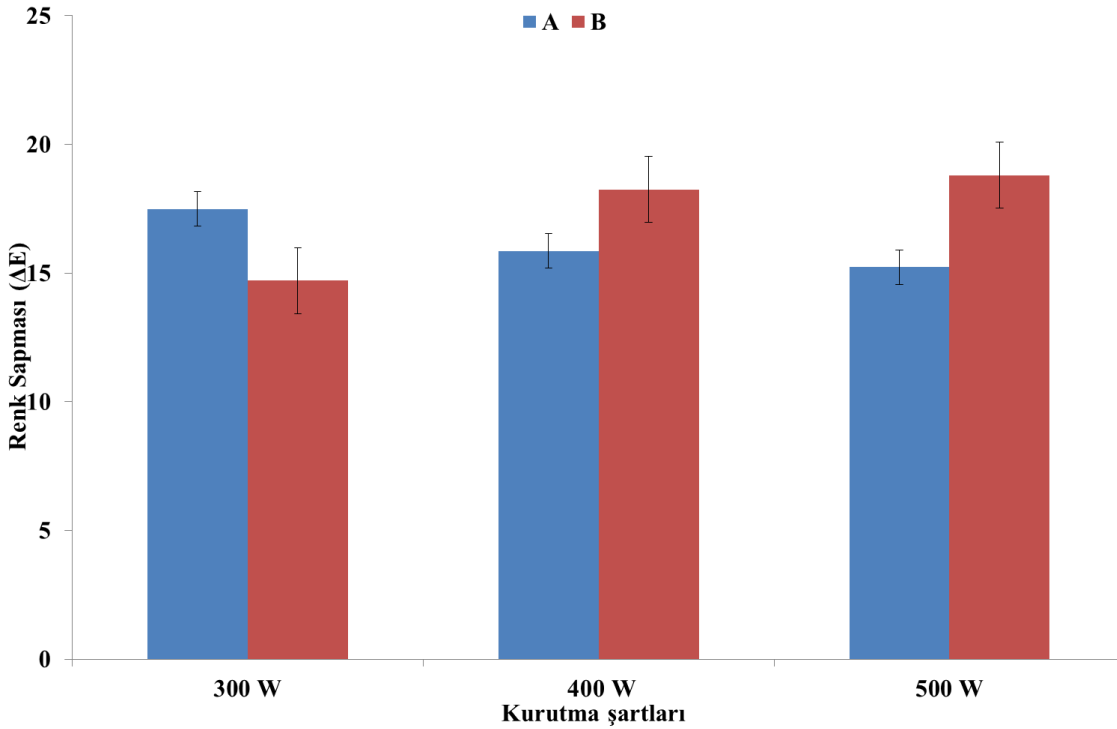
Kırmızılık-yeşillik değeri (a\*) ön işlem gören örneklerde 300, 400 ve 500 W kızılötesi ışın güç sıralamasına göre  $3.76 \pm 0.38$ ,  $2.00 \pm 0.28$  ve  $1.93 \pm 0.36$  olarak ölçülmüştür. Ön işlem görmeyen örneklerde a\* değeri aynı sıralama ile  $1.72 \pm 0.28$ ,  $2.11 \pm 0.17$  ve  $3.64 \pm 0.47$  olarak saptanmıştır. Her iki örnek renk skalasında kırmızılık bölümünde yer almasına rağmen, kızılötesi ışın gücünün artışı ön işlem gören örneklerin a\* değerlerinde artış meydana gelirken ön işlem görmeyen örneklerde azalma olduğu belirlenmiştir.

Renk parametrelerinden b\* değeri 300, 400 ve 500 W kızılötesi ışın gücü sıralamasına göre ön işlem gören örneklerde  $1.42 \pm 0.76$ ,  $0.19 \pm 0.12$  ve  $0.84 \pm 0.48$ , ön işlem görmeyen örneklerde  $-0.19 \pm 0.30$ ,  $0.71 \pm 0.30$  ve  $0.49 \pm 0.69$  değerlerini almıştır. Sarılık-mavilik değerlerinin ön işlem gören örnekler için renk skalasında sarılık bölümünde gerçekleştiği gözlenmiştir. Ön işlem görmeyen örneklerde ise kızılötesi ışın gücü 300 W uygulamasında b\* değeri mavilik bölümünde yer alırken, ışın gücünün artışı ile örnek b\* değerinin sarılık bölümünde yer aldığı bulunmuştur.



Şekil 4.43. Sabit kurutma havası sıcaklığı (80°C) ve farklı kızılötesi ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin renk değerleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Örneklerin toplam renk sapmaları Şekil 4.44'de verilmiştir. Ön işlem gören örneklerin 300, 400 ve 500 W kızılötesi ışın gücü kullanım sırasına göre toplam renk sapma değerleri  $17.49 \pm 0.41$ ,  $15.86 \pm 0.41$  ve  $15.23 \pm 0.61$  olduğu saptanmıştır. Ön işlem görmeyen örneklerde ise aynı güç seviyesi sıralamasına göre  $14.71 \pm 0.27$ ,  $18.24 \pm 0.71$  ve  $18.80 \pm 1.14$  değerleri hesaplanmıştır. Toplam renk sapma değerleri incelendiğinde ön işlem gören örneklere uygulanan kızılötesi ışın gücünün artışı ile sapma değerlerinde azalma, işlem görmeyenlerde ise artış meydana geldiği saptanmıştır.



Şekil 4.44. Sabit kurutma havası sıcaklığı (80°C) ve farklı kızılötesi ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin toplam renk değişimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Müşteri beğenisini en iyi tanımlayan renk kriterleri olan doygunluk ve hue açısı değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir. Kroma değerlerinin taze ürüne göre oldukça düşük değerler saptanmıştır. Uygulanan sabit kurutma havası sıcaklığı ve farklı kızılötesi ışın güçlerinde örnek renginin mat olduğu belirlenmiştir. Kroma değerleri kızılötesi ışın uygulamalarında birbirlerine çok yakın bulunmuştur. En yüksek kroma değerlerinin ön işlem gören örneklerin 80°C sabit kurutma sıcaklığı ve 300 W mikrodalga ışın uygulamasında olduğu tespit edilmiştir.

Ön işlem gören ve görmeyen örneklere sabit kurutma havası sıcaklığı 60°C uygulandığında, kızılötesi ışın gücünün yükselmesi ile H değeri azalmıştır.

Her iki örnek için H değerinde 60°C kurutma havası uygulamasında kızılötesi ışın güç artışı ile azalma meydana gelmiştir. Taze örnek H değerine en yakın değere, 60°C kurutma havası sıcaklığı ve 300 W kızılötesi ışın uygulanan ön işlem görmüş örneklerde ulaşılmıştır. Hue değerinin hem ön işlem gören hem de görmeyen örneklere kızılötesi ışın uygulaması ne olursa olsun 60°C kurutma havası uygulamasında diğer sıcaklık uygulamalarından daha yüksek değerler elde edilmiştir.

Çizelge 4.3. Sabit kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ve farklı kızılötesi ışın gücü (300, 400 ve 500 W) ile kurutulan örneklerin renk parametreleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

	<b>C</b>	<b>H</b>	<b>BI</b>
<b>Taze Ürün</b>	8.361	74.501	-
<b>60°C</b>	<b>IR-300W-A</b>	1.73	24.85
	<b>IR-300W-B</b>	1.72	28.43
	<b>IR-400 W-A</b>	2.03	22.89
	<b>IR-400 W-B</b>	2.24	16.85
	<b>IR-500 W-A</b>	2.64	7.07
	<b>IR-500 W-B</b>	2.61	7.47
<b>70°C</b>	<b>IR-300W-A</b>	2.06	15.71
	<b>IR-300W-B</b>	2.74	10.12
	<b>IR-400 W-A</b>	2.38	19.12
	<b>IR-400 W-B</b>	3.23	7.47
	<b>IR-500 W-A</b>	3.40	9.06
	<b>IR-500 W-B</b>	2.52	18.10
<b>80°C</b>	<b>IR-300W-A</b>	4.04	20.05
	<b>IR-300W-B</b>	1.75	8.89
	<b>IR-400 W-A</b>	2.01	5.27
	<b>IR-400 W-B</b>	2.23	18.14
	<b>IR-500 W-A</b>	2.12	21.92
	<b>IR-500 W-B</b>	3.77	15.35

Esmerleşme indeksi (BI) incelediğinde;

- Kurutma havası sıcaklığının 60°C olması durumunda kızılötesi ışın gücünün artışı ile BI değerinde artış meydana gelmiştir. Ön işlem gören ve görmeyen örneklerde birbirlerine yakın değerler elde edilmiştir. Grup içerisinde en yüksek BI değeri hem ön işlem gören ve hem görmeyen örnekler için 500 W mikrodalga gücünde elde edilmiştir.
- Ön işlem gören örneklere 70°C kurutma havası sıcaklığı uygulamasında kızılötesi ışın gücünün artışı ile ön işlem gören örneklerin BI değeri artış göstermiştir. Ön işlem görmeyen örneklerde ise mikrodalga gücün değişimi ile bu değerde belirgin bir artış ya da azalma meydana gelmemiştir. En yüksek BI değeri ön işlem gören örneklerin 500 W, işlem görmeyen örneklere ise 400 W mikrodalga güç uygulamasında elde edilmiştir.
- Kurutma havası sıcaklığının 80°C uygulamasında kızılötesi ışın gücünün artışı ile ön işlem gören örneklerin BI değerlerinde azalma, işlem görmeyen örneklerde ise artış meydana gelmiştir. En yüksek BI değeri ön işlem gören örneklerin 300 W, ön işlem görmeyen örneklerde ise 500 W kızılötesi ışın uygulamasında elde edilmiştir.

Bütün kızılötesi ışın güç seviyelerinde örneklere 60°C kurutma havası sıcaklığının uygulanması durumunda diğer sıcaklıklara göre daha düşük BI değerleri elde edilmiştir.

#### 4.3.4. Özgül ağırlık ve hacimsel büzülme

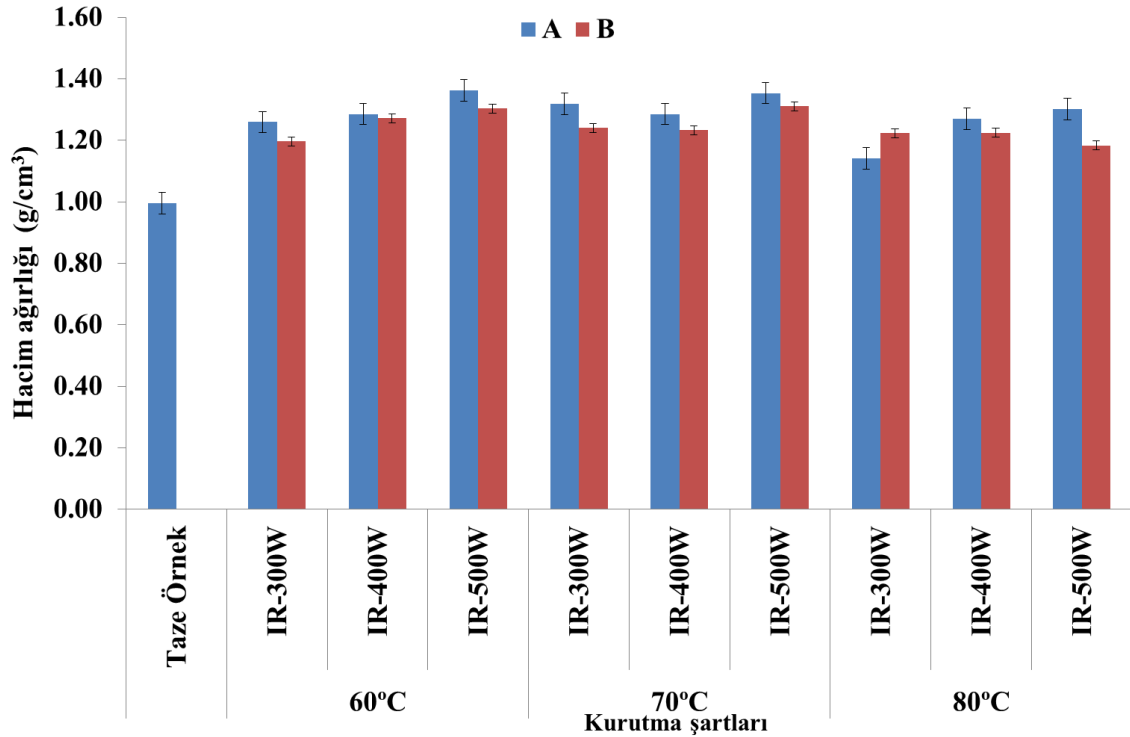
Kurutma havası sıcaklığı 60, 70 ve 80°C’de sabit tutulan ve farklı kızılötesi ışın gücü (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin hacim ağırlıkları Şekil 4.45’de verilmiştir. Taze ürünün özgül ağırlığı  $0.99\pm 0.09$  g/cm<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir.

Ön işlem gören örneklerin sabit 60°C kurutma havası sıcaklığı ve farklı güç düzeylerinde (300, 400 ve 500 W) hacim ağırlıkları sırasıyla  $1.26\pm 0.11$ ,  $1.29\pm 0.17$  ve  $1.36\pm 0.05$  g/cm<sup>3</sup> değerlerini almıştır. Ön işlem görmeyen örneklerde bu değer aynı sıra ile  $1.20\pm 0.08$ ,  $1.27\pm 0.13$  ve  $1.30\pm 0.12$  g/cm<sup>3</sup> olarak elde edilmiştir. Her iki örnek için lamba gücünün yükselmesi ile örnek hacminde artış meydana gelmiştir.

Kurutma havası sıcaklığı 70°C ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400 ve 500 W) uygulaması ile kurutulan ön işlem görmüş örneklerin hacim ağırlıkları sırası ile  $1.32\pm 0.32$ ,  $1.29\pm 0.17$  ve  $1.35\pm 0.43$  g/cm<sup>3</sup> değerlerine ulaşmıştır. Aynı şekilde ön işlem görmeyen örneklerde ise sırasıyla  $1.24\pm 0.19$ ,  $1.23\pm 0.17$  ve  $1.31\pm 0.31$  g/cm<sup>3</sup> değerleri hesaplanmıştır. Her iki uygulamada da 400 W kızılötesi ışın gücü düzeyinde özgül ağırlığında azalma olmuştur. Buna karşın artan lamba gücü ile daha yüksek hacim ağırlıklarına ulaşılmıştır.

Örneklere sabit 80°C kurutma havası sıcaklığı ve farklı kızılötesi ışın gücü (300, 400 ve 500 W) uygulandığında özgül ağırlığı, ön işlem gören örneklerde sırası ile  $1.14\pm 0.02$ ,  $1.27\pm 0.15$  ve  $1.30\pm 0.25$  g/cm<sup>3</sup> değerleri elde edilmiştir. Ön işlem görmeyen örneklerde ise aynı güç sıralamasına göre  $1.22\pm 0.15$ ,  $1.22\pm 0.35$  ve  $1.18\pm 0.20$  g/cm<sup>3</sup> değerleri saptanmıştır. Lamba gücünün yükselmesi ile ön işlem gören örneklerin hacim ağırlıklarında artış oluşmuştur. Ön işlem görmeyen örneklerde ise lamba gücünün 300 ve 400 W olması durumunda hacim ağırlıkları birbirlerine çok yakın olurken, 500 W seviyesinde örneğin özgül ağırlığında düşme meydana gelmiştir.

Uygulanan sıcaklığın (60, 70 ve 80°C) artışı ile tüm kızılötesi ışın güçlerinde örneklerin hacim ağırlıklarında düşme meydana gelmiştir. Çalışmanın önceki bölümlerinde olduğu gibi bütün uygulamalarda kuru örnek özgül ağırlığının taze örneğe göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Nem içeriğinin azalması ile özgül ağırlığında yükselme meydana gelmiştir. Bu sonuç Krokida ve Marolius (1997)’in çalışmaları ile örtüşmektedir.



Şekil 4.45. Sabit kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ve farklı kızılötesi ışın gücü (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin hacimsel ağırlık değerleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Hacimsel büzülme kuru ürünün görsel olarak beğenilmesi, düzgün depolanabilmesi ve alan kapasitesini etkileyen bir özelliktir ve kurutma şartları ile örnek çeşidine bağlı olarak değişir. Çalışma kapsamında farklı kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ve kızılötesi ışın güçlerinde (300, 400 ve 500 W) örneklerin hacimsel büzülme değerlerindeki değişim Şekil 4.46'da verilmiştir.

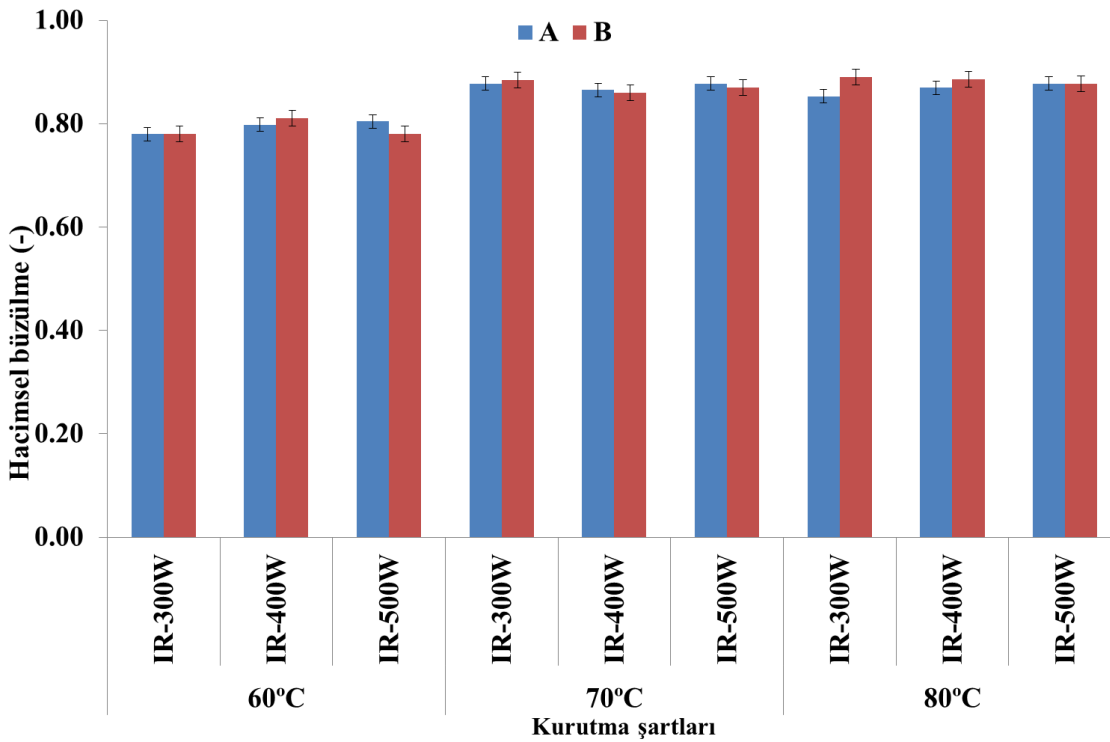
Sabit kurutma havası sıcaklığı (60°C) ve farklı kızılötesi güç düzeylerinde (300, 400 ve 500 W) örneklerin hacimsel büzülme değerleri ön işlem gören örnekler için ışın gücü sıralamasına göre  $0.78 \pm 0.03$ ,  $0.80 \pm 0.01$  ve  $0.80 \pm 0.00$ , ön işlem görmeyen örneklerde  $0.78 \pm 0.03$ ,  $0.81 \pm 0.02$  ve  $0.78 \pm 0.02$  olarak elde edilmiştir. Ön işlem gören örneklerde uygulanan güç düzeyinin yükselmesi ile hacimsel büzülmede artış meydana gelmiştir. Lamba gücünün 400 ve 500 W olması durumunda ön işlem gören örneklerin birbirlerine yakın büzülme değerleri aldığı saptanmıştır. Ön işlem görmeyen örneklerde ise en yüksek büzülme değeri 400 W uygulamasında elde edilirken, 300 ve 500 W uygulamasında birbirine yakın hacimsel büzülmenin gerçekleştiği bulunmuştur.

Kurutma havası sıcaklığı 70°C ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400 ve 500 W) uygulamasında ön işlem gören örneklerin hacimsel büzülme değerleri güç seviyesine göre  $0.88 \pm 0.03$ ,  $0.87 \pm 0.03$  ve  $0.88 \pm 0.03$  olmuştur. Ön işlem görmeyen örneklerde ise aynı sıralama ile bu değer  $0.88 \pm 0.01$ ,  $0.86 \pm 0.02$  ve  $0.87 \pm 0.03$  olarak bulunmuştur. Ön işlem gören örneklerde 300 ve 500 W, ön işlem görmeyen örneklerde 300 W lamba gücü uygulamalarında birbirlerine yakın büzülme değerleri elde



edilmiştir. Aynı şekilde her iki örneğin 400 W kızılötesi ışın uygulamasında hacimsel büzülme değerlerinin aynı olduğu saptanmıştır.

Örneklere sabit 80°C sıcaklık ve 300, 400 ve 500 W kızılötesi ışın gücü uygulaması sonucu ön işlem gören örneklerin büzülme değerleri  $0.85\pm 0.04$ ,  $0.87\pm 0.03$  ve  $0.88\pm 0.04$ , ön işlem görmeyen örneklerin ise  $0.89\pm 0.02$ ,  $0.89\pm 0.03$  ve  $0.88\pm 0.02$  olarak elde edilmiştir. Ön işlem gören örneklere uygulanan lamba gücünün yükselmesi ile örneklerin büzülme değerleri artış göstermiştir. Ön işlem görmeyen örneklerde ise 300 ve 400 W uygulamalarında birbirine yakın değerler elde edilirken, 500 W güç düzeyinde hacimsel büzülme değerinde azalma meydana gelmiştir. Hem ön işlem gören hem de görmeyen örneklere 500 W güç uygulamasında örneklerin hacimsel büzülme değerlerinin birbirine yakın olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.46. Sabit kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ve farklı kızılötesi ışın güçleri (300, 400 ve 500 W) uygulanan örneklerin hacimsel büzülme değerleri (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Örneklerin sabit 60°C kurutma havası sıcaklığı uygulamasında diğer sıcaklık değerlerine göre daha düşük hacimsel büzülme meydana gelmiştir. Her iki örnekte sabit 60°C kurutma havası sıcaklığı ve 300 W kızılötesi ışın gücü uygulamasında en düşük hacimsel büzülme değeri elde edilmiştir. Kurutma havası sıcaklığının 70 ve 80°C olması durumunda örneklerin bütün koşullarda hacimsel büzülme değerlerinin birbirine yakın olduğu belirlenmiştir.

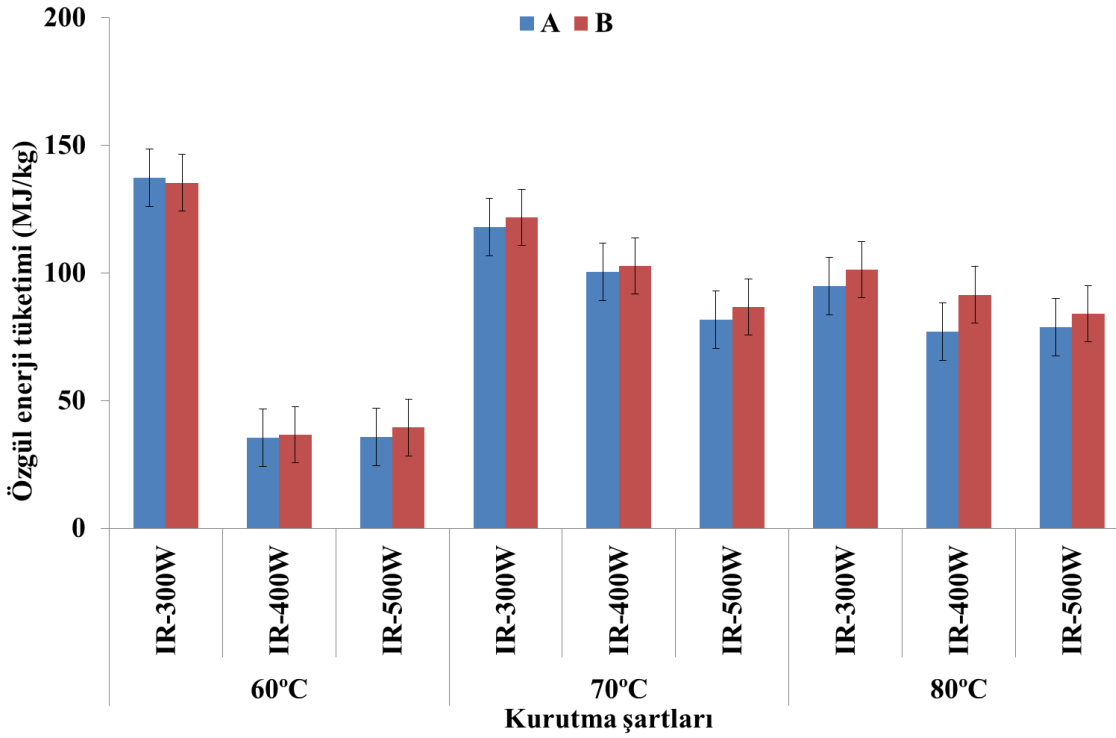
#### 4.3.5. Özgül enerji tüketimi

Kızılötesi ışın ile kurutmada özgül enerji tüketimindeki değişim Şekil 4.47’de verilmiştir. Kurutma işlemi sırasında kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C), sabit giriş havası hızı (2 m/s) ve kızılötesi ışın güçleri (300, 400 ve 500 W) kullanılmıştır.

Sabit kurutma havası sıcaklığı (60°C) ve farklı kızılötesi ışın güçlerinde (300, 400 ve 500 W) kurutulan ön işlem gören örneklerin enerji tüketimleri güç sıralamasına göre 137.33, 35.56 ve 35.83 MJ/kg su olarak belirlenmiştir. Ön işlem görmeyen örneklerde özgül enerji tüketimi aynı sıralama ile 135.38, 36.64 ve 39.51 MJ/kg su olarak elde edilmiştir. Her iki örnek için en yüksek enerji tüketimi 300 W güçte oluşurken, en düşük tüketim ise 400 W güçte elde edilmiştir. Örnekler üzerine uygulanan kızılötesi ışın gücünün artışı ile özgül enerji tüketiminde azalma meydana geldiği saptanmıştır.

Kurutma havası sıcaklığının 70°C ve kızılötesi ışın güç düzeyi olarak 300, 400 ve 500 W kullanılmasında ön işlem gören örneklerin özgül enerji tüketimi güç sıralamasına göre 117.99, 100.37 ve 81.81 MJ/kg su olarak hesaplanmıştır. Ön işlem görmeyen örneklerde aynı sıralama ile bu değer 121.77, 102.75 ve 86.73 MJ/kg su olmuştur. Her iki örneğe uygulanan güç düzeyinin artışı ile özgül enerji tüketiminde azalma meydana gelmiştir. Kurutma işleminin sonunda tüm kızılötesi ışın güç seviyelerinde ön işlem gören örneklerin özgül enerji tüketiminin, ön işlem görmeyenlerden daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Sıcaklığın 80°C ve farklı kızılötesi ışın gücü (300, 400 ve 500 W) uygulanan ön işlem görmüş örneklerin özgül enerji tüketimi güç sıralamasına göre 94.84, 77.14 ve 78.72 MJ/kg su olarak saptanmıştır. Ön işlem görmeyen örneklerde ise aynı sıralama ile bu değer 101.39, 91.53 ve 84.04 MJ/kg su olarak hesaplanmıştır. Ön işlem gören ve görmeyen örnekler üzerine uygulanan gücün artışı ile özgül enerji tüketimlerinde azalma meydana gelmiştir. Ön işlem görmeyen örnekler üzerine uygulanan tüm güç uygulamalarında enerji tüketimleri ön işlem görenlere göre daha yüksek bulunmuştur.



Şekil 4.47. Sabit kurutma havası sıcaklıkları (60, 70 ve 80°C) ve farklı kızılötesi ışın gücü (300, 400 ve 500 W) uygulamalarında enerji tüketimi (A: Ön işlem gören örnek; B: Ön işlem görmeyen örnek)

Kurutma havası sıcaklığının artışı ile ön işlem gören ve görmeyen örneklerin kuruması için harcanan özgül enerji azalmıştır. Kurutma işlemi sırasında uygulanan kurutma havası sıcaklığı ve kızılötesi ışın gücünün artışı ile örneklerden alınan her kg su için harcanan enerji miktarı azalmıştır. Kocabiyik vd (2015) kızılötesi ışın ile domates kurutma çalışmalarında ışın gücünün artışı ile özgül enerji tüketiminin arttığını bildirmişlerdir. Buna karşın Nasiroglu ve Kocabiyik (2009) kırmızıbiber kurutulmasında sabit hava hızı uygulamasında kızılötesi ışın gücünün artışı ile özgül enerji tüketimlerinin azaldığını bildirmişlerdir. Das vd (2004) yarı haşlanmış pirincin ve Wang ve Sheng (2006) şeftalinin kurutulmasında özgül enerji tüketiminin kızılötesi ışın gücünün artışı ile azaldığını bildirmişlerdir.

## 5. SONUÇ

Tez kapsamında farklı kurutma metotları kullanılarak Stanley erik çeşidinin kuruma karakteristikleri incelenmiştir. Kurutma işlemi sırasında örneklerin çekirdekleri çıkarılmamış ve herhangi bir mekanik işleme tabi tutulmamıştır. Örnekler iki grup halinde denemelere tabi tutulmuşlardır. Bunlar;

1. Ön işlem olarak oda sıcaklığında %1 NaOH uygulaması,
2. Herhangi bir ön işleme tabi tutulmayan örneklerdir.

Hazırlığı yapılan ürün için ısıtılmış hava, mikrodalga destekli ısıtılmış hava ve kızılötesi ışın destekli ısıtılmış hava kullanılarak kurutma işlemi yapılmıştır. Kullanılan mikrodalga ve kızılötesi ışın gücü 300, 400 ve 500 W, kurutma havası sıcaklığı ise 60, 70 ve 80°C ve kurutucuya giriş havası hızı ise sabit 2 m/s olarak belirlenmiştir. Yeniden su alma kapasitesi analizinde örneklerde 8 saat boyunca saatlik alınan ölçümler ve 24 saat sonraki analiz sonuçları incelenmiştir.

### *A. Isıtılmış hava ile kurutma işlemine tabi tutulan örneklerin sonuçları incelendiğinde;*

- Kurutma havası sıcaklığının artışı ile kuruma süresinin azaldığı ön işlemin kurutma süresini etkilediği saptanmıştır. Kurutma havası sıcaklığının artışı ile ön işlem gören ve görmeyen örneklerin kuruma sürelerinde ortalama olarak %25 azalma meydana gelmiştir. Kuruma süresine bağlı olarak üründen birim zamanda alınan nem miktarında kurutma havası sıcaklığının yükselmesi ile artış olduğu saptanmıştır.

- Yeniden su alma kapasitesi analizlerinde 8 saat sonunda en yüksek kapasite %44.58 ile ön işlem gören ve 80°C kurutma havası sıcaklığı uygulanan örneklerde olurken, 8 saat sonundaki en düşük su alma kapasitesi ise %24.52 ile ön işlem görmeyen örneklerin 70°C sıcaklık uygulamasında elde edilmiştir. Kurutma havası sıcaklığının 60°C olması durumunda ön işlem uygulanan ve uygulanmayan örneklerin saatlik ölçümlerinde neredeyse aynı su alma yeteneğine sahip oldukları belirlenmiştir. Örneklerin 24 saat sonraki yeniden su alma kapasiteleri özellikle 70°C kurutma havası sıcaklığı uygulamasından en düşük kapasitenin bu sıcaklıkta olduğu saptanmıştır. En yüksek su alma kapasitesi, ön işlem gören örneklerin 80°C kurutma havası sıcaklığı uygulaması sonucunda bulunmuştur.

- Renk parametrelerinden olan parlaklık (L\*) değerinde, uygulanan sıcaklığın artışı ile azalma meydana geldiği saptanmıştır. Ön işlem gören örneklere uygulanan sıcaklığın artması, renk parlaklığını arttırırken ön işlem görmeyen örneklerde azalma meydana gelmiştir. a\* parametresi ise kurutma havası sıcaklığının artışı ile ön işlem gören örneklerde artarken, işlem görmeyen örneklerde azalma meydana gelmiştir. Her iki örnek renk skalasında kırmızılık bölgesinde kalmıştır. Örneklerin sarılık- mavilik (b\*) değerleri ise, örneklerin kurutulması esnasında değerlerin sarılık bölümünde olduğu saptanmıştır. Analizler sonucunda elde edilen verilere göre ön işlem görmeyen örneklere 60°C kurutma havası sıcaklığı uygulandığı zaman renk skalasında mor renk alanına yakın değerler elde edildiği belirlenmiştir. Diğer

örneklerde ise  $b^*$  değeri pozitif ekseninde ilerlediği için örnek renk skalasında koyu kırmızı alanda yer aldığı saptanmıştır. Ön işlem görmeyen örneklerin toplam renk sapmasının kurutma havası sıcaklığının artışı ile arttığı belirlenmiştir.

- Taze örneklerle göre kroma (C) değerinin düşük olduğu saptanmış ve örnek renginin mat olduğu belirlenmiştir. Kuru örnekler kendi aralarında değerlendirildiği zaman ön işlem görmeyen örneklerle uygulanan sıcaklığın artışı ile renk canlılığında artış meydana gelmiştir. Örneklerle uygulanan sıcaklığın artışı ile esmerleşme indeksinde (BI) artış meydana geldiği saptanmıştır.

- Örneklerin hacim ağırlıklarının taze örneklerle göre arttığı saptanmıştır. Ön işlem görmeyen örneklerle 70°C kurutma havası sıcaklığı uygulamasının diğer uygulamalara göre örnek özgül ağırlığının ve hacimsel büzülmenin çok düşük olduğu belirlenmiştir.

- Her iki örneğe uygulanan kurutma havası sıcaklığının artışı ile özgül enerji tüketiminin azaldığı bulunmuştur. Kuruma süresi ne kadar kısa olur ise, kullanılan enerjide o oranda azalma oluşmaktadır. Ön işlem gören örneklerin kurutulması sırasında daha az enerji tüketimi olduğu tespit edilmiştir.

#### ***B. Mikrodalga destekli ısıtılmış hava ile kurutma yapılan örneklerin sonuçları incelendiğinde;***

- Örneklerle sabit kurutma havası sıcaklıklarında (60, 70 ve 80°C) uygulanan mikrodalga gücünün artışı ile örneklerin kuruma süresinde azalma oluşmuştur. Mikrodalga gücünün yanında kurutma havası sıcaklığının yükselmesi ile kuruma sürelerinde azalma meydana geldiği saptanmıştır. Mikrodalga güç seviyesinin ve kurutma havası sıcaklığının artması ile örnek kuruma hızının da arttığı belirlenmiştir.

- Sabit sıcaklıklarda ve farklı mikrodalga güç seviyelerinde kurutulan örneklerin sekiz saatlik yeniden su alma kapasiteleri ölçümlerinde kurutma havası sıcaklığının artışı ile örneklerin nem alma değerlerinin belirgin bir şekilde azalma eğiliminde olduğu bulunmuştur. Örneklerle uygulanan kurutma havası sıcaklığı ve mikrodalga gücü, örnek gözeneklilik yapısındaki değişimden dolayı örneklerin su alma kapasitelerinde azalma meydana gelmiştir. Kurutma havası sıcaklığının artışı ile hem 8 saat hem de 24 saat sonundaki ölçümlere göre her iki örneğin yeniden su alma kapasitelerinin azaldığı saptanmıştır. Denemelerde kullanılan yüksek sıcaklık ve mikrodalga ışın seviyelerinde ürün içerisinden nem alımı sırasında ürün iç yapısında oluşan sertleşme ve bozulmalar nedeni ile bu sonuca ulaşılmıştır. Ürün içerisinde bulunan suyun mikrodalga enerjisi tarafından hızlandırıp uzaklaştırılması, üründe büzülme ve sertleşmeye neden olmaktadır. Ürün hücre yapısında oluşan değişim, yeniden su alma kapasitesini etkilemiştir.

- En yüksek parlaklık değeri, ön işlem görmeyen örneklerin 80°C kurutma havası sıcaklığı ve 300 W mikrodalga ışın gücünde elde edilmiştir. Ön işlem görmeyen örneklerde ise birbirine yakın değerler ortaya çıkmıştır. Her iki örnek için kırmızılık-mavilik göstergesi olan  $a^*$  değerinin renk skalasında pozitif bölgede olduğu saptanmıştır. Sarılık-mavilik değeri olan  $b^*$

ise, ön işlem gören ve görmeyen örnekler uygulanan tüm mikrodalga güç seviyelerinde negatif değere yakın olduğu belirlenmiştir. Ön işlem görmeyen örnekler 400 W mikrodalga gücü ve 70°C kurutma havası sıcaklığı uygulandığı zaman, örnek b\* değerinin sarılık düzeyinde olduğu saptanmıştır.

- Örnekler uygulanan sabit kurutma havası sıcaklığı ve farklı mikrodalga güç düzeylerinde örnek renginin mat olduğu belirlenmiştir. En yüksek kroma değerleri 70°C kurutma havası sıcaklığı uygulamasında ön işlem görmeyen örneklerin 400 W mikrodalga ışın seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Her iki örnek için hue değeri 60°C kurutma havası uygulamasında mikrodalga güç artışı ile azalma meydana gelmiştir. Taze örnek H değerinde en yakın sonuç 60°C kurutma havası sıcaklığı ve 400 W mikrodalga ışın uygulaması yapılan ön işlem görmüş örneklerde ulaşılmıştır. Ön işlem gören ve görmeyen örneklerin Hue değeri, tüm mikrodalga güç seviyelerinde 60°C kurutma havası uygulaması durumunda diğer sıcaklık uygulamalarına göre yüksek değerler elde edilmiştir. Bütün mikrodalga güç seviyelerinde örnekler 60°C kurutma havası sıcaklığının uygulanması durumunda diğer sıcaklıklara göre düşük BI değerleri elde edilmiştir.

- Örneklerin hacim ağırlıkları mikrodalga ışın uygulamaları ile çok farklılık göstermemiştir. Ancak uygulanan kurutma havası sıcaklıkları arasında az da olsa fark meydana gelmiştir. Kuru örneklerin hacimsel büzülme değerlerinin oldukça yüksek olduğu saptanmıştır. Örnekler sabit sıcaklık altında farklı mikrodalga ışın gücü uygulamalarında güç düzeyindeki değişimin örnek büzülmesine etkisinin çok fazla olmadığı saptanmıştır. Kurutma havası sıcaklığının artışı ile örneklerin hacimsel büzülmesinde artış olmuştur. Kurutma havası sıcaklığının artışı ve mikrodalga uygulaması, örnek iç kısmından hızlı bir şekilde nem akışı meydana getirmiş ve böylelikle hücrelerde hızlı büzülmeye neden olmuştur. Örneklerde oluşan hızlı iç yapı bozulması sonucu hacimsel büzülmede artış meydana gelmiştir. Bilindiği gibi örneklerin şekil değişimleri ürün geometrisi yanında, kurutma metodu ve kurutma koşullarına bağlı olarak da değişim göstermektedir.

- Düşük kurutma havası sıcaklığında (60°C) bütün mikrodalga ışın güçleri için enerji tüketiminin diğer kurutma havası sıcaklıklarına göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Hem ön işlem gören hem de görmeyen örneklerin 70°C kurutma havası sıcaklığı ve 400 W mikrodalga ışın gücünde en düşük enerji tüketimi olduğu belirlenmiştir. Isıtılmış hava destekli mikrodalga gücü uygulamasında kurutma havası sıcaklığının 60°C olması durumunda mikrodalga gücünün artışı ile özgül enerji tüketiminde azalma meydana gelirken, kurutma havası sıcaklığının 70 ve 80°C olması durumunda mikrodalga gücü artışı ile enerji tüketiminde artış meydana gelmiştir.

### ***C. Kızılötesi ışın destekli ısıtılmış hava ile kurutma yapılan örneklerin sonuçları incelendiğinde;***

- Kurutma havası sıcaklıkları 60, 70 ve 80°C’de sabit tutulduğunda uygulanan kızılötesi ışın gücünün artışı ile ürünün kuruma süresi azalmıştır. Örnekler uygulanan kurutma havası sıcaklığı ve kızılötesi ışın gücü, kuruma süresini ve kuruma hızını etkileyen faktörler olmuştur. Kurutma havası sıcaklıklarında kurumanın başlarında kuruma hızı yüksek olmuştur ve kuruma

süreci içerisinde nem içeriğinin azalmasına bağlı olarak kuruma hızı da yavaşlamıştır.

- Kurutma havası sıcaklığının 60°C olması durumunda ürünün yeniden su alma kapasitesinin diğer kurutma havası sıcaklık uygulamalarına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Örneklere uygulanan kurutma havası sıcaklığının yükselmesi ile örneklerin su alma kapasitesinde azalma meydana gelmiştir. Bu sonuca bağlı olarak; hem kurutma havası sıcaklığının yüksekliği hem de kızılötesi ışın uygulaması, örneklerin hücre yapılarında bozulma meydana getirmiştir. Ön işlem gören örnekler uygulanan kurutma havası sıcaklığının 80°C olması durumunda, tüm güç seviyelerinde yeniden su alma kapasitesinin ön işlem görmeyenlere göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.

- Kurutma havası sıcaklığı 70°C ve 500 W kızılötesi ışın gücü kullanımı ile en yüksek parlaklık değeri, 60°C kurutma havası sıcaklığı ve 300 W kızılötesi ışın gücü uygulaması ile en düşük parlaklık değerleri elde edilmiştir. Örneklere uygulanan tüm kurutma havası sıcaklıkları ve kızılötesi ışın güçlerinde örneklerin a\* değerlerinin renk skalasında kırmızılık bölgesinde olduğu saptanmıştır. Mavilik-sarılık değeri olan b\*<sup>2</sup>'nin ise tüm kurutma şartlarında sarılık bölgesine kaydığı saptanmıştır. Ön işlem gören örnekler uygulanan kızılötesi ışın gücünün artışı ile toplam renk sapmasının azaldığı belirlenmiştir. Ön işlem görmeyen örnekler 80°C kurutma havası sıcaklığı uygulamasında toplam renk sapmalarında artış meydana gelmiştir.

- Örneklere uygulanan farklı kurutma havası sıcaklık ve kızılötesi ışın güçlerinde örneklerin kroma değerlerinin taze örneğe göre oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Örnek renklerinin mat olduğu saptanmıştır. En yüksek kroma değerlerinin, ön işlem gören örneklerin 80°C sabit kurutma sıcaklığı ve 300 W mikrodalga ışın uygulamasında olduğu tespit edilmiştir. Ön işlem gören ve görmeyen örneklerin H° değeri 60°C kurutma havası uygulamasında kızılötesi ışın gücü artışı ile azalma meydana gelmiştir. Bütün kızılötesi ışın gücü seviyelerinde örnekler 60°C kurutma havası sıcaklığının uygulanması durumunda diğer sıcaklıklara göre düşük BI değerleri elde edilmiştir.

- Uygulanan sıcaklığın (60, 70 ve 80°C) artışı ile tüm kızılötesi ışın güçlerinde örneklerin hacim ağırlıklarında düşme meydana gelmiştir. Tüm uygulamalarda kuru örnek özgül ağırlığının taze örneğe göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin sabit 60°C kurutma havası sıcaklığı uygulamasında diğer sıcaklık değerlerine göre daha düşük hacimsel büzülme meydana gelmiştir. Her iki örnekte sabit 60°C kurutma havası sıcaklığı ve 300 W kızılötesi ışın gücü uygulamasında en düşük hacimsel büzülme değeri elde edilmiştir. Kurutma havası sıcaklığının 70 ve 80°C olması durumunda örneklerin bütün koşullarda hacimsel büzülme değerlerinin birbirine yakın olduğu belirlenmiştir.

- Kurutma havası sıcaklığının artışı ile her iki örnek için kullanılan enerji tüketimi azalmıştır. Bunun sonucunda kurutma işlemi sırasında örneklerden alınan 1 kg suya karşılık kullanılan enerji miktarı, sıcaklık ve kızılötesi ışın gücünün artışı ile azalmıştır. En yüksek enerji kullanımı ön işlem gören ve görmeyen örneklerin 60°C kurutma havası sıcaklığında 300 W kızılötesi ışın gücü kullanımında elde edilmiştir. Diğer kurutma havası sıcaklıklarına göre 60°C kurutma havası sıcaklığı, 400 ve 500 W kızılötesi ışın kullanımı ile en düşük özgül enerji tüketimi elde edilmiştir. Tüm kurutma

havası sıcaklığı ve kızılötesi ışın güçlerinde ön işlem gören örneklerin özgül enerji tüketimlerinin işlem görmeyenlere göre daha düşük olduğu hesaplanmıştır.

***D. Farklı kurutma sistemleri kullanılarak yapılan kurutma işlemleri sonucunda;***

- Sıcak hava uygulaması tek başına kullanıldığı zaman örneklerin kuruma süreleri diğer kurutma koşullarına göre oldukça uzun sürdüğü saptanmıştır. Kurutma havası sıcaklığı 60°C olması durumunda sadece ısıtılmış hava ile kurutulan ön işlem gören örneklerin kuruma süresi 5390 dakika, ön işlem görmeyen örneklerin ise 6920 dakika olduğu saptanmıştır. Kurutma havası sıcaklığı 60°C ve 300 W mikrodalga gücü kullanımında ön işlem gören örnekler 4780 dakika, işlem görmeyen örneklerde ise 5280 dakikada kuruma işlemi gerçekleşmiştir. Kurutma süresi 60°C kurutma havası sıcaklığı ve 300 W kızılötesi ışın gücü kullanımı ile ön işlem gören örneklerde 3074 dakika, işlem görmeyen örneklerde ise 3218 dakikada olarak saptanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde kızılötesi ışın destekli ısıtılmış hava ile kurutma yönteminde diğer iki yonteme göre kuruma süresi daha kısa olduğu belirlenmiştir. Stanley erik çeşidini çekirdeklerini çıkarmadan bütün halde kurutma işleminde kuruma süresi açısından ısıtılmış hava destekli kızılötesi ışın metodunun kullanılmasının avantaj sağlanacağı belirlenmiştir.

- Örneklerin yeniden su alma kapasitesi incelendiğinde, ısıtılmış hava destekli bütün uygulamalarda kurutma havası sıcaklığının 60°C olmasının diğer sıcaklık uygulamalarına göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. En yüksek yeniden su alma kapasitesi ön işlem görmeyen örneklerin 60°C kurutma havası sıcaklığı ve 400 W kızılötesi ışın uygulamasında elde edilmiş ve kapasite %71.00 olarak hesaplanmıştır. Kurutma havası sıcaklığının yükselmesi ve ek uygulamalar yapılması, örneklerin yeniden su alma kapasitelerinde azalmalara neden olmuştur. Bu da örneklere uygulanan işlemlerin örnek hücrelerini olumsuz etkilemiştir. Örneklerin yeniden su alma kapasitelerinin azalmasına neden olmuştur.

- Tüm mikrodalga destekli ısıtılmış hava uygulamaları ile kurutulan örneklerin parlaklık değerleri, diğer iki uygulamaya göre (sadece ısıtılmış hava ya da ısıtılmış hava destekli kızılötesi ışın uygulaması) daha yüksek elde edilmiştir. Yapılan çalışmada tüm uygulamalarda örneklerin kırmızılık değerinin korunduğu ve renk skalasında kırmızı bölgede oldukları saptanmıştır.

- Stanley erik çeşidinin kurutulması sonucu taze örneğe en yakın kroma değeri ön işlem gören örneklere 60°C sıcak hava uygulamasında elde edilmiştir. Buna karşın tüm kurutma koşullarında örnek renklerinin mat olduğu saptanmıştır. Hue açısı ise yine taze örneğe en yakın değerler örneklerin sıcak hava ile kurutulmalarında elde edilmiştir. Isıtılmış hava destekli mikrodalga veya kızılötesi ışın uygulamalarında açılı değerinin oldukça küçük olduğu saptanmıştır. Esmerleşme indeksinde en yüksek değer ön işlem görmeyen örneklere uygulanan 80°C kurutma havası sıcaklığında elde edilmiştir. Mikrodalga ya da kızılötesi destekli ısıtılmış hava uygulamalarında örneklerin esmerleşme indeksinin düşük değerler aldıkları saptanmıştır.



- Tüm çalışmada kuru örneklerin hacim ağırlıklarının taze örnekten yüksek olduğu belirlenmiştir. Özgül ağırlığı ve hacimsel büzülme değerleri için tüm kurutma koşullarında birbirine yakın değerler elde edilmiştir.
- Kurutma işlemi yalnızca 60 ve 70°C kurutma havası uygulaması yapılan örneklerin özgül enerji tüketiminin mikrodalga ve kızılötesi destekli ısıtılmış hava uygulamalarına göre oldukça yüksek oldukları saptanmıştır. Kurutma şartı olarak 80°C kurutma havası sıcaklığı seçiminde örneklerin kuruması için gerekli enerjinin diğer tüm uygulamalardan daha düşük değer aldığı belirlenmiştir.

Gelecekte yapılacak çalışmalar için;

- Stanley erik ile yapılan çalışmada kurutma için ilk defa mikrodalga kullanılmıştır. Ürün üzerindeki mumsu tabaka tarafından mikrodalga yansımaları ve makine içerisinde oluşan kayıpların ne kadar olduğunun belirlenmesi,
- Eriğin bütün halde kurutulması yanında parçalanması sonucunda kuruma karakteristiğindeki değişimin incelenmesi,
- Mikrodalga ve kızılötesi enerji kaynaklarını tek başlarına ya da bir arada olacak şekilde yapılacak kurutma işlemi ile ürün üzerine etkisi,
- NaOH oranının artırılarak ürün üzerindeki mumsu tabakanın daha fazla kırılması sonucu oluşan değişimlerin incelenmesi,
- Ürünün bütün halde kurutulması düşünüldüğünde mekanik ön işlem yapılması kurutma karakteristiğine etkisinin incelenmesi üzerine yapılacak çalışmalar konu hakkında akademik anlamda ilerleme sağlanması için önemlidir.

**6. KAYNAKLAR**

- AKTAŞ, M.; İLBAŞ, M.; YALÇIN, A. ve ŞAHİN, M., 2013. Kızılötesi ışınlı bir kurutucuda kuruma davranışlarının deneysel incelenmesi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 28(4): 767-775.
- AKYILDIZ, A., 1999. Kurutulmuş elma cipsi üretim tekniği üzerine araştırma, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.
- ALIBAS, I., 2006. Characteristics of chard leaves during microwave, convective, and combined microwave-convective drying. *Drying Technology*, 24: 1425–1435.
- ALIBAS OZKAN, I., AKBUDAK, B. and AKBUDAK, N., 2007. Microwave drying characteristics of spinach. *Journal of Food Engineering* 78:577-583.
- ALİBAŞ, İ., 2012. Asma Yaprağının (*Vitis vinifera* L.) Mikrodalga enerjisiyle kurutulması ve bazı kalite parametrelerinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 18: 43-53.
- ANDRES, A., BILBAO, C., FITO, P., 2004. Drying kinetics of apple cylinders under combined hot air-microwave dehydration. *Journal of Food Engineering*, 63: 71-78.
- ANONİM 2007. Erik (TS 792). Türk Standartları Enstitüsü (TSE).
- ANONİM, 2008. Meyveleri kurutma. MEGEP Gıda Teknolojisi. Ankara, 33 s.
- ANONİM, 2011. Bahçecilik: Erik Yetiştiriciliği. MEGEP. Ankara, 42 s.
- ANONİM, 2015a. Erik yetiştiriciliği. <http://www.cinarziraat.com/meyvecilik/erik-yetistiriciligi.html>. [Son Erişim Tarihi: 01.11.2016]
- ANONİM 2015b. İnfrared nasıl oluşur? <http://www.lamdaisi.com/Content.aspx?q=30sYue6r8i1>. [Son Erişim Tarihi: 02.10.2016]
- ANONİM, 2016. Elektromanyetik Işın, Elektromanyetik Işının Özellikleri, [http://www.bayar.edu.tr/besergil/1\\_emi\\_ozellikler.pdf](http://www.bayar.edu.tr/besergil/1_emi_ozellikler.pdf) [Son Erişim Tarihi: 01.12.2016]
- BANIK, S.; BANDYOPADHYAY, S. and GANGULY, S., 2003. Bioeffects of microwave—a brief review. *Bioresource Technology*, 87: 155–159.
- BONDARUK, J., MARKOWSKI, M. and BLASZCZAK, W., 2007. Effect of drying conditions on the quality of vacuum-microwave dried potato cubes. *Journal of Food Engineering*, 81: 306–312.
- CEMEROĞLU, B., KARADENİZ, F. ve ÖZKAN, M., 2003. Kurutma Teknolojisi, Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi 3. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No: 28, ANKARA.

- CEMEROĞLU, B., 2004. Meyve ve sebze işleme teknolojisi, Başkent Klişe Matbaacılık, 2. cilt, Ankara.
- ÇELEBİ, K., 2011. Kayısının kuruması sırasında renk değişimi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon, 111 s.
- ÇELEN, S. and KAHVECI, K., 2013. Microwave drying behaviour of tomato slices. Czech Journal of Food Science, 31(2): 132–138.
- ÇELİKKOL, B.P., 2011. Önemli erik (*prunus* sp.) gen kaynaklarının SSRs (simple sequence repeats)'a dayalı genetik karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 49 s.
- DADALI, G., 2007. Bamya ve ıspanağın mikrodagla tekniği kullanılarak kurutulması, doku ve renk özelliklerinin incelenmesi ve modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 194 s.
- DAS, I., DAS, S.K. and BAL S., 2004. Specific energy and quality aspects of infrared (IR) dried parboiled rice. Journal of Food Engineering, 62: 9-14.
- DIKBASAN, T., 2007., Determination of effective parameters for drying of apples. MSc Thesis, İzmir Institute of Technology, İzmir, 70 p.
- DONGBANG, W.; PIROMPUNG, W. and TRIRATANASIRICHAI, K., 2010. The drying kinetics of chilies using a rotating fluidized bed technique. American Journal of Applied Sciences, 7 (12): 1599-1606.
- DOYMAZ, İ.; TUĞRUL, N ve PALA, M., 2003. Maydanozun kurutma karakteristiklerinin incelenmesi, Araştırma Makalesi, (<http://www.ytusigmadergisi.com/scientific/2003-3-1-tam.doc>).
- DOYMAZ, I., 2004a. Convective air drying characteristics of thin-layer carrots, Journal of Food Eng., 61, 359-364.
- DOYMAZ, I., 2004b. Effect of dipping treatment on air drying of plums. Journal of Food Engineering. 64: 465–470.
- DOYMAZ, I., 2007. Influence of pretreatment solution on the drying of sour cherry. Journal of Food Engineering, 78: 591–596.
- DOYMAZ, I., 2009. Mathematical modelling of thin-layer drying of kiwifruit slices. Journal of Food Processing and Preservation, 33: 145–160.
- DOYMAZ, 2012. Infrared drying of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) slices. Journal of Food Science Technology, 49(6):760–766.
- DOYMAZ, I., 2013. Determination of infrared drying characteristics and modelling of drying behaviour of carrot pomace. Tarım Bilimleri Dergisi–Journal of Agricultural Sciences 19: 44-53.
- DOYMAZ, I., 2014. Mathematical modelling of drying of tomato slices using infrared radiation. Journal of Food Processing and Preservation 38: 389–396.

- ERBİL, Y., 2007. Yetiştiricilik Bilgileri, Erik. <http://www.irgeler.com.tr/sayfalar.asp?pageID=YetistiriciDetay&id=2>
- EREN, Ö.; SOYSAL, Y.; ÖZTEKİN, S. ve Doğantan, Z.S., 2005. Mikrodalga sistemi ile donatılmış bir bantlı kurutucuda maydanoz kurutulması. III.Tarımsal Ürünleri Kurutma Tekniği Çalıştayı, 2–4 Mayıs 2005, Antalya.
- ERTEKİN, C. and YALDIZ, O., 2004. Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. Journal of Food Eng., 63, 349-359.
- ERTEKİN, C.; GOZLEKCI, S.; KABAS, O.; SONMEZ, S. and AKINCI, I., 2006. Some physical, pomological and nutritional properties of two plum (*Prunus Domestica* L.) cultivars. Journal of Food Engineering, 75: 508- 514.
- ERTUĞRUL, M., 2011. Farklı kurutma havası sıcaklık profillerinin melisa (*Melissa officinalis* L.) bitkisi kuruma süresi ve kalitesine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, 65 s.
- FAO, 2016.FAOSTAT.<http://faostat.fao.org/>. [Son Erişim Tarihi: 25.12.2016]
- FENG, H. and TANG, J. 1998. Microwave finish drying of diced apples in a spouted bed. Journal of Food Science, 63: 679–683.
- FUNEBO, T., OHLSSON, T., 1998. Microwave-assisted air dehydration of apple and mushroom, Journal of Food Engineering, 38: 353-367.
- FUNEBO, T., AHRNE, L., KIDMAN, S., LANGTON, M., SKJOLDEBRAND, C., 2000. Microwave heat treatment of apple before air dehydration–effects on physical properties and microstructure, Journal of Food Engineering, 46: 173-182.
- GABAS, A.L.; MARRA-JUNIOR, W.D.; TELIS-ROMERO, J. and TELIS, V.R.N., 2005. Changes of density, thermal conductivity, thermal diffusivity, and specific heat of plums during drying. International Journal of Food Properties, 8: 233–242.
- GIRI, S.K. and PRASAD, S., 2007. Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms. Journal of Food Engineering, 78: 512–521.
- GÖKHAN, A., 2011. Ortaöğretimde sera gazı etkisi, asit yağmurları ve ozon tabakası delinmesi konularında animasyonla öğretimin akademik başarıya etkisi. Yüksek Lisans, Cukurova Üniversitesi, Anada, 117 s.
- GOYAL, R.K.; KINGSLY, A.R.P.; MANIKANTAN, M.R. and ILYAS, S.M., 2007. Mathematical modeling of thin layer drying kinetics of plum in a tunnel dryer. Journal of Food Engineering, 79: 176–180.
- GUINE, R.P.F. and BARROCA, M.J. 2012. Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper). Food and Bioproducts Processing, 90:58-63.

- GUO, S.-H., CHEN, G., PENG, J.-H., CHEN, J., Li, D.-B., LIU, L.-J., 2011. Microwave assisted grinding of ilmenite ore. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 21 (9), 2122-2126
- GÜLER, H. ve DEMİRAL KURTULUŞ, F., 2003. Mikrodalga enerjiiyle kobalt bor fosfat bileşii ve boraks pentahidratın elde edilmesi. BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 51(1): 83-90. [http://www.balikesir.edu.tr/bau\\_yonetim/yukleme/birim/47/BAUFBE2003-1-6.pdf](http://www.balikesir.edu.tr/bau_yonetim/yukleme/birim/47/BAUFBE2003-1-6.pdf)
- GÜNAL, H. ve ERŞAHİN, S., 2006. Toprak özelliklerinin tahmininde sayısallaştırılmış renk parametrelerinin kullanımı. Tarım Bilimleri Dergisi, 12 (1): 85-92.
- GÜNER, M., 1991. Kurutmanın bilimsel temelleri kurutma modelleri ve güneşli kurutucular, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 1205, Ankara.
- GÜNGÖR, A. ve ÖZBALTA, N., 1997. Endüstriyel kurutma sistemleri. *III. Ulusal Tesisat Mühendisliii Kongresi ve Sergisi, Bildiriler Kitabı*, II. Cild, pp. 737-747, İzmir.
- HEBBAR, H.U.; VISHWANATHAN, K.H. and RAMESH, M.N., 2004. Development of combined infrared and hot air dryer for vegetables. Journal of Food Engineering, 65: 557-563.
- HEYBELİ, N., 2006. Sanayi tipi prototip raflı kurutucuda elma kurutulması. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 225 s.
- HEYBELİ, N. ve ERTEKİN, C., 2007. Elma dilimlerinin ince tabaka halinde kuruma karakteristiğii, Tarım Bilimleri Dergisi, 3(3): 179-187.
- HEYBELİ, N., ERTEKİN, C. ve DİKİCİ, G., 2013. İnfrared kurutucu ile kerevizin kurutulması. Tralleis Elektronik Dergisi, e-TRALLEIS, 2: 16-25.
- KARAASLAN, S., 2008. Sebze ve endüstri bitkilerinin mikrodalgayla kurutulması üzerine çalışmalar. Doktora Tezi, Cukurova Üniversitesi, Adana, 193 s.
- KARAASLAN, S. ve TUNÇER, İ.K., 2009. Kırmızıbiberin fan destekli mikrodalga ile kurutulmasında kuruma karakteristiklerinin incelenmesi ve uygun kuruma modelinin belirlenmesi. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 12(2).
- KARAASLAN, S. 2012. Meyve ve sebzelerin mikrodalga destekli kurutma sistemleri ile kurutulması. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 7 (2):123-129.
- KARAASLAN, S., 2014. Trabzon hurmasının mikrodalga ile kurutulmasında uygun kuruma modelinin belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9 (1):8-15.
- KARAMÜRSEL, Ö.F., 2011. Erik yetiştiriciliğii. <http://arastirma.tarim.gov.tr/marem/Belgeler/Yeti%C5%9Ftiricilik%20Bilgileri/Erik%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.pdf>. [Son Erişim Tarihi: 01.11.2016].

- KARTAL KANGALOĞLU, A.S., 2011. Mikrodalga ve kuru hava yardımıyla kurutma yöntemlerinin meyve pestillerinin kuruma sürelerine etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 72 s.
- KAUR, K. and SINGH, A.K., 2014. Drying kinetics and quality characteristics of beetroot slices under hot air followed by microwave finish drying. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 9(12): 1036-1044.
- KAYA, A; AYDIN, O. and DINCER, I., 2008. Experimental and numerical investigation of heat and mass transfer during drying of Hayward kiwi fruits (*Actinidia Deliciosa Planch*). *Journal of Food Engineering*, 88: 323–330.
- KHRAISHEH, M.A.M.; MCMINN, W.A.M. and MAGEE, T.R.A., 2000. A multiple regression approach to the combined microwave and air drying process, *Journal of Food Eng.*, 43, 243-250.
- KOC, B.; EREN, I and ERTEKIN, F.K., 2008. Modelling bulk density, porosity and shrinkage of quince during drying: The effect of drying method. *Journal of Food Engineering*, 85: 340–349
- KOCABIYIK, H and TEZER, D., 2009. Drying of carrot slices using infrared radiation. *International Journal of Food Science and Technology*, 44:953–959.
- KOCABIYIK, H.; YILMAZ, N.; TUNCEL, N.B.; SUMER, S.K. and BUYUKCAN, M.B., 2015. Drying, energy, and some physical and nutritional quality properties of tomatoes dried with short-infrared radiation. *Food Bioprocess Technol* 8:516–525.
- KONAK, Ü.İ.; CERTEL, M. ve HELHEL, S., 2009. Gıda sanayisinde mikrodalga uygulamaları. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4 (3): 20-31.
- KOOCHEKI, A. and AZARPAZHOOH, E., 2010. Evaluation of mass exchange during osmotic dehydration of plum using response surface methodology. *International Journal of Food Properties*, 13: 155–166
- KRIKODA, M.K. and MAROULIS, Z.B., 1997. Effect of drying method on shrinkage and porosity. *Drying Technology*, 15(10): 2441-2458.
- KROKIDA, M.K. and PHILIPPOPOULOS, C., 2005. Rehydration of dehydrated foods. *Drying Technology*, 23: 799–830.
- LEWICKI, P.P., LUKASZUK, A, 2000. Effect of osmotic dewatering on rheological properties of apple subjected to convective drying, *Journal of Food Engineering*, 45: 119-126.
- LEWICKI, P.P., JAKUBCZYK, E., 2004. Effect of hot air temperature on mechanical properties of dried apples. *Journal of Food Engineering*, 64: 307-314.
- LIN, Y.P; LEE, T.Y.; TSEN, J.H. and KING, V.A.E., 2007. Dehydration of yam slices using FIR-assisted freeze drying. *Journal of Food Engineering*, 79: 1295–1301.

- MASKAN, M., 2001. Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48: 177-182.
- MATTEO, M.D.; CINQUANTA, L.; GALIERO, G. and CRESCITELLI, S., 2003. A mathematical model of mass transfer in spherical geometry: plum (*Prunus domestica*) drying. *Journal of Food Engineering*, 58: 183–192.
- MAY, B.K., PERE, P., 2002. The importance of considering Exchange surface area reduction to exhibit a constant drying flux period in foodstuffs. *Journal of Food Engineering*, 54: 271-282.
- MCGUIRE, R.G., 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27: 1254–1255.
- MENTEŞE, E., 2008. Bazı yeni 1,2,4-Triazol-5-Onbileşiklerinin mikrodalga yöntemiyle sentezi ve yapılarının aydınlatılması. Yüksek Lisans Tezi, Rize Üniversitesi, Rize, 37 s.
- MOHSENIN, N.N., 1986. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. Gordon and Breach Sci. Publ. New York, 891 p.
- MONGPRANEET S., ABE T. and TSURUSAKI T., 2002. Accelerated drying of welsh onion by far infrared radiation under vacuum conditions. *Journal of Food Engineering*, 55: 147–156.
- MOREIRA, R.; FIGUEIREDO, A. and SERENO, A., 2000. Shrinkage of apple disks during drying by warm air convection and freeze drying. *Drying Technology*, 18(1&2): 279-294.
- MWITHIGA, G., OLWAL, J.O., 2005. The drying kinetics of kale (*Brassica oleracea*) in a convective hot air dryer. *Journal of Food Engineering*, 71(4): 373-378.
- NASIROĞLU, Ş., 2007. Kırmızıbiber, elma ve pırasanın kurutulmasında infrared kurutma tekniğinin kullanılması. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, 43 s.
- NASIROGLU, S. and KOCABIYIK, H., 2009. Thin layer infrared radiation drying of red pepper slices. *Journal of Food Process Engineering* 32: 1–16.
- NGUYEN, M.H. and PRICE, W.E., 2007. Air-drying of banana: Influence of experimental parameters, slab thickness, banana maturity and harvesting season. *Journal of Food Engineering*, 79: 200–207.
- NOWARK, D., LEWICKI, P.P., 2004. Infrared drying of apple slices. *Innovative Food Science and Emerging Tech.*, 5: 353– 360.
- OLIVEIRA, M.E.C. and FRANCA, A.S., 2002. Microwave heating of foodstuffs. *Journal of Food Engineering*, 53: 347–359.
- ÖZTÜRK, B; KESKİN, S.; YILDIZ, K., KAYA, Ö.; KILIÇ, K. ve UÇAR, M., 2013. Erzincan koşullarında yetiştirilen ‘ak sakı’ elma çeşidinin depolama performansı üzerine hasat öncesi naftalen asetik asit ve aminoetoksivinilglisin

- uygulamalarının etkileri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, JAFAG, 30 (1), 52-60.
- POLATCI, H., 2008. Farklı kurutma yöntemlerinin reyhan (*Ocimum basilicum*) bitkisinin kuruma süresine ve kalitesine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, 57 s.
- POLATCI, H. ve TARHAN, S., 2009. Farklı kurutma yöntemlerinin reyhan (*ocimum basilicum*) bitkisinin kuruma süresine ve kalitesine etkisi. GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 26(1): 61-70.
- PROTHON, F., AHRNE, L.M., FUNEBO, T., KIDMAN, S., LANGTON, M., SJOHOLM, I., 2001. Effects of combined osmotic and microwave dehydration of apple on texture, microstructure and rehydration characteristics. Lebensm.-Wiss. u.-Technol., 34: 95-101.
- RUDELL, D.R.; FELLMAN, J.F. and MATTHEIS, J.P., 2005. Preharvest application of methyl jasmonate to 'Fuji' apples enhances red coloration and affects fruit size, splitting, and bitter pit incidence. HortScience, 40: 1760–1762.
- SACILIK, K. and ELICIN, A.K., 2006. The thin layer drying characteristics of organic apple slices. Journal of Food Engineering, 73; 281–289.
- SACILIK, K., KESKIN, R. and ELICIN, A.K., 2006a. Mathematical modeling of solar tunnel dring of thin layer organic tomoto. Journal of Food Engineering, 73(3): 231-238.
- SACILIK, K.; ELICIN, A.K. and UNAL, G., 2006b. Drying kinetics of Üryani plum in a convective hot-air dryer. Journal of Food Engineering, 76: 362–368.
- SARI, M ve KARAASLAN, S., 2014. Ananasın mikrodalga ile kurutulması ve uygun kuruma modelinin belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9 (1):42-50.
- SEIIEDLOU, S.; GHASEMZADEH, H.R.; HAMDAMI, N.; TALATI, F and MOGHADDAM, M., 2010. Convective drying of apple: mathematical modeling and determination of some quality parameters. International Journal of Agriculture & Biology. 12(2): 171-178.
- SHAM, P.W.Y.; SCAMAN; C.H. and 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.
- SHARMA, G.P. and PRASAD, S., 2001. Drying of garlic (*Allium sativum*) cloves by microwave-hot air combination. Journal of Food Engineering, 50: 99-105.
- SHARMA, G.P., VERMA, R.C., PATHARE, P.B., 2005a, Thin-layer infrared radiation drying of onion slices. Journal of Food Engineering, 67: 361–366.
- SHARMA, G.P., VERMA, R.C., PATHARE, P.B., 2005b. Mathematical modeling of infrared radiation thin layer drying of onion slices. Journal of Food Engineering, 71: 282–286.



- SJOHOLM, I., GEKAS, V., 1995. Apple shrinkage upon drying. *Journal of Food Engineering*, 25: 123-130.
- SOKO, L., 2015. Prune and plum nutrition health benefits of plum and prunes. <http://www.lose-weight-with-us.com/plum-nutrition.html>
- SONMETE, M.H., 2012. Stanley çeşidi eriğin bazı hasat parametrelerinin belirlenmesi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26 (1): 92-96.
- SOROUR, H. and EL-MESERY, H. 2014. Effect of microwave and infrared radiation on drying of onion slices. *IMPACT: International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences (IMPACT: IJRANSS)*, 2(5): 119-130
- SOROUR, H. and EL-MESERY, H., 2014. Effect of microwave and infrared radiation on drying of onion slices. *IMPACT: International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences (IMPACT: IJRANSS)*, 2(5): 119-130.
- STRUMİLLO, C. and KUDRA, F.T., 1986. *Drying: Principles, Applications and Design*. NY: Gordon and Breach Science Publishers, pp. 371–376, 417–428. New York.
- TARHAN, S., 2007. Selection of chemical and thermal pretreatment combination for plum drying at low and moderate drying air temperatures. *Journal of Food Engineering*, 79: 255–260.
- TÜİK, 2016. Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr> [Son Erişim Tarihi: 10.10.2016]
- VARITH, J. ; DIJKANARUKKUL, P.; ACHARIYAVIRIYA, A. and ACHARIYAVIRIYA, S., 2007. Combined microwave-hot air drying of peeled longan. *Journal of Food Engineering*, 81: 459–468.
- VELU, V.; NAGENDER, A.; PRABHAKARA RAO, P.G. and RAO, D.G., 2006. Dry milling characteristics of microwave dried maize grains (*Zea mays L.*). *Journal of Food Engineering*, 74: 30–36.
- WANG, J. and XI, Y.S., 2005. Drying characteristics and drying quality of carrot using a two-stage microwave process. *Journal of Food Engineering*, 68: 505–511.
- WANG, J. and SHENG, K., 2006. Far-infrared and microwave drying of peach. *LWT*, 39: 247–255
- YAĞCIOĞLU, A., 1996. Ürün işleme tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 517, Ders Kitabı, İzmir, 264 s.
- YAĞCIOĞLU, A., 1999. Tarım ürünleri kurutma tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 536, Yardımcı Ders Kitabı, İzmir, 348 s.
- YALDIZ, O., ERTEKİN, C. and UZUN, H.I., 2001. Mathematical modelling of thin layer solar drying of sultana grapes. *Energy*, 26(5): 457-465.

- YILDIZ, U., 2003. Elektromanyetik dalgalar.  
[http://www.its.caltech.edu/~yildiz/docs/yildiz\\_elektromanyetik\\_dalgalar.pdf](http://www.its.caltech.edu/~yildiz/docs/yildiz_elektromanyetik_dalgalar.pdf)
- YOĞURTCU, H., 2014. Mikrodalga fırında limon kurutma: kinetiği ve modellenmesi.  
Fırat Üniv. Mühendislik Bilimleri Dergisi, 26 (1): 27-33.

## ÖZGEÇMİŞ



Nursel HEYBELİ 1980 yılında Isparta'nın Senirkent İlçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Senirkent'te tamamladı. 1998 yılında girdiği Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü'nden 2002 yılında Ziraat Mühendisi olarak mezun oldu. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ABD'inde 2003-2006 yılları arasında Yüksek Lisansını tamamlamış daha sonra 2007 yılında aynı anabilim dalında Doktora eğitimine başlamıştır. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ABD'inde 2005-2015 yılları arasında Araştırma Görevliliği yapmış olup sonra Eylül 2015 yılında MEB bünyesinde Çavdarhisar Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi-Kütahya'da Tarım Alanında Tarım Makinaları Öğretmeni olarak atanmıştır. Halen adı geçen Tarım Lisesinde Öğretmen olarak çalışmaktadır.