

FARKLI GEOMETRİK YAPIDAKİ KIRMIZI BİBERLERİN PLC KONTROLLU GÜNEŞ ENERJİLİ-GİZLİ ISI DEPOLAMALI KURUTUCUDA KURUTULMASI

Ayhan ONAT*, A. Talat İNAN, Zafer GÜL**

*KSÜ., Kahramanmaraş Meslek Yüksekokulu, İklimlendirme-Soğutma, KAHRAMANMARAŞ

**Marmara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, Ziverbey, İSTANBUL

ÖZET

Bu çalışmada Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş Meslek Yüksekokulu, İklimlendirme-Soğutma atölyesinde tasarım ve imalatı yapılan güneş enerjili biber kurutucusu ile Aflatoksin'siz TSE 2419 ve ASTA Standartlarına uygun olarak kırmızı biberi kurutmak, kurutma süresini azaltmak ve sürekliliğini sağlamak için otomasyona yönelik kontrol sistemi geliştirilip uygulanmıştır. Farklı geometrilerdeki numunelerin kurutma süreleri, işleme kolaylıkları ve diğer özellikleri (renk, kül miktarı, nem miktarı) karşılaştırılarak en uygun biber kurutma geometri yapısı tesbit edilmiştir. Yine bu çalışmada; PC ve PLC kontrollü sürekli kurutucuda ısı geri kazanımı için ilk kez ergime sıcaklıkları 58 °C ve 48 °C olan sodyum sülfat dekahidrat ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) diğer bir adı ile glauber tuzu kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Güneş Enerjisi, Kırmızı Biber, Gizli Isı Depolama, Kurutucu, PLC.

DRYING OF VARIOUS GEOMETRICAL FORMS OF RED PEPPER SPECIMENS IN LATENT HEAT STORAGE SOLAR DRIER CONTROLLED BY PLC

ABSTRACT

In this study, a control system aiming at automation the solar drier which has been designed and manufactured in Air Conditioning and Refrigeration Workshop of Kahramanmaraş Vocational School of Higher Education at Kahramanmaraş Sütçü İmam University to dry red pepper without Aflatoksin appropriate to TSE and ASTA Standards, to reduce the drying duration and to gain a continuity on drying, was developed and applied. During drying experiments various geometrical forms of pepper specimens were used. The most optimum geometrical structure of pepper drying was determined by comparison drying durations, processing facilities (colour, amount of ashes, moisture content) and other specifications of various formed specimens. Again, in this study, on continuous drier with PC and PLC control, for heat recovery for the first time, sodium sulfate decahydrate ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) at 58 °C and 48 °C melting points which is known as glauber salt, were used.

Key Words: Solar Energy, Red Pepper, Latent Heat Storage, Drier, PLC.

1. GİRİŞ

Endüstriyel bir proses olan kurutma işlemi kimya, tekstil, seramik, inşaat malzemeleri, kereste, kâğıt, gıda ve tarımsal ürünlerin kurutulması gibi birçok alanda oldukça geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Birçok sektörde kurutma için tüketilen enerji toplam enerji tüketimi içinde önemli bir paya sahiptir. Bu oran kimyada % 6, tekstilde % 5, seramik ve diğer inşaat malzemeleri üretiminde % 11, kereste kurutmada % 11, gıda ve tarımsal ürünlerin kurutulmasında % 12 ve kâğıt endüstrisinde % 33 düzeylerine ulaşmaktadır (1).

Kurutma, gıda maddelerinin korunmasında başvurulan en önemli yöntemlerden biri olup kimya ve üretim süreçlerinde yaygın olarak kullanılan bir işlemdir. Kurutma ile sürecin bir sonraki adımında işlenecek veya pazara sunulacak ürünün istenilen şartlara getirilmesi, gıda maddelerinin bozulmadan uzun süre saklanabilmesi, sterilize edilmesi, çözeltilerden bazı ürünlerin elde edilmesi, malzemelerin taşınmasında kütlelenin azaltılması mümkündür (2).

Bu çerçevede, ülkemizde biber işleme tesislerinde kurutma temel işlemler arasında yer alır. Türkiye yılda 900 bin ton üretimi ile tek başına dünya biber üretiminin %10'unu karşılamaktadır. Kahramanmaraş ilimizde ise, kırmızı biber üreticiliği, kırmızı kuru biber üretimi için yapılmaktadır. Bölgemizde üretilen kırmızı biber, yaygın biçimde ülkemizin iç talebini karşıladığı gibi, ihracatı da yapılmakta ve önemli ölçüde döviz kaynağı oluşturmaktadır. Biberin işlenmesine yönelik dünya standartları, biberin sadece kurutucularda kurutulmasını öngörmekte iken, Kahramanmaraş'ta biberin toprak üzerine serilerek kurutulduğu görülmektedir. Kırmızı biberde kurutma toprak üzerinde ve doğrudan etkili güneş ışığı altında yapılırsa, biber toprak karışmakta, gündüz kuruma, gece çiğlenme ile nemlenme oluşmakta ve biberin tadı bozulmaktadır. Bununla beraber, topraktan bibere *Aspergillus Flavus* mantarı geçmekte ve bu mantarlarla biberlerde kansorejen etkili Aflatoksin oluşabilmektedir (3).

Trenning (4), Kahramanmaraş biberini toprağa sererek geleneksel kurutma yönteminde bazı değişiklikler yaparak kurutmuştur. Ultanır (5),

levha tipi deney modeli güneş enerjili kurutucusu ile havuç, şeftali, erik, maydanoz, nane, patlıcan gibi meyve ve sebzelerin yanı sıra biberi de kurutmuştur. Akyurt ve Selçuk (6), araştırmalarında güneş enerjili kurutucunun deneysel tipini tasarlayarak, dolmalık yeşil biberi 160 saatte, sultani üzümü ise 400 saatte kurutmuşlardır. Yavuzcan (7), değişik kurutma yöntemleri ve depolama koşullarının bazı kırmızı biber çeşitlerinin kalite faktörlerine etkisini araştırmıştır. Karagülle (8), tarafından güneşli kurutma evi tasarlanarak kırmızı biberin kurutulması denenmiştir. Coleman ve arkadaşları (9), Çalışmalarında yeşil biberi, klasik sıcak havalı kurutucularla ve doğrudan güneş ışınımı alan kurutucularla kurutmuşlardır. Ergüneş (10), Üzümün güneş enerjisinden yararlanarak yapay yolla kurutulması amacıyla kullanılacak güneş enerjili bir kurutucu tasarlamıştır. Fath (11), çalışmasında güneş enerjili hava ısıtıcısına parafin mumlu bir ısı depolama sistemi akuple ederek ısıtıcının performansını ele almıştır. Sharma ve arkadaşları (12), üç farklı tipte güneş enerjili kurutucunun deneysel araştırmasını yapıp evsel, tarımsal yada endüstriyel ölçekte kullanılmaları için kriterleri ortaya koymayı amaçlayan bir çalışma yapmışlardır. Hallak ve arkadaşları (13), çalışmalarında merdiven şeklinde tasarlayıp imal ettikleri doğal taşınımlı güneş enerjili bir kurutucunun karakteristiklerini incelemiştir. Zakhidov ve arkadaşları (14), prototip bir güneş enerjili kurutma ünitesi tasarlayıp imal etmiş ve kurutucunun çalışma karakteristiklerini ve test sonuçlarını rapor etmişlerdir. Akhmadaliev ve Alinazarov (15), cihazın çalışmadığı durumlarda ortaya çıkan taşınım kayıplarını azaltan ve daha kararlı bir çalışma rejimi oluşturulmasına yardımcı olan bir ısı depolaması sistemini güneş enerjili bir kurutma sistemine akuple etmişlerdir. Isaev ve Khaidriddinov (16), çalışmalarında güneş enerjili sera kurutucusu için kombine güneş enerjili ısı akümülatörü tasarlayıp imal etmişlerdir. Tuncer (17), yapmış olduğu çalışmada ABD, Macaristan ve Kahramanmaraş'taki kırmızı biber işletme tekniklerini araştırarak aralarındaki farkları ortaya koymuş kurutma işleminin yere serilerek değil, yalnızca kurutucularda yapılabileceğini belirtmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Kurutma için gerekli ısı girdi yansıtıcı destekli güneş kolektöründen ve rezistanstan hissedilir ısı ilavesi olmak üzere, iki temel kaynaktan temin edilmektedir. Karşıt akışlı taşınımla kurutma

yapılmıştır. Dış hava bir kanal yardımı ile sisteme alınırken rezistans yardımı ile sıcaklığı yükseltip hareketli banta üfleme fanı yardımı ile gönderilmektedir. Kurutma havası, kurutulan biberler üzerinden karşıt akımla geçirilerek emiş havası fanı yardımı ile PCM (Phase Change Materials) ısı depolaması yapılan ısı dönüştürücü üzerinden tahliye edilmektedir. Bu şekilde, tahliye edilen sıcak hava PCM ve giriş havası üzerinden tahliye edilerek ısı geri kazanımı sağlanmaktadır.

Cihaz bant hızı, bantın bir kayış-kasnak mekanizması ile bağlı olduğu motor-redüktör grubuna bağlı inverter (hız kontrol cihazı) ile 0 m/s ile 0,05 m/s arasında istenilen sınırlar içinde tutulabilmektedir. Buna bağlı olarak da bantın üzerindeki bir noktanın bant giriş ve çıkış süresi 1,27 dakikaya kadar düşürülebilmektedir. Bu şekilde sabit tünel boyunda hızların değiştirilmesi ile ürün kurutma süresi de değiştirilebilmekte, dolayısıyla farklı ürünlerin kurutulması olanağı da sağlanmış olmaktadır. Basma ve emme olmak üzere 2 adet fan kullanılmıştır. Basma fanı, radyal ve hız devir kontrollü olup kollektörde farklı hava hızları ile kurutma yapılmıştır. Emme fanı aksiyel kullanılmıştır. Kollektör içerisindeki sıcaklık kontrolü PC bağlantılı PLC ile sağlanmıştır. Bilgisayarda yazılan program ile farklı ürünlerin kurutulması, girilen farklı sıcaklıktaki kurutma değerlerine göre ısıtıcı ve soğutucu kontrolü ile sağlanmıştır. Şekil 1'de Güneş enerjili-gizli ısı depolamalı kurutucu gösterilmektedir.

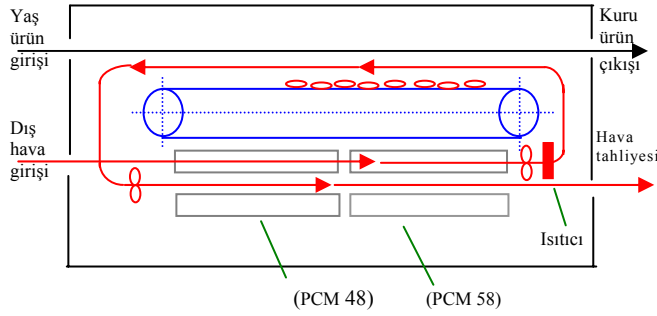


Şekil 1. Güneş enerjili ve ısı depolamalı (PCM) çok amaçlı kurutucunun geri kazanımlı dış hava kanal bağlantılı görünüşü.

2.1 Akış Şeması

Şekil 2'de gösterildiği gibi, dış ortamdan 2 adet 26×9 cm boyutlarındaki hava kanalı yardımı

ile alınan hava, bir rezistans yardımı ile ısıtılıp üzerinde kurutulmuş ürünün bulunduğu banta devir kontrollü bir radyal fan yardımı ile üflenmektedir. Rezistans, PLC kontrolü ile istenilen üfleme sıcaklığına ulaşıldıktan sonra devreden çıkmaktadır. Bantın üzerinde güneş kollektörü ve cihaz yanında yansıtıcılar bulunmaktadır. Bu şekilde solar kazanç ile kurutma işleminde rezistansın daha kısa sürede devrede kalması sağlanmıştır.



Şekil 2. Güneş enerjili kurutucunun çalışma şekli.

2.2 PCM Malzemelerin Özellikleri

Geliştirilen kurutucu hava tahliye hattında 12 adet faz değiştirme sıcaklığı 48 °C olan Climsel Thermal Battery C 48 ve 12 adet de faz değiştirme sıcaklığı 58 °C olan Climsel Thermal Battery C 58 olmak üzere iki çeşit PCM kullanılmıştır. Kullanılan PCM malzemeler modüler yapıda olup kanatçıklı alüminyum profil içine PCM madde doldurulmuştur. Modülün genişliği 160 mm, yüksekliği 60mm ve uzunluğu 750 mm dir. Her modülün ağırlığı toplam 7,4 kg olup içerisinde 3,4 kg PCM bulunmaktadır. Tablo 1’de Climsel™ C48’in ve Tablo 2’de ise Climsel™ C58’in bazı fiziksel özellikleri görülmektedir. Kullanılan PCM’lerin yapısında farklı karışım oranlarında sodyum sülfat, su, toz silikon ve boraks bulunmaktadır.

Tablo 1. C48’in fiziksel özellikleri (18)

| | |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| Faz değiştirme sıcaklığı | 48 °C |
| Maksimum çalışma sıcaklığı | 80 °C |
| Çalışma aralığı | 35-65°C |
| 35-65 °C’de ısı muhafaza kapasitesi | 334,8 kJ/kg |
| Erime gizli ısı | 226,8 kJ/kg |
| PCM’deki özgül ısı | 3,6 kJ/kgK |
| Özgül ağırlık | 1,36 kg/L |
| Isı iletim katsayısı | 0,5-0,7 W/mK |
| Ağırlık | 9,9 kg (1 metre uzunluk için) |
| Kalınlık | 60 mm |
| Genişlik | 159 mm |

Tablo 2. C 58’in fiziksel özellikleri (18)

| | |
|--------------------------|-------|
| Faz değiştirme sıcaklığı | 58 °C |
|--------------------------|-------|

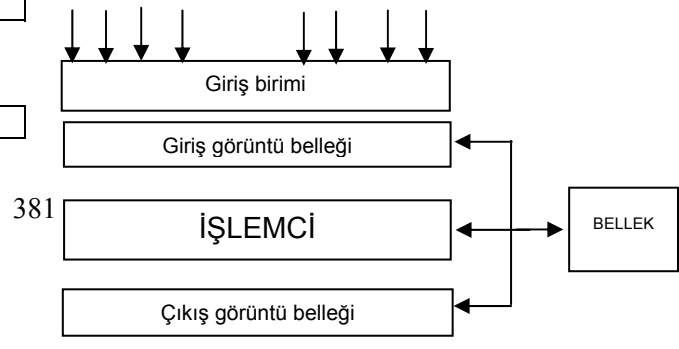
| | |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| Maksimum çalışma sıcaklığı | 80 °C |
| Çalışma aralığı | 45-75°C |
| 45-75 °C’de ısı muhafaza kapasitesi | 363,6 kJ/kg |
| Erime gizli ısı | 255,6 kJ/kg |
| PCM’deki özgül ısı | 3,6 kJ/kgK |
| Özgül ağırlık | 1,46 kg/L |
| Isı iletim katsayısı | 0,6-0,7 W/mK |
| Ağırlık | 10,2 kg (1 metre uzunluk için) |
| Kalınlık | 60 mm |
| Genişlik | 159 mm |

2.3 PLC Kontrolü

Programlanabilir lojik kontrolör (Programmable Logic Controller) endüstriyel otomasyon sistemlerinin kumanda ve kontrol devrelerini gerçeklemeye uygun yapıda giriş-çıkış birimleri ve iletişim ana birimleri ile donatılmış, kontrol yapısına uygun bir sistem programı altında çalışan endüstriyel bilgisayardır. PLC’lerin en yaygınca kullanıldığı alanlar endüstriyel otomasyon sistemlerinin kumanda devreleridir. Bir PLC’nin geri beslemeli kontrol sistemlerinde sayısal kontrolör olarak kullanılması, analog işaretleri sayısal işaretlere ve sayısal işaretleri analog işaretlere dönüştüren giriş-çıkış birimleri ile sağlanır. Bir PLC,

- Bir sayısal işlemci ve bellek,
- Giriş ve çıkış birimleri,
- Programlayıcı birimi,
- Besleme güç kaynağı gibi

temel unsurlardan oluşur. Ayrıca programı yedeklemek ve başka bir PLC’ye aktarmak için kalıcı bellek birimi, giriş çıkış sayısını arttırmak için genişleme birimi, enerji kesilmeleri durumunda PLC’yi besleyen yedek güç kaynağı ve iletişim ara birimi gibi elemanlar da bulunur (19). Bir PLC’nin iç yapısı Şekil 3’de verilmiştir. Bütün sayısal bilgisayarlar gibi PLC; bir işlemci, bellek ve giriş-çıkış ara birimlerinden oluşur. Sayısal işlemci, PLC sistem programı altında kullanıcı programını yürüten, PLC’nin çalışmasını düzenleyen ve bu işlemleri yapmak için gerekli birimleri bulunan bir elemandır.



Şekil 3. Bir PLC'nin iç yapısı.

2.4 Programlama Biçimi

PLC'ler için geliştirilmiş olan programlama dilleri, kontaktörlü ve röleli kumanda devreleri tasarımı ile ilgili kişilerin kolayca anlayıp uygulayabileceği biçimde kullanıma sunulmuştur. Genel olarak üç türlü programlama biçimi kullanılır. Bunlar;

- Komut kullanımı ile programlama,
- Merdiven diyagramı gösterimi ile programlama,
- Diğer programlama yöntemleri

olarak sınıflandırılabilir. Kurutucuda kullanılan OMRON CPU 41 PLC'nin cihaz kontrol panosuna bağlantı şeklini gösteren fotoğraf Şekil 4'de verilmiştir.



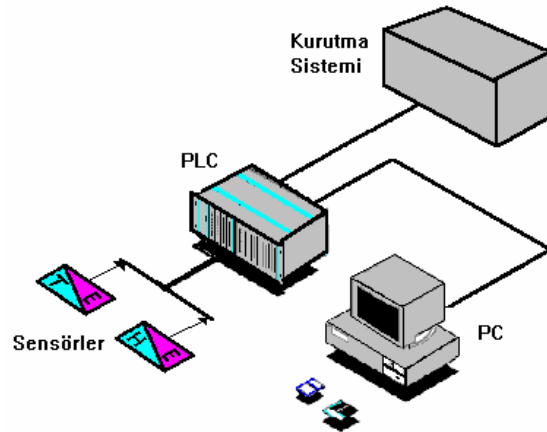
Şekil 4. Omron CPU 41 PLC'nin cihaz kontrol panosuna bağlantı şekli fotoğrafı.

2.5 Sistemin Elektronik Kontrolü

Endüstriyel kontrol sistemlerinde birçok uygulama alanı olan PLC (Programmable Logic Controller) sistemleri PC (Personal Computer) bilgisayar kullanılarak SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) denilen veri toplama ve değerlendirme programları ile çalışan bir sistemdir. Biber kurutmanın yanında farklı iki ürünü de (üzüm, Antep fıstığı) içeren PLC ile PC

arasındaki iletişimi ve kontrolü sağlayan bilgisayar programı yapılmıştır.

Kurutucunun otomatik kontrolü PLC ve PC ile sağlanmakta olup PLC ile PC sistemi RS-232C protokolü ile haberleşmesini gerçekleştirmektedir. Kurutucu sistemini kontrol eden giriş ve çıkış elemanları PLC'nin analog ve dijital giriş/çıkış birimlerine bağlanmıştır. Kurutucu, bilgisayardan aldığı komutlara göre biber kurutma, üzüm kurutma veya Antep fıstığı kurutma şartlarına ayarlanabilmektedir. Her bir kurutma şartı için PLC'nin dijital girişine farklı butonlar bağlanmış olup istenilen bir şart seçildiğinde PLC, bu şartı PC'ye göndermekte ve PC'den o şartın verilerini almaktadır. Bu sistemin kontrol edilmesi için hem PLC'nin, hem de PC'nin programlanması gerekmektedir. PLC olarak Omron CQM1 tipi kullanılmış olup, PLC program LSS yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. PC deki program ise TC++ ile yazılmıştır. Şekil 5'de ise kurutucunun PC ve PLC bağlantısı gösterilmektedir.



Şekil 5. Kurutucunun PC ve PLC bağlantısı.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan deneylerde en uygun hızlı kurutma, 10⁰⁰-15⁰⁰ saatleri arasında ve sıcaklığın 55-65 °C olduğu durumlarda elde edilmiştir. 65 °C 'nin üzerindeki kurutma işlemlerindeki biberlerin renklerinde siyahlaşma olduğu, 70 °C'nin üzerinde ise biberlerde yanma olduğu gözlenmiştir. En uygun kurutma sıcaklık aralığının 55-60 °C arası olduğu belirlenmiştir. Yapılan deneylerde geri kazanım uygulaması ile giriş havası sıcaklığında 10-15 °C arasında artış elde edilmiştir. Farklı geometrik yapılarda kurutulan biber numunelerinin kuruma sürelerinin sıralanışı, kısa süreden uzun süreye göre; boyuna, enine, delinmiş ve tam

şeklinde. Dolayısıyla kurutma süresi en kısa olan boyuna kurutma şeklidir. Ancak işleme kolaylığı dikkate alındığında biber kurutma işlemlerinde biberlerin enine kesilmesinin daha uygun olacağı önerilmektedir.

Sistemde kullanılan PCM'ler ile kurutma sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkının en az 10 °C olması sonucuna varılmıştır. Deneylerde faz değişim sıcaklığı 58 °C ve 48 °C olan iki farklı PCM ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, glauber tuzu) kullanılmıştır. Faz değişim sıcaklığı 58 °C olan PCM'ler için kurutma sıcaklığına bağlı olarak, sıcaklık farkının 10 °C'den az olduğu durumlarda faz değişim süresi arttığı, bazı durumlarda da faz değişim sıcaklığına erişilemediği gözlemlendi. Buna bağlı olarak faz değişim sıcaklığı 48 °C olan PCM'lerin 55-65 °C sıcaklık aralıklarındaki kurutma işlemleri için uygun olduğu tespit edilmiştir. Kurutulan kırmızı biberler Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Teknolojisi Bölümünde nem, kül miktarı, renk tayini analizleri yapılmış, sonuçların TSE 2419 ve ASTA Standartlarına uygun olduğu belirtilmiştir. Analiz sonuçları Tablo 3, Tablo 4, ve Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 3. Nem miktarı (yüzde)

| Örnek No | Analiz Sonucu | TS 2419'da en çok |
|----------|---------------|-------------------|
| 1a | 10,7 | 11,0 |
| 2a | 10,0 | 11,0 |
| 3a | 10,2 | 11,0 |
| 4a | 11,0 | 11,0 |
| 1b | 9,6 | 11,0 |
| 2b | 9,9 | 11,0 |
| 3b | 9,6 | 11,0 |
| 4b | 10,9 | 11,0 |

Tablo 4. Kül miktarı (ağırlıkça, yüzde)

| Örnek No | Analiz Sonucu | TS 2419'da istenen en çok | |
|----------|---------------|---------------------------|-----------|
| | | I. Sınıf | II. Sınıf |
| 1a | 9,3 | 8,5 | 10,0 |
| 2a | 7,7 | 8,5 | 10,0 |
| 3a | 7,7 | 8,5 | 10,0 |
| 4a | 7,9 | 8,5 | 10,0 |
| 1b | 7,5 | 8,5 | 10,0 |
| 2b | 7,4 | 8,5 | 10,0 |
| 3b | 7,4 | 8,5 | 10,0 |
| 4b | 6,7 | 8,5 | 10,0 |

Tablo 5. Renk tayini

| Örnek No | Analiz Sonucu | ASTA Renk Değeri |
|----------|---------------|------------------|
| 1a | 91,3 | 70-150 ASTA |
| 2a | 116,3 | 70-150 ASTA |
| 3a | 119,1 | 70-150 ASTA |

| | | |
|----|-------|-------------|
| 4a | 94,1 | 70-150 ASTA |
| 1b | 101,5 | 70-150 ASTA |
| 2b | 114,6 | 70-150 ASTA |
| 3b | 121,4 | 70-150 ASTA |
| 4b | 93,6 | 70-150 ASTA |

Açıklamalar:

| | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| I. Parti numuneler | II. Parti numuneler |
| 1a: Tam olarak kurutulmuştur. | 1b: Tam olarak kurutulmuştur. |
| 2a: Enine doğranmış kurutulmuştur. | 2b: Enine doğranmış kurutulmuştur. |
| 3a: Boyuna dilimlenmiş kurutulmuştur | 3b: Boyuna dilimlenmiş kurutulmuştur |
| 4a: Delinmiş kurutulmuştur. | 4b: Delinmiş kurutulmuştur. |

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kırmızı biber kurutmada optimum kurutma havası sıcaklığının belirlenmesi için yapılacak çalışmalarda kurutma havası sıcaklığının 50-65 °C aralığında yapılması uygundur. Kırmızı biber kurutmada optimum kurutma havası hızının belirlenmesi için yapılacak çalışmalarda kurutma havası hızının 0,5 m/s -1 m/s aralığında yapılması önerilmektedir. Hasat zamanı ve diğer kurutma zamanlarında güneş enerjisinin tek başına yeterli olamayacağından, otomasyona yönelik endüstriyel ve deneysel kurutucu tasarımında mutlaka ek enerji kullanılması zorunludur. Taşıyıcı bandın yüksek sıcaklığa dayanıklı, küçük gözenekli teflon malzemeden yapılarak, hava üflemesinin üst ve alttan yapılması ile kurutma süresi kısaltılabilir. Atılan sıcak havadan mutlaka faydalanmalıdır. Yapılan deneylerde bu uygulama ile giriş havası sıcaklığında 10-15 °C arasında artış elde edilmiştir. Hava akış yöntemlerinin iyileştirilmesi ile bu sıcaklık farkı daha da artırılabilir. Kurutucunun yer seçimi ve deneysel çalışmalar için dış hava şartları göz önüne alınmalı, bağıl nemin düşük olması ve kollektördeki taşınım ile ısı kayıplarının azaltılması için, dış hava hızının düşük olduğu yerlere kollektör yerleştirilmelidir. Kurutucularda kullanılan PCM'lerin erime sıcaklığı ile biberin kurutma sıcaklığı arasındaki fark en az 10 °C olmalıdır.

5. KAYNAKLAR

1. Mujumdar, A.S., Handbook of Industrial Drying, 28-32, Marcel Dekker Inc., New York, USA, 1987.
2. Özbalta, N., Güngör, A., Kurutma Sistemlerinde Isı Pompası Kullanım Potansiyeli, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, İzmir, 1998.

3. Tekinel, O., Tuncer, İ.K., Başer, N., Abak, K., Pakyürek, Y., Çoksöyler, N., Kahramanmaraş Kırmızı Biberinde İhracaata Yönelik Kaliteli Yetiştirme İşleme ve Pazarlamada Karşılaşılan Sorunlara Çözüm Arayışları, Panel, KSÜ Yayınları:11, Kahramanmaraş, 1995.
4. Trenning, A., Kahramanmaraş'ta Acı Biber Üzerine Bir Araştırma, Bursa Konservecilik Araştırma Enstitüsü, Bursa, Türkiye, 1971.
5. Ultanır, M. O, Preheated Circulation Solar Heater, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü Yayınları, Ankara, 1972.
6. Akyurt, M., Selçuk, K., Laboratory Type Solar Dryer, METU Dept. Of Mechanical Eng., Ankara, Türkiye, 1973.
7. Yavuzcan, G., Değişik Kurutma Metodlarının ve Depolama Koşullarının Kırmızı Biber Çeşitlerinin Önemli Kalite Faktörlerine Etkisi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Bilimi ve Kürsüsü Doktora Tezi, Ankara, 1974.
8. Karagülle, N., Güneş Enerjisi ile Çalışan Bir Kurutma Evinin Teori ve Deneyle incelenmesi, Ege Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Fakültesi Doktora Tezi, İzmir, 1977.
9. Coleman, R.L., Wagner, C.J., Bryan, W.L., Berry, R.E., Preliminary Evaluations of Sulfite Pretreatments for Sun-Dried and Hot Air Dried Dried Green Peppers, Proc. Fla. State Hort. Soc., p.183-186, 1992.
10. Ergüneş, G., Üzümlerin Güneş Enerjisinden Yaralanarak Yapay yolla Kurutma Olanakları ve Bu amaçla Kullanılacak Güneşli Bir Kurutucunun Projelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Mekanizasyon Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, 1986.
11. Fath, E.S. Hassan., Thermal Performance of a Simple Design Solar Air heater With Built-in Thermal Energy System, Renewable Energy, 6-8, p.1033-1039, 1995.
12. Sharma, V.K., Colangelo, A., Spagna, G., Experimental Investigation of Different Solar Dryers Suitable for Fruit and Vegetable Drying, Renewable Energy, 6-8, p. 413-424, 1995.
13. Hallak, H., Hilal J., Hilal, F., Rahnal, R., The Staircase Solar Dryer: Design and Characteristics, Renewable Energy, 7-2, p.177-183, 1996.
14. Zakhidov, R.A., Kirgizbaev, D.A., Nuriddinov, Kh.N., Results of Testing a Solar Dryer, Applied Solar Energy (Translated from Russian Geliotekhnika into English), 6-2, p.1-4, 1990.
15. Akhmadaliev, A.A., Alinazarov, A. Kh., Solar Drying Units With Thermal Energy, Solar Energy (Translated from Russian Geliotekhnika into English), 25-2, p. 89-90, 1989.
16. Isaev, S. M., Khaidriddinov, B. E., On a Method for Heat Accumulation in a Solar Greenhouse-Dryer, Applied Solar Energy (Translated from Russian Geliotekhnika into English), 29-5, p.74-76, 1993.
17. Tuncer, İ. K., Kırmızı Biber Kurutma Seminer Notları, KSÜ-Mim. Müh. Fak., Kahramanmaraş, Türkiye 10-13, 2001.
18. Anonim, Climator Ürün Katalogu, Climsel Thermal Battery, Skövde, Sweden, 2001.
19. Kurtulan, S., PLC ile Endüstriyel Otomasyon, 2-10, Birsen Yayın Evi, İstanbul, Türkiye, 2001.