

## GÜNEŞ ENERJİ DESTEKLİ KARŞIT AKIŞLI -TAŞINIM TIPLI KIRMIZI BİBER KURUTUCUSUNUN ISIL ANALİZİ

Ayhan ONAT\*, A. Korhan BİNARK\*\*

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

\*\*MÜ. Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Eğitimi, Enerji Anabilim Dalı  
Ziverbey, İSTANBUL

### ÖZET

Yapılan bu çalışmada Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş Meslek Yüksekokulu, İklimlendirme-Soğutma atölyesinde tasarım ve imalatı yapılan güneş enerji destekli karşıt akışlı kırmızı biber kurutucusu tasarlanıp imal edilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda imal edilen kurutucunun termodinamiğin I. kanununa göre analizi yapılarak enerji dengesi ortaya çıkarılmıştır. Sistem sürekli-akışlı sürekli açık sistem (SASA), kontrol hacmi yöntemine göre analiz yapılarak meydana gelen enerji kayıpları tespit edilmiştir. Kurutucuya giren toplam enerji miktarı 5912,46 watt ve çıkan toplam enerji miktarı ise 5411,95 watt hesaplanmıştır. Giren ve çıkan enerjiler arasındaki %8,46'lık farkın ölçüm hataları ve buhar kayıplarından meydana geldiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Isıl analiz, Güneş enerjisi, Kırmızı biber, Kurutucu.

### THERMAL ANALYSIS OF A RED PAPRIKA DRYER HAVING COUNTER FLOW-CONVECTION TYPE AND SUPPORTED BY SOLAR ENERGY

#### ABSTRACT

This study deals with designing and manufacturing a red pepper dryer having counter flow-convection type and supported by solar energy, in Refrigeration and Air Conditioning Laboratory of Vocational School at Kahramanmaraş Sütçü İmam University. The thermal analysis and energy balance of the manufactured dryer were determined by considering the first law of Thermodynamics. Energy losses from the dryer were analyzed by applying the steady-flow process in control volume method. Total energy entering and leaving from the dryer were calculated as 5912,45 watt, and 5411,95 watt, respectively. It was determined that the 8,46% difference between these two values were because of measurement errors and vapor losses during the experiments.

**Key Words :** Thermal analysis, Solar energy, Red pepper, Dryer.

### 1. GİRİŞ

Güneş enerjisi ile kurutma, güneş enerjisinin doğrudan kullanıldığı bir yöntemdir (1). Bu yöntemle güneş enerjisi, hasat edilmiş ürünlerdeki nemi buharlaştırarak, ürünü istenilen nem değerine getirir. Bu şekilde nemi alınmış ürün, yıl boyu kullanılabilir hâle getirilmiş olur. Güneş enerjili kurutmanın en basit örnek uygulaması ürünün hasat öncesi tarlada bırakılarak kurutulması gösterilebilir. Böyle bir yöntemde, bir tesis inşasına gerek kalmaz. Eğer bu şekilde kurutulmaya çalışılan ürün hasat öncesi istenilen ölçüde nemden arındırılmamışsa, bir kurutucuya ihtiyaç vardır (2). Ülkemizde ve az gelişmiş birçok ülkede çiftçiler, kurutmak istedikleri ürünü açık havada yere sererek zemini bir bakıma kurutma amacı olarak kullanırlar. Bu yöntem, özellikle az gelişmiş ülkelerde düşük maliyeti nedeni ile hâlen en genişçe kullanım alanı bulan kurutma yöntemidir. Biber kurutma işlemlerinde de çok rastlanan bu yöntemle topraktan bibere *Aspergillus Flavus* mantarı geçmekte ve

bu mantarlarla biberlerde kansorejen etkili Aflatoksin oluşmaktadır. Bu tür etkenlerin önlenmesi için ürünlerin mutlaka kurutucuda kurutulması zorunludur(3).

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 (4).

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 kütlelerin azaltılması mümkündür (5). Kahramanmaraş Meslek Yüksekokulu İklimlendirme- Soğutma Bölümünde deneysel şartlar için imal edilen güneş enerji destekli karşıt akışlı taşınım tipli kurutucunun ısıl analizi yapılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Kurutma için gerekli ısıl girdi yansıtıcı destekli güneş kolektöründen ve rezistanstan hissedilir ısı ilavesi olmak üzere, iki temel kaynaktan temin edilmektedir. Karşıt akışlı taşınım ile kurutma yapılmıştır. Dış hava bir kanal yardımı ile sisteme alınırken rezistans yardımı ile sıcaklığı yükseltip hareketli banta üfleme fanı yardımı ile gönderilmektedir. Kurutma havası, kurutulmuş 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 mal 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 kolektörde farklı hava hızları ile kurutma yapılmıştır. Emme fanı aksiyel kullanılmıştır. Kolektör 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 göste-



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

rilmektedir.

## 2.1 Cihazdan Alınan Sıcaklık ve Hız Ölçümleri

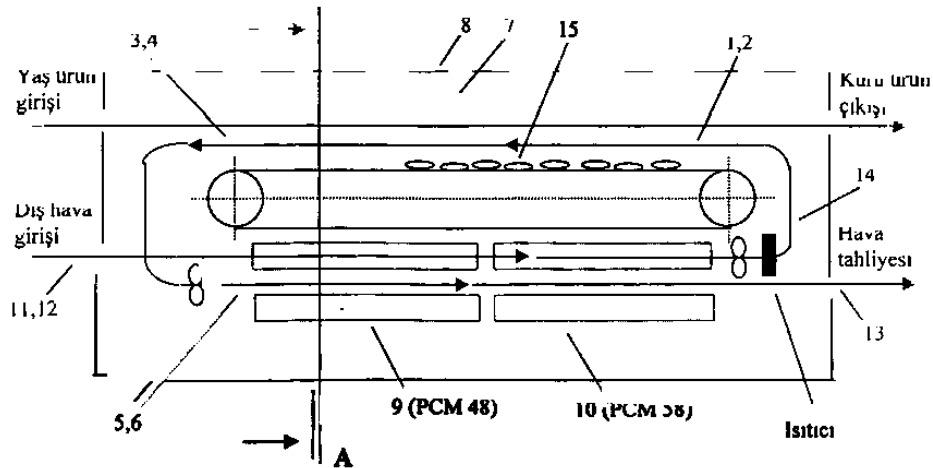
Kurutma sürecinin analizinde kolaylık sağlamak amacı ile cihazın değişik noktalarından yaş ve kuru termometre sıcaklıkları kaydedilmiştir. Bu sıcaklıklar çoklu noktadan ölçüm yapabilen özelliklerde DTA marka  $-45^{\circ}\text{C}$  ile  $+140^{\circ}\text{C}$  sıcaklıklar arası çalışma özelliğindeki termometre ile ölçülen

bu değerler Tablo 1’de gösterilmektedir. Şekil 2’de ise bu noktaların kurutma akış şemasındaki yerleri gösterilmiştir. Hava hızı ölçümleri için Wessels Messtechnik marka DA30 model, 0,30-35 m/s hız aralığında ölçüm yapabilen dijital göstergeli anemometre kullanılmıştır. Kollektör iç ve dış yüzeyinde yapılan hız ölçüm noktaları Tablo.1’de verilmiştir.

## 2.2 Kurutucunun Isıl Analizi

Tablo.1 Sıcaklık ve Hız Ölçümü Yapılan Noktalar ve Tanımları.

Sıcaklık ölçüm noktaları	Sıcaklık değerleri	Tanımı	
1	KT	$64,7^{\circ}\text{C}$	Kollektör girişindeki kuru termometre sıcaklığı
2	YT	$30,8^{\circ}\text{C}$	Kollektör girişindeki yaş termometre sıcaklığı
3	KT	$60,3^{\circ}\text{C}$	Kollektör çıkışındaki kuru termometre sıcaklığı
4	YT	$30^{\circ}\text{C}$	Kollektör çıkışındaki yaş termometre sıcaklığı
5	KT	$55^{\circ}\text{C}$	Eşaniör ve PCM girişindeki kuru termometre sıcaklığı
$\left[ \begin{array}{c} \text{Birim zamanda ısı veya} \\ \text{iş olarak sınırla geçen} \\ \text{toplam enerji} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} \text{Birim zamanda kütle ile} \\ \text{birlikte kontrol hacminden} \\ \text{çıkan toplam enerji} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{c} \text{Birim zamanda kütle ile} \\ \text{birlikte kontrol hacminden} \\ \text{giren toplam enerji} \end{array} \right]$ $\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_c \left( h_c + \frac{u_c^2}{2} + gz_c \right) - \sum \dot{m}_g \left( h_g + \frac{u_g^2}{2} + gz_g \right) \quad (1)$			
13	KT	$43^{\circ}\text{C}$	Atılan hava kuru termometre sıcaklığı
14	KT	$41^{\circ}\text{C}$	Isıtıcı öncesi hava kuru termometre sıcaklığı
15	KT	$67^{\circ}\text{C}$	Bant yüzey kuru termometre sıcaklığı
16	$u_0$	0,33 m/s	Dış ortam hava hızı
17	$u_k$	0,52 m/s	Kollektör hava hızı



Şekil 2. Sıcaklık ölçümü yapılan noktaların kurutma şemasında gösterimi.

Sürekli-akışlı sürekli açık sistemde (SASA), kontrol hacminin toplam enerjisi sabittir. Bu, kontrol hacminin toplam enerjisinde değişim olmadığını göstermektedir. Sürekli- akışlı açık sistemde, kontrol hacmine ısı, iş ve kütle akışı olarak giren enerjinin çıkan enerjiye eşit olması zorunludur. Termodinamiğin birinci yasası veya enerjinin korunumu ile ilgili matematiksel ifade şu şekilde yazılabilir(6):

Denklemdaki  $u_{\dot{c}}$  ve  $u_g$  kolektör çıkış ve girişindeki hızları,  $z_{\dot{c}}$  ve  $z_g$  değerleri de sırasıyla kolektör çıkış ve girişinin referans düzlemine göre yüksekliklerini vermektedir. Sistem için  $\dot{W} = 0$ ,  $u_{\dot{c}} = u_g$  ve  $z_{\dot{c}} = z_g$  eşitlikleri yazılabilir. O zaman denklemi,

$$\dot{Q} = \sum \dot{m}_{\dot{c}} h_{\dot{c}} - \sum \dot{m}_g h_g \quad (2)$$

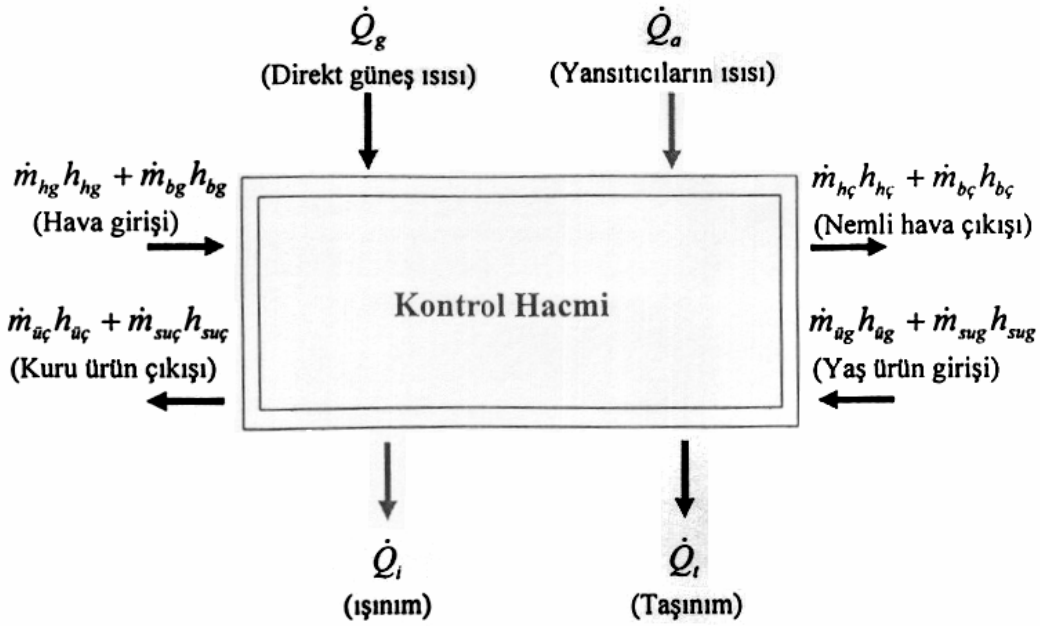
şeklinde ifade edilir.

Kurutucuya giren ısılar; girişteki kurutma havasından, direkt ve aynalardan kolektöre yansıyan güneş enerjisinden ve girişteki yağ biberin enerjisinden oluşmaktadır. Kurutucudan çıkan ısılar ise; nemli hava ve kuru ürün ile çıkan ısılar, ışınım, ve taşınım ile meydana gelen ısı kayıplardan oluşmaktadır. Şekil 3’de kontrol hacmi için kurutucunun termodinamiğin birinci kanununa göre enerji dengesi verilmiştir.

Kurutucudaki sürekli-akışlı açık sistem için termodinamiğin birinci kanunu yazarsak.

$$\dot{Q}_a + \dot{Q}_g - \dot{Q}_i - \dot{Q}_t = (\dot{m}_{h_c} h_{h_c} + \dot{m}_{b_c} h_{b_c}) + (\dot{m}_{u_c} h_{u_c} + \dot{m}_{suc} h_{suc}) - (\dot{m}_{h_g} h_{h_g} + \dot{m}_{b_g} h_{b_g}) - (\dot{m}_{u_g} h_{u_g} + \dot{m}_{sug} h_{sug}) \quad (3)$$

Kurutucuya giren ve çıkan ısıların değerlerini denklem 3’de yerine koyarsak denklem 4 elde edilir.



Şekil 3. SASA şartlarına göre kurutucunun enerji dengesi.

$$\begin{aligned}
 A(\tau\alpha)I \sin(s-x) + A(\tau\alpha)I - \sigma\varepsilon AF_{12}(T_y^4 - T_\infty^4) - hA(T_y - T_\infty) = & (\dot{m}_{h_c} h_{h_c} + \dot{m}_{b_c} h_{b_c}) \\
 & + (\dot{m}_{ü_c} h_{ü_c} + \dot{m}_{sü_c} h_{sü_c}) \\
 & - (\dot{m}_{h_g} h_{h_g} + \dot{m}_{b_g} h_{b_g}) \\
 & - (\dot{m}_{ü_g} h_{ü_g} + \dot{m}_{sü_g} h_{sü_g})
 \end{aligned} \quad (4)$$

**Güneşten ( $\dot{Q}_g$ ) ile gelen ısı miktarı;**

$$\dot{Q}_g = A(\tau\alpha)I \quad W \quad (5)$$

Burada;

$A(m^2)$ , kolektör yüzey alanını,

$(\tau\alpha)$ , yutma ve geçirme çarpımını,

$I(W/m^2)$ , ortalama ışınım

değerlerini ifade etmektedir.  $(\tau\alpha)$ , değeri saat  $10^{00}$  için 0,79-0,80 verilmiştir(7). Bu değer 0,80 olarak alınmıştır.  $A = (1,05 \times 4) = 4,2 \quad m^2$ ,  $(\tau\alpha) = 0,80$ ,

$$I = 434,46 \quad W/m^2$$

$$\dot{Q}_g = 1459,7 \quad W \quad \text{bulunur.}$$

Güneş yansıtıcılarından kolektör yüzeyine yansıyan ısı miktarı eşitlik 5'de  $I_y = I \sin(s-x)$  yerine konursa, denklem 6 elde edilir. Burada  $(s+x) = 90$  ve  $s$  açısı ise güneş geliş açısına göre değişmektedir. Saat  $10^{00}$  için  $s=60^\circ$  ölçülmüştür.

**Aynalardan yansıyan ısı miktarı;**

$$\dot{Q}_a = A(\tau\alpha)I \sin(s-x) \quad W \quad (6)$$

$$\dot{Q}_a = 583,88 \quad W \quad \text{hesaplanır.}$$

**Işınım ile ( $\dot{Q}_i$ ) kaybolan ısı miktarı;**

$$\dot{Q}_i = \sigma\varepsilon AF_{12}(T_y^4 - T_\infty^4) \quad W \quad (7)$$

Burada;

$\sigma(W/m^2K^4)$ , Boltzman sabiti,

$\varepsilon$ , ışınım neşretme oranı,

$A(m^2)$ , kolektör yüzey alanı,

$F_{12}$ , şekil faktörü,

$T_y(K)$ , kolektör yüzey sıcaklığı,

$T_\infty(K)$ , ortam sıcaklığı

değerlerini ifade etmektedir.  $\varepsilon$  değeri tek camlı pürüzsüz yüzeyler için 0,92-0,95 arasında verilmiştir (8). Ortalama olarak 0,93 alınmıştır.

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \quad W/m^2K^4, \quad F_{12} = 1$$

$$A = (0,14 \times 4) \times 2 + (1,05 \times 4) = 5,32 \quad m^2,$$

$$T_y = (51 + 273,15) = 324,15 \quad K, \quad \varepsilon = 0,93,$$

$$T_\infty = (35,4 + 273,15) = 308,55 \quad K$$

$$\dot{Q}_i = 554,5 \quad W \quad \text{bulunur.}$$

**Taşınım ile kaybolan ısı miktarı;**

$$\dot{Q}_t = hA(T_y - T_\infty) \quad (8)$$

Agarwal ve Larson'a (9), göre ısı taşınım katsayısı;

$$h = 5,7 + 3,8u_o \quad \text{eşitliğinden bulunur.}$$

Burada;

$h(W/m^2K)$ , ısı taşınım katsayısı,

$A(m^2)$ , kolektör yüzey alanı,

$T_y(K)$ , kolektör yüzey sıcaklığı,

$T_\infty(K)$ , ortam sıcaklığını,

$u_o(m/s)$ , dış ortam hava hızını

vermektedir(10). ( $u_o = 0,33m/s$ ,  $A = 5,32m^2$ ,

$$T_y = 51^\circ C, \quad T_\infty = 35,4^\circ C, \quad h = 6,95 \quad W/m^2K)$$

$$\dot{Q}_t = 576,7 \quad W \quad \text{bulunur}$$

**Kurutucu Girişindeki Hava Giriş Isısı;**

$$\begin{aligned}
 (\dot{Q}_{hg}) = & \text{Dış Hava } (\dot{Q}_{hd}) + \text{Isı Değiştiricisi } (\dot{Q}_e) \mp \text{PCM } (\dot{Q}_{PCM}) \\
 & + \text{Elektrikli Isıtıcı } (\dot{Q}_i) + \text{Fan } (\dot{Q}_f) - \text{Kayıplar } (\dot{Q}_k)
 \end{aligned}$$

Giriş havasının sahip olduğu enerji miktarının hesaplanması çok farklı etkenlere bağlı olduğundan daha uygun sonuçlar elde etmek için kollektör girişinde alınan yaş ve kuru termometre sıcaklıklarına göre giriş havası ısı hesaplanmıştır.

#### Kurutucu girişindeki havanın ısı ;

$$\dot{Q}_{hg} = \dot{m}_{hg} h_{hg} + \dot{m}_{bg} h_{bg} = \dot{m}_t h_{ng} \quad (9)$$

Kurutucudaki toplam hava debisi kolektördeki havanın hızına, kolektörün kesit alanına ve kurutma havası sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Deney değerlerine göre; deniz seviyesinden 550m. yükseklikteki psikrometrik diyagram değerlerine göre(11); (KT=64,70 °C, YT=30,80 °C  $\dot{m}_t = 0,03495$  kg/s,  $c_{pa} = 1009$  J/kgK,  $w_g = 0,01623$  kg/kg,  $h_g = 2346$  kJ/kg,  $h_{ng} = 107,48$  kJ/kg) 9 nolu denklemden deniz seviyesi yüksekliği göz önüne alınarak  $\dot{m}_t h_{ng}$  (12) eşitliği kullanılmıştır.

$$\dot{Q}_{hg} = 3756,42 \text{ W bulunur.}$$

#### Kurutucu çıkışındaki havanın ısı ;

$$\dot{Q}_{hc} = \dot{m}_{hc} h_{hc} + \dot{m}_{bc} h_{bc} = \dot{m}_t h_{nc} \quad (10)$$

10 nolu eşitlikten, (KT=60,30 °C, YT=30 °C,  $\dot{m}_t = 0,04131$  kg/s,  $c_{pa} = 1009$  J/kgK,  $w_c = 0,01633$  kg/kg,  $h_g = 2355,2$  kJ/kg,  $h_{nc} = 103,20$  kJ/kg) deniz seviyesi yüksekliği göz önüne alınarak  $\dot{m}_t h_{nc}$  eşitliği kullanılarak

$$\dot{Q}_{hc} = 4263 \text{ W bulunmuştur.}$$

#### Yaş ürün girişindeki ısı miktarı ;

$$\dot{Q}_{üg} = [\dot{m}_{üg} (c_{kb} T_{üg})] + \dot{m}_{sug} h_{sug} \cdot 10^3 \quad (11)$$

$h_{üg} = c_{kb} T_{üg}$  eşitliğinden ( $T_{üg} = 15$  °C,  $\dot{m}_{üg} = 0,00001$  kg/s,  $c_{kb} = 1255,8$  J/kgK,  $\dot{m}_{sug} = 0,00004555$  kg/s,  $h_{sug} = 2465$  kJ/kg) (13)

$$\dot{Q}_{üg} = 112,46 \text{ W bulunur.}$$

#### Kuru ürün çıkışındaki ısı miktarı ;

$$\dot{Q}_{uç} = [\dot{m}_{uç} (c_{kb} T_{uç})] + \dot{m}_{suc} h_{suc} \cdot 10^3 \quad (12)$$

$h_{uç} = c_{kb} T_{uç}$  eşitliğinden, ( $T_{uç} = 60,30$  °C,  $\dot{m}_{uç} = 0,00001$  kg/s,  $\dot{m}_{suc} = 0,00000722$  kg/s,  $c_{kb} = 1255,8$  J/kgK,  $h_{suc} = 2355,2$  kJ/kg) eşitlik 12'den kuru ürün çıkışındaki ısı miktarı;

$$\dot{Q}_{uç} = 17,75 \text{ W hesaplanmıştır.}$$

### 3. SONUÇLAR

Geleneksel olarak kırmızı biber yere serilerek güneş altında kurutulmaktadır. Geleneksel kurutma işlemi sonucu biberlerde kansorejen etkili Aspergillus Flavus mantarı oluşmaktadır. Bu çalışmada, imal edilen bu kurutucuda kurutma işleminden sonra yapılan analizlerde aflatoksin, rutubet, kül ve renk değerleri TS 2419 ve ASTA standartlarına uygun olduğu belirlenmiştir.

Kurutma dönemine bağlı olarak güneş enerjisinin sürekli olmadığı durumlarda kurutucuya monte edilen ısı geri kazanımı sistemleri ile kurutma süresi azaltılmıştır. Yapılan deneylerde özellikle güneş enerjisinin yeterli olmadığı durumlarda sisteme konan ilave enerji ve geri kazanım sistemlerinin otomasyonu sağlamada ve kurutma sıcaklığının istenile değerde tutulmasında çok büyük katkıları olmuştur.

Termodinamiğin I. kanununun sürekli-akışlı sürekli-açık (SASA) kabulüne göre yapılan analizde bulunan sonuçlar denklem 4'de yerine konarak giren enerjilerin toplamı toplamı;  $\dot{Q}_{tg} = 5912,46 \text{ Watt}$ , çıkan enerjilerin toplamı ise  $\dot{Q}_{tc} = 5411,95 \text{ Watt}$  bulunmuştur.

$$\dot{Q}_{kay} = \dot{Q}_{tg} - \dot{Q}_{tc} = 500,51 \text{ Watt}$$

$$\% \dot{Q}_{kay} = \frac{5912,46 - 5411,95}{5912,46} \times 100$$

$$\% \dot{Q}_{kay} = 8,46$$

Toplam 500,51 watt'lık veya %8,46'lık enerji kaybı kurutucudaki hava sızıntılarından dolayı meydana gelen buhar kayıpları ve ölçüm hatalarından kaynaklandığı tespit edilmiştir.

### 4. SEMBOL VE İNDİSLER

#### Semboller

$u$	Hız (m/s)
$h$	Özgül entalpi (kJ/kg), Isı taşınım katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)
$\dot{m}$	Kütleli debi (kg/s)
$\dot{Q}$	Birim zamandaki ısı miktarı (Watt)
$\tau\alpha$	Yutma ve geçirme çarpımı
$I$	Ortalama ışınım miktarı (W/m <sup>2</sup> )
$A$	Alan (m <sup>2</sup> )
$\sigma$	Boltzman sabiti (W/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> )
$\varepsilon$	Işınım neşretme oranı
$T$	Sıcaklık (°C)
$c$	Özgül ısı (J/kgK)
$w$	Mutlak nem (kg/kg)

**Alt İndisler**

$o, \infty$	Dış ortam	$h\phi$	Nemli hava çıkışı
$k$	Kolektör	$b\phi$	Buhar çıkışı
$\phi$	Çıkan	$u\phi$	Kuru ürün çıkışı
$g$	Giren,	$su\phi$	Su çıkışı
$hg$	Kuru hava girişi	$u\phi$	Yaş ürün girişi
$bg$	Buhar girişi	$su\phi$	Su girişi
$i$	Işınım	$t$	Taşınım
$a$	Yansıtıcı	$y$	Yüzey
$ng$	Toplam giren hava	$pa$	Sabit basınç
$n\phi$	Toplam çıkan hava	$kb$	Kırmızı biber

**5. KAYNAKLAR**

- Singer, C., Holmyard, E. J., Hall, A. R., "A History of Technology" vol.1, pp.33-42, Oxford University Press, London, UK, 1954.
- Headley, O. St. C., "Solar Air Systems and Drying", pp.1-6, University of the West Indies Department of Chemistry, St. Augustine, Trinidad and Tobago, 1999.
- 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.
- Mujumdar, A.S., "Handbook of Industrial Drying", pp. 28-32, Marcel Dekker Inc., New York, USA, 1987.
- Özbalta, N., Güngör, A., "Kurutma Sistemlerinde Isı Pompası Kullanım Potansiyeli", Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, İzmir, Türkiye, 1998.
- Çengel, A.Y; Boles, A.M: "Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik", s.167, Mc Graw Hill-Literatür, İstanbul, Turkey, 1996
- Kılıç, A., Öztürk A., "Güneş Enerjisi", s.166, Kipaş Dağıtımçılık, İstanbul, Türkiye, 1983.
- Öztürk, A., Yavuz, H., "Uygulamalarla Isı Geçişi: Tanıtım ve Işınım", s.247, Çağlayan Kitapevi, İstanbul, Türkiye, 1995.
- Agarwal, V.K., Larson, D.C., "Calculation of The Top Loss Coefficient of a Flat-Plate Collector, Solar Energy, 27, s.67-71, 1981.
- Yılmaz, T., "Teorik ve Uygulamalı Isı Transferi, s. 345, Papatya Yayıncılık, İstanbul, Türkiye, 1999.
- [www.akademikklima.com](http://www.akademikklima.com) (Mart2002)
- Tamer, Ş.: "Klima ve Havalandırma", Mateksan Baskı Tesisleri, Cilt I (Genişletilmiş II.baskı), p.12, Ankara, Türkiye, 1990.
- Özkol, N., "Uygulamalı Soğutma Tekniği", Makina Mühendisleri Odası Yayınları, p.320, (Güncellenmiş Beşinci Baskı) Yayın No:115, Özkan Matbaacılık, Ankara, Türkiye, 1999.