

# TAZE KAYISININ DÖNER SÜTUNLU SİLİNDİRİK KURUTUCUDA (DSSK)

## HOMOJEN OLARAK KURUTULMASI

Yrd. Doç. Dr. Celal SARSILMAZ \*, Doç. Dr. Cengiz YILDIZ \*

\* Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi

### ÖZET

*Taze kayısının yaş bazda nem oranı ortalama % 70 olup, bozulmadan kısa süre içinde veya kurutularak tüketilmesi gerekir. Ülkemizde kurutma işlemi genellikle geniş toprak zeminler üzerine serilerek gerçekleştirilmektedir. Bu kurutma şeklinde; kuruma süresi uzamakta, homojen kuruma sağlanamamakta, ürün kaybına ve kalite düşümüne sebep olmaktadır. Bu çalışmada belirtilen olumsuzlukları ortadan kaldırmak için özel dizayn edilen, konveksiyon etkisi artırılmış havalı güneş kollektörü ve Döner Sütunlu Silindirik Kurutucu (DSSK) geliştirilmiştir. Böylece, kurutucuda hijyenik şartlarda kurutulan kayısılar ile açıkta kurutulan kayısıların nem değişimleri karşılaştırılmış; sonuçta geliştirilen sistem ile kayısıların kuruma hızının arttığı, kuruma süresinin kısaldığı ve kurutucu içindeki kayısıların döndürül-mesiyle de kayısıların homojen olarak kuruduğu ve sistemin ekonomik olduğu görülmüştür.*

### Anahtar Kelimeler

*Kayısı, Kurutma, Homojen ve Güneş Enerjisi*

### ABSTRACT

*The humidity rate of fresh apricot is about 70 % and it should be consumed in a short period or dried before spoiling. Drying is performed by spreading apricot on the ground in our country. In this process, drying period is long, not homogeneous and this causes a decrease in quality. In this study a rotary column cylindrical dryer and an air-circulation convection effected solar collector were developed to remove these negative effects. The apricot dried in the dryer and the ones dried in open air were compared with respect to their humidity changes*

*and consequently. It was seen that the drying rate was increased, the drying time was shortened and because of the rotation, apricot was homogeneously dried. The system was also understand to be cost effected.*

## **Keywords**

Apricot, Drying, Homogeneous and Solar Energy

## **GİRİŞ**

Kurutma; üründeki sıvının uzaklaştırılması olarak tanımlanmakta olup, kurutma ile üründeki mevcut su, onun bozulmasına imkan vermeyecek bir düzeye kadar azaltıldığı için kesin bir muhafaza imkanı oluşmaktadır (Cemeroğlu 1986; Özbalta, vd., 1988). Kurutulmuş gıdalar, diğer muhafaza yöntemlerinden farklı olarak, besin öğeleri açısından yoğunlaştırılmış nitelik kazanmaktadır. Doğal kurutmada; hijyenik ve ekonomik problemler olduğundan araştırmacılar, kurutmaya ilgili çalışmalarda, alışlagelmiş kurutma yerine daha çağdaş uygulamaları koyma çabasıdır. Kurutma usulleri arasında doğal kurutmadan sonra en ekonomik olanı güneş enerjisiyle ısıtılan havayla yapılan kurutmadır (Kısakürek, 1980).

Gıdaların kurutulmaları ile ilgili araştırmaları üç grupta incelemek mümkündür. Bunlardan birincisi; kurutma sırasında kurutucu ortam koşulları (hava sıcaklığı, nem ve akış hızı) ile kurutulan materyale ait özelliklerinin (boyut ve yüzey-temas alanları) kurutma hızına etkilerinin incelendiği araştırmalardır (Saravacos vd., 1962; Labuza vd., 1970; Mazza, 1983; Puiggali vd., 1987; Mulet vd., 1989). İkinci grupta; kurutma sırasında nem taşınım mekanizmasının incelendiği çalışmalar yer almaktadır (Vaccarezza vd., 1974; Monr ve Can 1992). Üçüncü grupta ise; kurutma sırasında kalite kayıpları ön planda tutulmuştur (Evranoz vd., 1984; Madahar vd., 1989 ve Mazza, 1991). Güneş enerjisi ile kurutmada geçerli olan ince sergi kurutması hakkında yapılan çalışmalar Hukill, 1947, tarafından bilimsel bir temele oturtulmuş daha sonra konuyla ilgili olarak geniş çalışmalar yapılmıştır (Philips, 1965).

Ülkelerin tarımsal kalkınması ve ekonomisinde önemli yer tutan kuru ve kurutulacak meyvelerin, dünya pazarlarındaki yeri de oldukça önemlidir. Buna göre mevcut pazarların elde tutulması ve ayrıca yeni pazarlar elde edilmesi için; kaliteli, homojen ve hijyenik koşullarda kurutma sektörünün geliştirilmesine gerekli önem ve önceliğin verilmesi gerekir. Tarımsal ürünler çok eskilerden beri güneş enerjisiyle açıkta kurutulmakla birlikte, bu yöntemle kurutma kontrolsüz

olup, çeşitli risklerle karşı karşıyadır. Her şeyden önce her ürünün; maydanoz, nane, erişte vb. gibi güneşte açıkta kurutulması doğru değildir. Ayrıca her yer ve her bölge, güneşte kurutmaya elverişli de olmayabilir. Elverişli bir bölgede dahi kurutma, o sıradaki iklim koşullarına son derece bağlıdır. Aynı şekilde açıkta güneşte kurutmada hijyenik koşulların kontrolü mümkün olamamakta ve kurutulan ürünlerin açıkta çeşitli böcek, kuş gibi benzer hayvanların ve küçük çocukların zararlarına uğramakta ve tozlanıp kirlenmektedir. İlk bakışta güneşte açıkta kurutma, yapay kurutmaya göre ekonomik olmakta ise de güneşte kurutulan meyvelerde solunumun bir süre devam etmesi ve hatta çoğu kez hafif bir fermantasyon belirmesi nedeniyle, madde kayıpları oluşmakta ve sonuçta verim yapay kurutmaya göre düşmektedir. Ayrıca güneşte açıkta kurutma uygulamasında, 20 dönümlük bir tarım alanı için yaklaşık bir dönümlük açık sergi alanına ihtiyacın yanında, kurutma süresinin fazlalığı ve kurutulan ürünlerin kalite düşüklüğü sebebiyle meydana gelen fiyat düşüklüğü gibi olumsuzlukları da göz ardı etmemek gerekir. Bu nedenle güneşte açık alanlarda yapılan kurutmanın bir çok sakıncalarını ortadan kaldırmak ve daha kaliteli ürün alabilmek için Döner Sütunlu Silindirik Kurutucu (DSSK) geliştirilmiştir. Güneş enerjili kurutma sistemleri konusunda, 1950'lerden bu yana, bir çok ülkede araştırmalar yapılmakta, bu enerjinin toplanması, depolanması ve kullanma verimliliğinin artırılması öncelik taşımaktadır (Hsieh, 1986; Kumar, vd., 1997). Gıda kurutmacılığında kullanılan sıcaklıklar düşük olup kollektörlerin etkili olarak çalışmasına imkan sağlar. Güneş enerjili sistemlerle kurutma yapılması düşünüldüğünde, kurutmanın yapılacağı bölgenin iklim özellikleri ve güneş radyasyonu dikkatle incelenmelidir (Sarsılmaz, vd., 1998).

## **MATERYAL VE METOD**

Taze kayısı, taşıma ve paketlemeye dayanıklı olmayan bir meyve olduğundan çeşitli şekillerde işlenerek kayısı ve kayısı ürünlerinin tüketim süresi artırılmaktadır.

Kayısı, dünya üzerinde tarımı en yaygın olan ve beş kıtada yetiştirilebilen bir meyve türüdür. 1992 yılı ortalamalarına göre dünyada 2 153 bin ton kayısı üretilmiştir (Kaşka, 1994). Bu üretimin ülkelere ve kıtalara göre dağılımı Tablo 1'de verilmiştir. İstatistiklere göre, Türkiye meyve üretim potansiyeli yönünden 22 önemli Avrupa ülkesi içinde dördüncü sırada yer almaktadır. Başlıca meyvelerimiz olan şeftali, vişne, kiraz, armut, elma vd. içinde, gerek üretim bölgesinin genişliği, gerek üretim miktarı ve gerekse çeşit yönünden en önemli yeri kayısı almaktadır (Göğüş, 1994). Türkiye, Avustralya ve İran dünya piyasalarında kurutulmuş kayısı dış satımı yapmakla tanınmışlardır. Böyle aranan

bir ürünün dış pazarlardaki yerini korumak için yapılması gereken tüketicinin beğeni ve isteğine uygun mal sunabilmektir. Üründe standartlaşmayı sağlamak için Türk Standartları Enstitüsü Teknik Kurullarınca yayınlanan kuru kayısı ve kayısı mamulleri ile ilgili standartlar belirlenmiştir. Kuru kayısı kalitesi; Ekstra, I. Sınıf, II. Sınıf ve Endüstriyel olarak dörde ayrılır. Kurutma şekillerine göre de Kabuk, Şekerpare, Bademli ve Yarma olarak dört sınıfta incelenebilir (TSE 9951).

Kayısı, ülkemizin belirli yörelerinde kurutulmakla birlikte kurutulan kayısılar, cinsleri itibariyle çeşitlilik göstermektedir. Dünya çapında kurutulan kayısıların cinsleri ele alındığında, bazıları fazla miktarda su ve az miktarda kuru kütle ihtiva ettiğinden sofralık olarak kullanımı uygundur. Bazı cinsleri ise fiziksel yapısı ve kimyasal bileşimi itibariyle kurutulmaları uygundur. Kuru kayısının besin değeri taze kayısıya göre daha yüksek olup, yoğunlaştırılmış enerji deposu durumundadır. Standartlara göre kuru kayısısındaki nem miktarı % 25'i, kükürt dioksit miktarı ise  $\leq 2,5$ 'i geçmemelidir. Kuru kayısılar temiz olmalı, her türlü yabancı maddeden ve canlı, cansız kurtlardan arındırılmış olmalıdır. Yalnız kabuk ve yarma tiplerinde metal maddeler dışında en çok  $\leq 0,5$ 'e kadar yabancı madde bulunabilir. Bademli ile şekerpare tip kayısılarda en çok % 3'e, kabuk ile yarma kayısılarında ise en çok % 5'e kadar kuruma homojenliği toleransı aranır (TSE 485).

**Tablo. 1. Kayısı Üreten Başlıca Ülkeler (1000 Ton).**

Kıtalar ve Ülkeleri	1979/81	1984	1985	1986	1987	1990	1991	1992
DÜNYA	1645	1873	1872	1860	2005	2119	2006	2153
AFRİKA KİTASI	182	211	181	187	-	240	246	221
-Fas	47	60	59	62	70	74	92	66
AMERİKA KİTASI	150	164	165	84	-	154	121	137
-A.B.D.	110	115	119	50	104	111	87	98
ASYA KİTASI	420	528	518	648	-	936	905	967
-İran	55	55	56	56	56	85	81	82
-Pakistan	36	52	53	54	-	8	81	82
-Türkiye	159	250	202	350	260	300	343	378

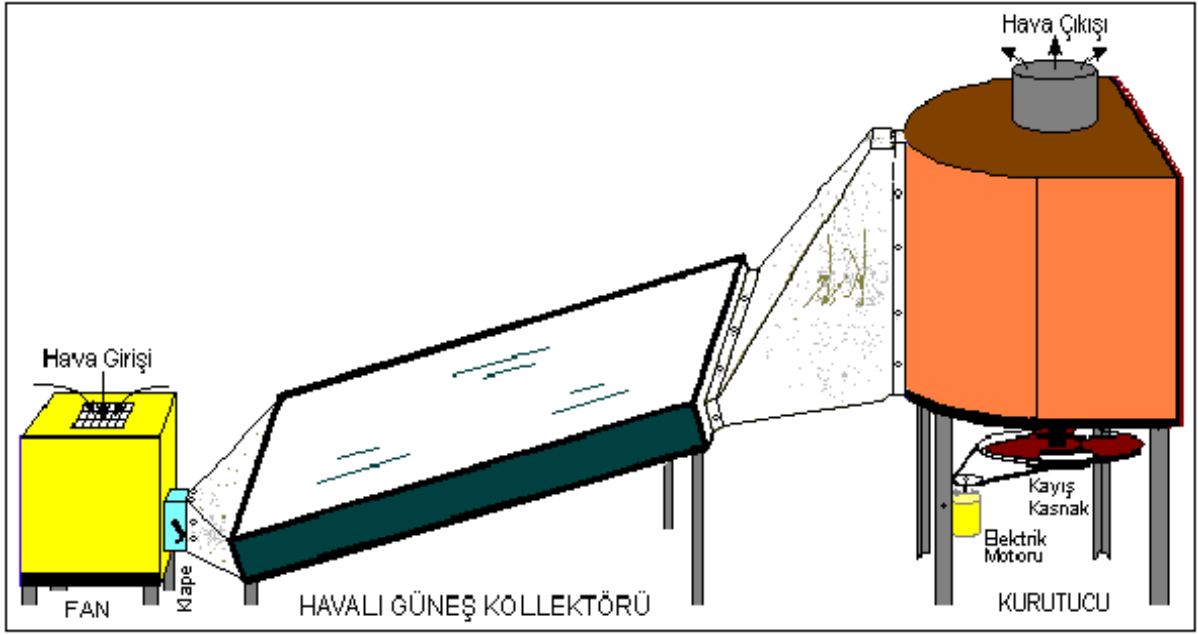
AVRUPA KITASI	603	762	802	728	-	760	698	786
-Fransa	73	82	103	115	95	110	107	159
-İtalya	103	196	196	186	191	185	156	175
-İspanya	147	208	151	150	141	120	211	193
-Yunanistan	-	-	-	-	110	103	69	95
OKYANUSYA KITASI	35	33	36	35	-	35	37	41

Kurutulacak olan kayısıların renk ve kalitesinin korunması için kükürtdioksit kullanılır. Kükürt dioksit'in gerek gaz ve gerekse sodyum veya potasyum metabisülfid ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) gibi çözünmüş sülfid tuzları halinde meyve ve sebzelerde kurutulmadan önce kullanılması ile renk muhafaza edildiği gibi böcekler, küf ve mayaların gelişmesi önlenir, enzimler tahrip edilir (Keskin, 1959).

### Deneyisel Çalışma

Deneyisel amaçla bir kurutucu ve havalı güneş kollektörü dizayn edilmiş olup, sistemin şematik görünüşü Şekil 1'de görülmektedir. Şekilden görüldüğü gibi sistem üç bölümden meydana gelmektedir.

1- Üfleme bölgesi (Fan), 2- Havayı ısıtma bölgesi (Kollektör) ve 3- Kurutma bölgesi (Kurutucu odası)

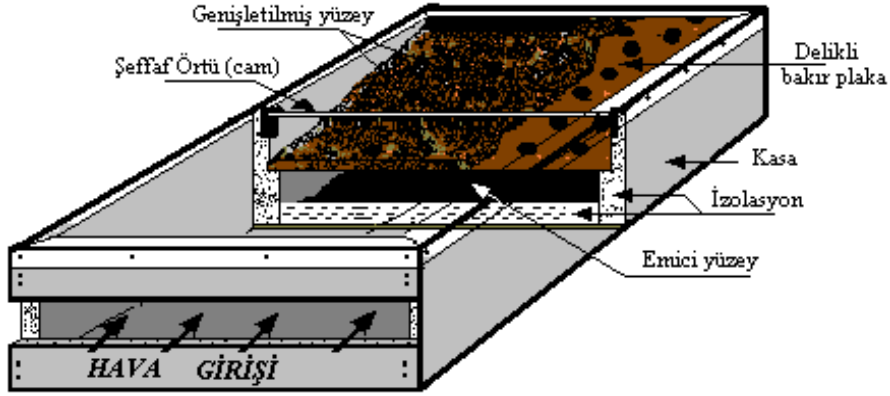


*Şekil 1 Kurutucunun Komple Şematik Resmi*

Üfleme sağlanmak amacıyla kollektör girişine çift emişli ve hücreli fan yerleştirilmiştir. Hava debisinin ayarı hücre çıkışındaki klape ile yapılmaktadır. Fanın kollektör ve kollektörün kurutucuyla olan ara bağlantıları, çadır bezi ile sağlanmıştır. Açık havadan emilen havanın toz, kir ve çöplerden arındırılmış temiz bir şekilde olmasını sağlamak amacıyla da fanın hava emiş bölgesine kuru filtre takılmıştır.

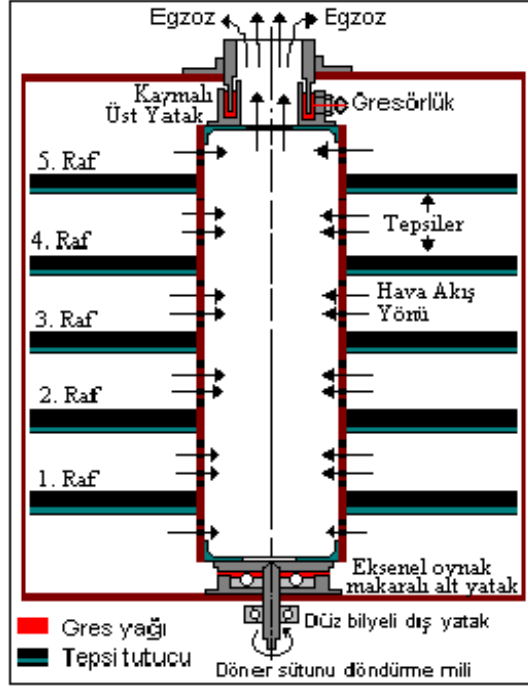
Havayı ısıtmak için özel olarak dizayn edilmiş güneş kollektörlerinden yararlanılmıştır. Kollektör kasası dış boyutları 1000 mm × 2000 mm × 40 mm olacak şekilde imal edilmiştir. Yalıtım amacı ile tabana ve yan bölümlere 50 mm kalınlıkta poliüretan yerleştirilmiş ve bunun üzerine toplayıcı sac plaka konmuştur. Bu sac levha, mat siyah dekorasyon boyası ile boyanmıştır. Poliüretanların nemden etkilenmemeleri için izolasyon yapılan kısımların üzeri ruberoit ile kaplanmıştır.

Yapılan kollektör üç absorbe edici plakaya sahip olduğundan üç tesirlidir. Altta izolasyonun üzerine yerleştirilen sac, bu absorbe edici plakalardan ilkinin teşkil etmektedir. Kollektörün ikinci absorbe edici plakası ise, kollektörün köşegeni boyunca uzatılan 0.65 mm kalınlığında siyaha boyanmış ve 30 mm'lik delik zımbası ile eksenler arasında 60 mm olacak şekilde delikler delinmiş olan bakır plakadır. Üçüncü absorplayıcı ise, alüminyum sinek telinin aynı boya ile boyanarak bakır plakanın üzerine yerleştirilerek ve bunun üzerine serilen boyanmış bulaşık teli ile oluşturulmuştur. Böylece delikli bakır plaka, alüminyum sinek teli ve bulaşık teli ile genişletilmiş yüzeyli, konveksiyon tesirli bir havalı güneş kollektörü geliştirilmiştir (Şekil 2).



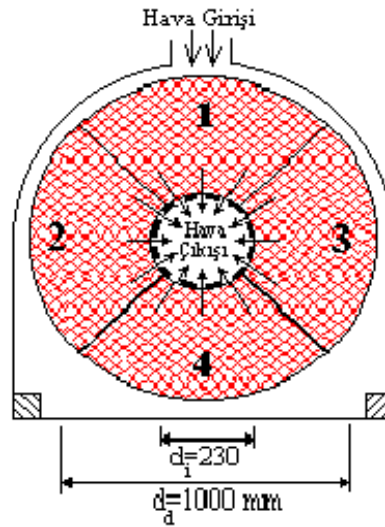
**Şekil 2** Geliştirilen Havalı Güneş Kollektörün Boyuna Kesiti

Kurutucu odasının dizaynında "Döner Sütunlu Silindirik Kurutucu" (DSSK) adı verilen yeni bir kurutucu odası geliştirilmiştir (Şekil 3). Kurutma odası; ağaç malzemeden silindirik sayılabilecek şekilde, kurutma kapasitesi dikkate alınarak, 1100 mm çap ve 1100 mm yüksekliğinde imal edilmiştir. Üst ve alt tablalar 16'lık MDF' den, yanlar ise dairesellik sağlanabilmesi için kontrplak kıvrılarak yapılmıştır. Kollektöre bakan ön kısımda, sıcak havanın girmesi için 270× 1050 mm<sup>2</sup>'lik aralık bırakılmıştır. Buraya da, kükürtleme sırasında sıkıca kapanabilmesi için, U şeklinde bir tarafı açık olarak otomobillerde kullanılan ön cam fitili geçirilmiştir. Arka kısımda kayısların kurutucuya doldurulup boşaltılması açısından 700× 1000 mm<sup>2</sup> ebadında 16'lık MDF malzemeden kapı konulmuştur. Kapı, kükürtleme sırasında kükürt kaçmaması için, soğutucularda kullanılan kauçuk fitil, menteşe ve kilit sistemi ile donatılmıştır. Ayrıca raflar arası kurumada homojenlik sağlanmak amacıyla sütun üzerinde belirli noktalarda hava egzoz delikleri açılmıştır. Döner silindirik sütunun dönme devri otomobillerin 12 Voltluk cam silgi motoru ve bir kayış-kasnak çifti ile sağlanmaktadır. Bu motorun devir ayarı, bir varyak yardımıyla geriliminin kontrolüyle sağlanmaktadır.



**Şekil 3** Kurutucunun Kesit Resmi

Kurutucu içerisindeki silindirik sütun üzerine 5 sıra halinde, T profillemiş demirlerle dizayn edilmiş tepsi yerleştirme bölgeleri bulunmaktadır (Şekil 4). Her bir katta 4 adet kurutma tepsileri olup kurutucuya toplam 20 adet elekli tepsi portatif olarak yerleştirilmektedir. Kurutucuya giren hava, elekli tepsilerden rahatça geçerek kurutucu ortasında bulunan döner sütun üzerinde açılmış olan deliklerden egzoz edilmektedir.





#### Şekil 4 Bir Sıra Rafın Üsten Görünüşü

### Deneylerin Yapılması ve Hesaplama Metodu

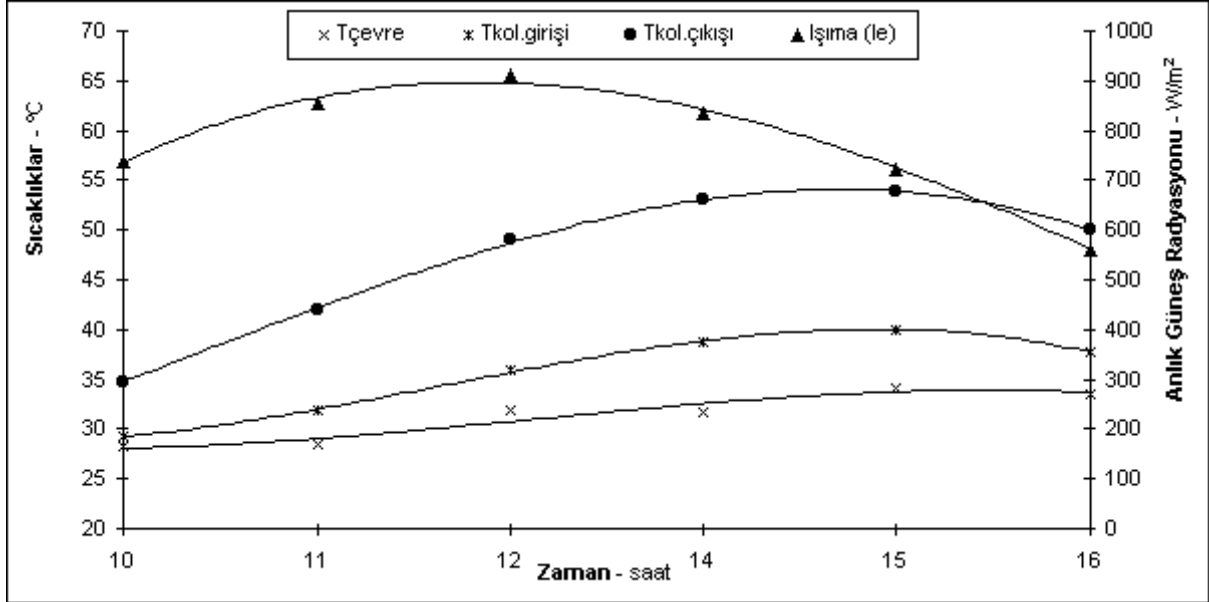
Kayısı kurutma için imal edilen güneş enerjisi destekli DSSK sisteminde kullanılmak üzere, Elazığ yöresinden temin edilen, kurutmalık cins olan Hacihaliloğlu ve Çataloğlu kayısıları kullanılmıştır. Kurutulacak kayısılar seyyar raflara  $m^2$  ye 15 kg gelecek şekilde dizilerek raflar döner sütundaki yuvasına yerleştirilmektedir. Böylelikle tüm kayısılar raflara yerleştirildikten sonra birim kilogram başına 2 gr kükürt yakılarak, önceden hava girişi ve çıkışı kapatılmış olan kurutma odasına konulmaktadır. Burada 3 saat bekletildikten sonra kurutma odasının kapısı, hava girişi ve çıkışı açılarak kükürtdioksit gazı dışarı atılmaktadır. Böylece kükürtlenmiş ve kurutulmaya hazır hale gelmiş olan kayısıların, nem kayıplarının belirlenebilmesi için, bir kısmı kurutucu içinde ve bir kısım kayısı ise dışarıda doğal şartlarda kurutulmak üzere tartılarak kurutma işlemine geçilmiştir.

Kurutma odasında ve dışarıda kurumaya bırakılan numune kayısılar her saat başı 0.0001 gram duyarlı dijital terazi yardımıyla tartılarak elde edilen değerler kayıt edilmiştir. Bu arada yine her saat başı çevre sıcaklığı, kollektör giriş ve çıkış sıcaklıkları, kurutma odası giriş-çıkış sıcaklığı, kayısı içi sıcaklıkları çok kanallı  $0.1^\circ C$  hassasiyetli Demir - Constantan dijital termometre ile belirlenmiştir (Tablo 2 ve Şekil 5). Havanın nem ölçümü için dijital bir termohigrometreden faydalanılmıştır. Ayrıca, debi tespiti için eğik manometreli orifismetre egzoz takılarak, fan klapesinin her pozisyonu için debi belirlenmiştir. Bunların dışında piranometre ile de saat başı anlık toplam güneş radyasyonu tespit edilmiştir. Kurutucu odası döner sütun devrinin tespiti için  $0.1 d/d$  ya duyarlı dijital tachometer kullanılmıştır. Döner sütun devir ayarı otomobil cam silgi motoru geriliminin bir reosta ile ayarlanmasıyla sağlanmıştır.

**Tablo 2.** Kollektör Giriş-Çıkış Sıcaklıkları ile Çevre Sıcaklığı ve Güneş Radyasyonunun Aldığı Değerler

Zaman [Saat]	Çevre Sıcaklığı [ $^\circ C$ ]	Kollektör Giriş Sıcaklığı [ $^\circ C$ ]	Kollektör Çıkış Sıcaklığı [ $^\circ C$ ]	Anlık Güneş Radyasyonu [ $W/m^2$ ]
10	28.2	29.3	34.8	738

11	28.5	31.8	41.9	854
12	31.8	35.9	49.0	911
14	31.6	38.8	53.0	836
15	34.2	40.0	53.8	723
16	33.6	37.7	50.0	562



**Şekil 5.** Kollektör Giriş - Çıkış Sıcaklıkları ve Güneş Radyasyonu

Deneylerde homojen bir kurumanın sağlanması amacıyla, kurutucu içerisindeki kayısı yerleştirilmiş raflar dakikada 0.75, 1.50 ve 2.25 devir ile döndürülmüş, ayrıca hava hızının kayısılarıdaki kuruma etkilerini görmek amacıyla 20 m<sup>3</sup>/h, 43 m<sup>3</sup>/h ve 65 m<sup>3</sup>/h debilerinde kurutucuya hava gönderilmiştir.

Kurutma işlemine son verdikten sonra, taze ve kuru kayısı neminin belirlenmesi için numuneler tartılıp, yaklaşık 70° C sıcaklıkta sabit tutulan elektrikli fırında, her yarım saatte bir tartılarak kütlede değişimin olmadığı zamanda kuru kütle tayin edilmiştir. Kuru kütlelerin ilk kütlede çıkartılmasıyla taze kayısıdaki su miktarı belirlenmektedir. Böylece elde edilen bu değer kuru kütleyle

bölünmesiyle kuru bazda nem miktarı, ilk kütleyle bölünmesiyle de yaş bazda nem miktarı tespit edilebilmektedir. Bu işlemler taze ve kuru kayısılar için yapılarak taze ve kuru kayısıların yaş ve kuru bazdaki nemlilikleri bulunabilmektedir. Buna göre kuru ve yaş bazdaki nem oranı ve kütle oranı; yaş ( $m_y$ ) ve kuru ( $m_k$ ) kütlelerin dikkate alınmasıyla,

$$m = m_y + m_k \quad (1)$$

$$\% \text{ k. b. nem} = \frac{m - m_k}{m_k} = \frac{m_y}{m_k} \quad (2)$$

$$\% \text{ y. b. nem} = \frac{m_y}{m} \quad (3)$$

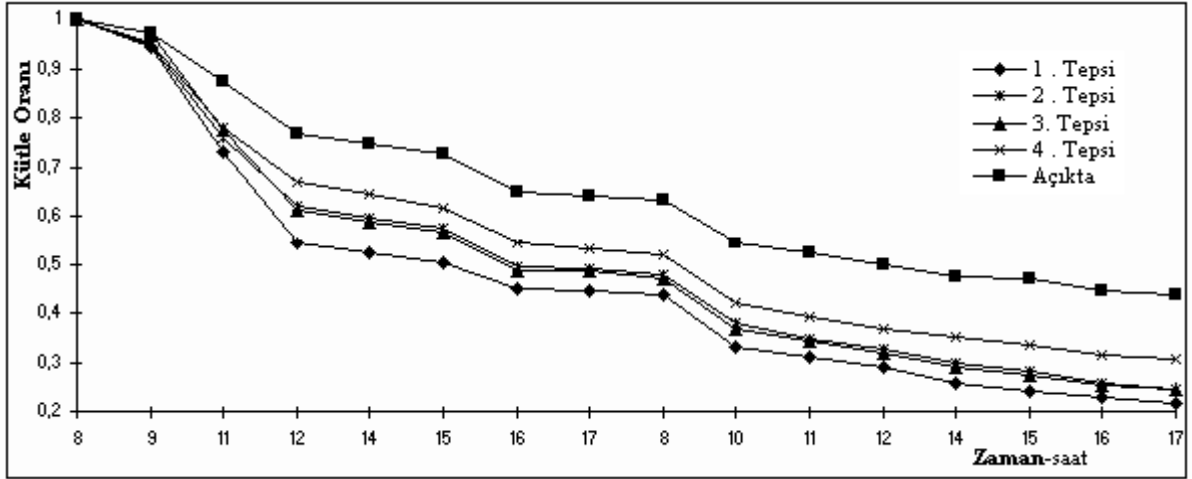
$$\text{Kütle Oranı} = \frac{m_0}{m_i} \quad (4)$$

şeklinde yazılabilmektedir. Burada ( $m_i$ ) ilk kütleyle ( $m_0$ ) ise ölçme anındaki kütleyle göstermektedir.

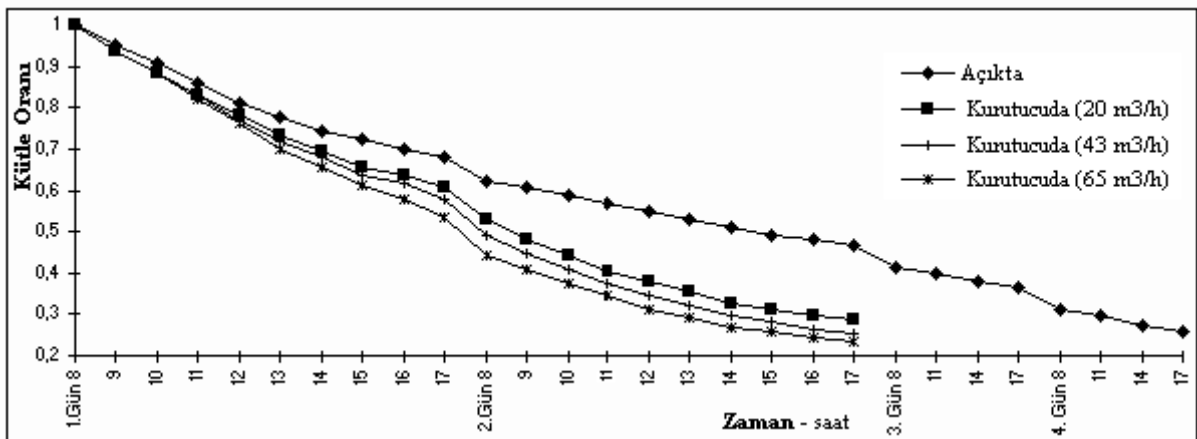
## ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, kayısının döner sütunlu silindirik kurutucuda ve açıkta doğal kurutma ile meydana gelen kütle değişimleri zamana bağlı olarak grafiklere aktarılmıştır. Açıkta kurutulan kayısıların yaş bazda nem oranının 4 gün içerisinde % 25'e düştüğü, buna karşılık döner sütunlu silindirik kurutucuda ise aynı nem oranının yaklaşık 2 günde elde edildiği görülmüştür. Şekillerden hava hızının ve kurutucu odası döner sütun devrinin kuruma hızına olan etkileri görülmektedir. Döner sütunun döndürülmemesi durumunda, her bir raftaki tepeler arasındaki kuruma hızlarında farklılıklar gözlenmiştir. Şekil 5'e göre, hava girişinin hemen karşısındaki 1 no'lu tepsideki, kuruma hızı diğer bölgelere göre daha fazla olmaktadır. En kötü kurumanın ise 4 no'lu tepside olduğu izlenmiştir. Şekil 6 ve 7'den hava hızının kurutma için önemli bir parametre olduğu anlaşılmaktadır. Doğal konveksiyonla kurutmaya göre, zorlanmış konveksiyonla kurutma hızı daha fazla olmakta ve hava debisinin artırılmasıyla da kuruma süresi azalmaktadır. Aynı şartlar altında devir sayısının artırılmasıyla da kuruma hızında % 5 ~ 10 arasında bir artış olduğu grafiklerden görülmektedir. Ancak devir sayısının artırılması dönme sırasında kayısıların savrulması açısından sakıncalar doğurduğundan döner sütunun devir sayısının yüksek olmaması gerekmektedir. Dönmenin kurutma hızına etkisiyle birlikte, homojen kurumaya

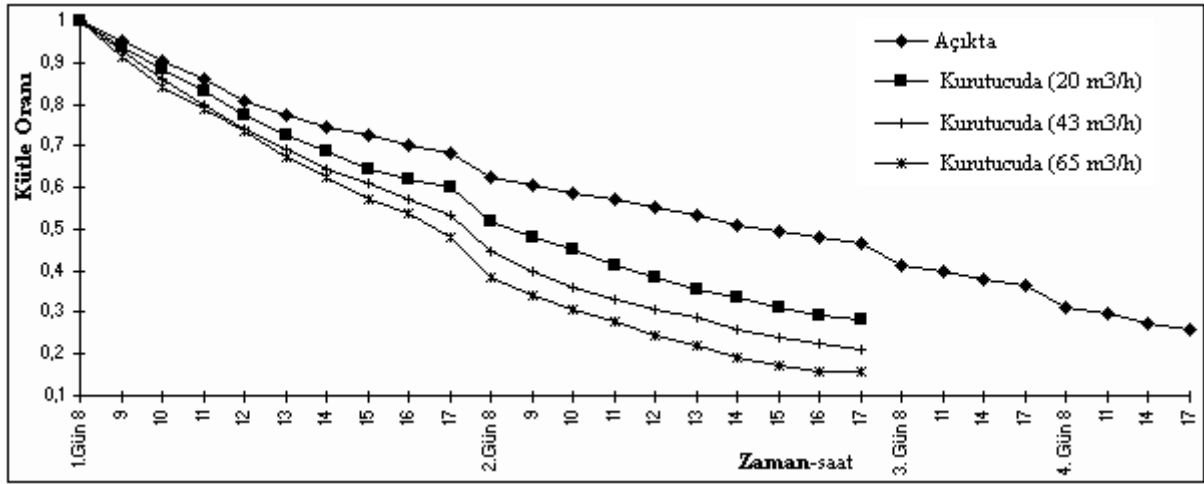
etkisi büyük olmakta ve raflardaki kayisuların aynı düzeyde kurumasi sağlanmaktadır. Hava hizi kurutulanan ürünün yüzeyinde olusan buhar filminin uzaklastirilmasina, nem transportunun hizlanmasina ve dolayisiyla bu da buhar filminin devamlı olarak sürüklenmesine neden olarak kuruma hizini artırıcı etki yapmaktadır. Böylece genişletilmiş yüzeyli kollektör, döner silindirik kurutma odasi ve uygun hava hizi ile kurutma süresi açıkta kurutmaya göre yarıya indirilmekte ve ayrıca istenilen homojen kuruma sağlanmaktadır.



Şekil 5 (5) no'lu Raftaki Tepsilerin Zamana Bağlı Kütle Değişimi (Devir = 0.00 d/d, Debi = 43 m³/h)



Şekil 6. (5) no'lu Raftaki Tepsilerin Zamana Bağlı Olarak Kütle Değişimi (Devir 0.75 d/d)



**Şekil 7. (5) no'lu Raftaki Tepsilerin Zamana Bağlı Olarak Kütle Değişimi (Devir 2.25 d/d)**

## Sonuçlar

Geliştirilen konveksiyon etkili genişletilmiş yüzeyli kollektör ve Döner Sütunlu Silindirik Kurutma (DSSK) yardımıyla, dış hava şartları değiştirilmekte ve kontrol altına alınabilmektedir. Böylece kurutucudaki kayıpların istenen kalite ve planlanan kurutma ortamında kurutulmaları sağlanabilmektedir.

Dizayn edilen sistem ile kayıpların kuruma süresi doğal kurutmaya göre yaklaşık %50 azalmakta, hijyenik ve homojen bir kuruma elde edilmektedir. Ayrıca raflar arası kuruma seyrinin ve homojenliğinin kabul edilir paralellikte olduğu görülmüştür. DSSK ile kayıplar yağmur ve toz gibi her türlü istenmeyen atıklardan korunmuş ve doğal kurutmaya göre renk ve görünümün daha iyi olduğu sonuçlar alınmıştır.

Güneş enerjisi destekli Döner Sütunlu Silindirik Kurutucunun (DSSK) ucuz ve kullanışlı olması, kurutma için geniş alanlara ihtiyaç duyulmaması, gerektiğinde sistemin ek bir ısıtıcıyla takviye edilmesi ve değişik gıda maddelerinin kurutulmasına uygun olması sisteme ayrı bir avantaj sağlamaktadır. Ayrıca mevcut kurutma odasında hem kükürtlemenin ve hem de kurutmanın yapılması, kurutma açısından büyük avantajlar sağlamakta sistemin yatırım maliyeti ve işletme masrafları düşmektedir. Böylece geliştirilen sistemle, kurutulan

kayısların dış pazar standartlarına uygunluğunun sağlanması ile kuru kayısı sektörünün dış pazardaki rekabet şansı artacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Cemeroğlu, B., 1986. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. A. Ü. Gıda Teknolojisi Derneği. No: 6, 364-371.
  2. Chirattananon, S., 1988. A Steady State Model For the Forced Convection Solar Cabinet Dryer. Solar Energy. v. 41, pp. 349-360.
  3. Duffie, J. A., Beckman, W. A., Solar Energy Thermal Processes, John Wiley and Sons, New York, 1974.
  4. Evranuz, Ö., Evranuz, Ç., Tuğal., V. ve Özil, E., 1984. Kuru ve Kurutulmuş Tarım Ürünlerinin Türk Ekonomisi İçindeki Yeri ve Güneşte Kurutma Uygulamalarının İrdelenmesi. TÜBİTAK Mar. Arş. Enst. Gebze.
  5. Göğüş, A. K., 1994. Kayısı ve Kaysı Mamülleri Standartları ile İlgili Görüşler. Standart. Kayısı Özel Sayısı. 86-89.
  6. Hukill, W. V., Schmödt, J. L., 1960. Drying Rate of Fully Exposed Grain Kernels. Trans. Of the ASAE, 70-80
  7. Hsieh, J. S., 1986. *Solar Energy Engineering*, Prentice Hall, New York.
  8. Kaşka, N., 1994. Türkiye'de Sofralık Kayısı Yetiştiriciliği. Standart. Kayısı Özel Sayısı. 54-60.
  9. Keskin, H., 1959. Gıda Kimya Gıda Maddeleri Bileşenleri Teknolojisi Analizleri ve Metabolizması, 82 s. İ. Ü.
- Yayın No: 822, Fen Fak. No: 25, Şirketi Mürettibiye Basımevi, İstanbul.
10. Kısakürek, B., 1980. Kurutma Modelleri, Türkiye. Isı Bilimi ve Tekniği. Cilt 2, 37-40.

11. Kumar, S., Sharme, V. B., Kandpal, T. C., Mullick, S. C., 1997. Wind Induced Heat Losses From Outer Cover of Solar Collectors, *Renewable Energy*. 10, 613-616.
12. Labuza. T. P., Simon. I. B., 1970. Surface Tension Effect During Dehydration; 1 Air Drying of Apple Slices. *Food Technology*. 24. 712-715.
13. Mazza. G., 1983. Dehydration of Carrots, Effect of Pre-drying Treatments on Moisture Transport and Product Quality. *J. of Food Technology*. 18. 113-123.
14. Misra, R. S., Evaluation of Economic and Thermal Performance of Closed Loop Solar Hybrid air and Water Heating Systems for Indian Climates. *Energy Conversion and Management*. v. 34, n. 5, May 1993, 363-372.
15. Monr, K. H., Can, A., 1992. Kurutma Kopullarýnda Biyolojik Ürünler Ýçinden Nem Transportunun Kinetiði. *Müh. ve Mak*. 33, 392-395.
16. Mudahar. G. S., Toledo. R. T., Flords. J. D., Jen. J. J., 1989. Optimisation of Carrot Dehydration Process Using Response Surface Methodology. *J. of Food Sci.*, 54 (3), 714-719.
17. Mulet. A., Berna. A., Rosello. C., Pinaga. F., 1989. Drying Carrots. II. Evaluation of Drying Models. *Drying Technology*. 7 (4). 641-661.
18. Özbalta, N., Güngör, A., 1988. Tarımsal Ürünlerin Kurutulmasında Güneş Enerjisinin Kullanım Olanakları. *Ürünlerin Kurutulmasında Mühendisliğin Rolü Sempozyumu. Yıldız Üniversitesi, 20-24 Haziran*. 142-156.
19. Phillips. A. L., 1965. Drying Coffee the with Solar Heated Air. *Solar Energy*. 9. 4, 213-216.

20. Puiggali. J. R., Batsale. J. C., Nadeau. J. P., 1987. The Development and Use of an Education to Describe the

Kinetics of Air Drying of Hazelnuts. *Lebensm.-Wiss. u. - Technology*. 20. 174-179.

21. Raju, J. N., Comparative Study of air Heating Solar Collectors. *International Journal of Energy Research*. v. 15,

n. 6, Aug. 1991, pp. 469-471.

22. Saravacos. G. D., Charm. S. E., 1962. Effect of Surface Active Agents of the Dehydration of Fruit and

Vegetables. *Food Technology*. 16. 91-93.

23. Sarsılmaz, C., Yıldız, C., Biçer, Y., 1998. "Elazığ İli Meteorolojik Şartlarının Sebze ve Meyve Kurutma

Hızına Etkisi" *Harran Üniv. Müh. Fak. Gap 2. Mühendislik Kongresi*. Urfa, 309-316.

24. Türk Standartları Enstitüsü. Kuru Kayısı. TSE 485 / Ocak 1974. Ankara.

25. Türk Standartları Enstitüsü. Kayısı Kurutma Yerleri Sınıflandırma, Özellikler ve Kurutma Kuralları. TSE

9951/Mart 1992. Ankara.

26. Vaccarezza. L. M., Lombardý. L. J., Chýrýfe. J., 1974. Heat Transfer Effects on Drying Rate of Food

Dehydration: *Can. J. of Food Enging.*, 52. Oct. 576-579.