

# Gıda Endüstrisinde Kullanılan Kurutma Sistemleri

## Drying Systems Used In The Food Industry

**Gürdal Tan**

Gıda Yüksek Mühendisi, İş Güvenliği Uzmanı,  
Özel Erzurum Bilim Teknik ve İnovasyon Koleji,  
Yakutiye, Erzurum

E-posta : gurdaltan@hotmail.com;

### ÖZET

Gıdalar, dış etkenlerden çok çabuk bozulmaktadır ve bol oldukları mevsimde tamamen tüketilemezler, bunun için; gıdaları uzun süre saklamaya yönelik çalışmalarda birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin en ekonomik ve en eski olanı da kurutmadır. Gıdalar ya güneş ışığından yararlanarak veya başka kaynaklardan elde edilen ısı yardımı ile kurutulurlar. Her zaman ve her yerde güneş ışığından yararlanılarak ürünün doğal yollarla kurutulması olanaksızdır. Ayrıca her ürünün güneşte doğal yollarla kurutulması da doğru değildir. Doğal kurutma metodu, hijyenik koşulları kontrol etmek olanaklı olmamakta ve her yöre iklim koşulları bakımından güneşte kurutmaya elverişli bulunmamaktadır. Bu nedenlerle başka kaynaklardan elde edilen ısı yardımı ile kapalı alanlarda, kontrol edilebilir koşullarda kurutma yapabilen yapay sistemler geliştirilmiştir. Yapay kurutmada güneşte kurutmanın birçok olumsuz yönü ortadan kaldırılmış olup, daha iyi kalitede ürün alınabilmektedir. Bu çalışmada, gıda endüstrisinde kullanılan kurutma sistemleri ve özellikleri değerlendirilmiştir.

### Anahtar Kelimeler

Kurutma, kurutma sistemleri, kurutucular, gıdaların kurutulması, dehidrasyon, rehidrasyon.

### Abstract

Foods are very quickly disrupted from external factors and they cannot be completely consumed in the season they are abundant; for this, many methods have been developed in studies to keep foods long. The most economical and oldest of these methods are drying. Foods are either drying by benefiting from sunlight or with heat assistance obtained from other sources. It is always impossible to dry the product by taking advantage of sunlight everywhere. It is also not true that every product is drying in natural ways in the sun. In the natural drying method, hygienic conditions are not available to control and each region is not available to drying in the sun in terms of climate conditions.

Artificial systems can be developed in closed areas with heat assistance from other sources for these reasons, which can dry in controlled conditions. Many negative aspects of drying in artificial drying are eliminated, and better quality products can be taken. In this study, drying systems used in the food industry were examined.

### Keywords

Drying, drying systems, dryers, drying of foods, dehydration, rehydration

### 1. Giriş

Kurutma, bozulma yapan mikroorganizmaların gelişimlerini azaltmak ve kimyasal

reaksiyonların oluşmasını engellemek için gıdalardan suyun uzaklaştırıldığı bir süreçtir (Vega-

Mercado, Góngora-Nieto, Barbosa-Cánovas, 2001). Kurutma sözcüğü, ham, yarı işlenmiş ya da

işlenmiş katı, sıvı ve yarı sıvı gıdaların yapılarındaki su oranının azaltılarak belirli düzeylere düşürülme

işlemini tanımlamaktadır (Saldamlı, Saldamlı, 2004).

Gıdaların kurutulmasında, ürünlerdeki mikrobiyal gelişme ve enzimatik aktivitelerin sınırlandırılarak ürünün bozulmasının önüne geçilmesi, aroma ve besin değeri gibi kalite kriterlerinin ko-



runmasının sağlanması, ürünün bol olduğu dönemlerden kıt olduğu dönemlere saklanması sağlanması, hacim azalması ile taşıma ve depolamada kolaylık ve verimliliğin sağlanması, amaca uygun son ürün elde edilmesi (süt tozu, peynir altı suyu tozu vb.) gibi amaçlar söz konusudur. Kurutma işleminde, kuru maddede artış ve besin öğelerinin zenginleşmesi, kullanıma hazır olma, dayanıklılık süresinde artış, kitle yoğunluğunda olumlu değişiklik, uygun maliyet gibi avantajlar söz konusudur (Saldamlı, Saldamlı, 2004).

Gıdaların kurutulması, mevcut üstünlüklerine karşın yanlış kurutma koşulları ve sistemlerinin seçimi ve uygulanması sonucu ortaya çıkan bazı olumsuzluklara da sahiptir. Bu olumsuzluklar, ürünün renginde, lezzetinde, yapısında, viskozitesinde, besleme değeri ve depolama stabilitesinde kendisini gösterebilir (Saldamlı, Saldamlı, 2004).

Kurutulmuş gıdalarda aranan en önemli özellik hiç şüphesiz rehidrasyon yeteneğidir. Bu durum, ürünün kullanımı sırasında verilen su ile, taze halinde içerdiği kadar su alarak eski haline ve şekline dönüşmesi durumu olarak ifade edi-

lebilir. Kuruma koşulları ile yakından ilgili olan rehidrasyon yeteneği, kuruma sırasında maddede meydana gelen kimyasal, fizikokimyasal ve fiziksel değişimlerle de ilgilidir (Cemeroğlu, 1986). Ayrıca, rehidrasyon sırasında ki koşullar, kullanılan suyun sıcaklığı ve süre de rehidrasyon yeteneğini üzerinde son derece etkilidir (Saldamlı, Saldamlı, 2004).

Kurutulmuş ürünlerde istenilen niteliklerin oluşmasını sağlamak için, makine, ekipman ve tesislerin tasarımı, seçimi, kurulması ve işletilmesi sırasında, kurutma ile ilgili tüm ilkeler göz önüne alınmalı ve değişkenler arasında optimum seçimler yapılmalıdır. Bununla birlikte kurutucu seçiminde maddenin fiziksel nitelikleri ve kurutulmuş ürünün kullanılma alanı gibi faktörler önem kazanmaktadır.

Amaç en az ürün zararı ile, maksimum kurutma oranını en ekonomik koşullarda oluşturarak üstün rehidrasyon yeteneğine sahip ürün veren sistemlerin kullanılmasıdır. Bu sebeple de tasarım ve çalışma ilkeleri yönünden çeşitli tipte kurutucular geliştirilmiştir. Kurutucu, son ürünün tat, renk veya çözünürlüğünde hissedilir bir bozulma

olmaksızın üründen nemin uzaklaştırılması için geliştirilmiş bir alettir (Farral, 1976).

## 2. Kurutucular

Üründen suyun uzaklaştırılması için gerekli ısı-nın taşınma yöntemine göre kurutucular;

### 1. Sıcak hava (konveksiyon) kurutucular,

- a. Fırın kurutucular
- b. Kabin kurutucular
- c. Tünel kurutucular
- d. Bantlı kurutucular
- e. Sandık kurutucular
- f. Püskürtmeli kurutucular

olmak üzere sınıflandırılabilir (Saldamlı, Saldamlı, 2004). Bunların dışında, ozmotik kurutma, ekstrüzyon, akışkan yatak kurutucular, mikrodalga ve radyo frekans kurutucular gibi farklı sistemler de bulunmaktadır. Kurutma teknolojisindeki gelişmeler dört gruba ayrılabilir. İlk nesil de fırın kurutucular, kabin kurutucular, tünel kurutucular ve bantlı kurutucular yer alırken; ikinci nesil de püskürtmeli kurutucular ve valsli kurutucular yer alır. Üçüncü nesilde dondurarak kurutma ve ozmotik kurutma bulunur. Dördüncü nesil de ise, mikrodalga kurutucular, radyo frekans kurutucular, kırınım pencere kurutucular, ısı pompalı akışkan yatak kurutucular ve diğer hibrit kurutma sistemleri yer almaktadır (Vega-Mercado, Góngora-Nieto, Barbosa-Cánovas, 2001; Nindo, Tang, 2007).

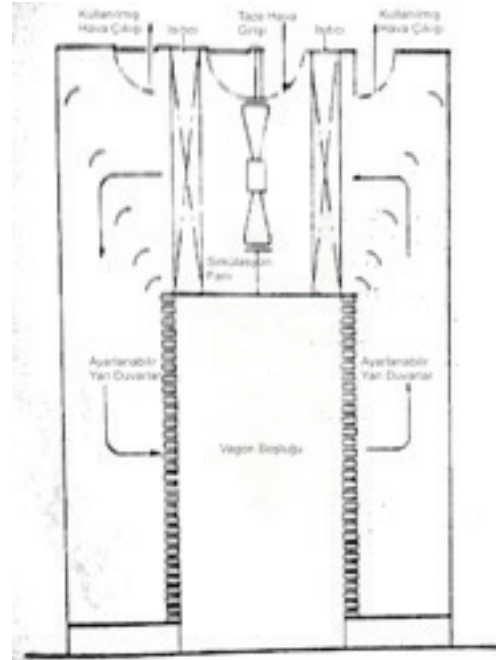
#### 2.1. Fırın Kurutucular

Hava taşınımı kurutucuların en basit tipidir. İki katlı olan kurutucuda, alt tarafta fırın ya da brülör ile ısıtılan hava, tabanı ızgaralı olan ikinci kata yükselir ve ızgaralar üzerine serilmiş olan ürün ara sıra karıştırılarak kurutulur. Daha çok elma dilimlerinin kurutulmasında kullanılır. Bu tip kurutucularda nem oranı %10'un altına düşürülememektedir (Saldamlı, Saldamlı, 2004).

#### 2.2. Kabin Kurutucular

Fırın kurutucuların biraz geliştirilmiş bir tipi olan kabin kurutucularda, tepsiler ile beslenen ürün, kabin içerisinde sıcak hava akımı ile karşılaşarak nemini kaybeder. Kabin kurutucularda

ürün beslemesi kuruma boyunca sabittir. Bu tip kurutucular daha çok dilimlenmiş meyve ve sebzeler, tahıl taneleri veya yığın halindeki ürünler, nişasta, jelatin, maya gibi ürünlerin kurutulmasında kullanılırlar. Farklı bir çok ürünün kurutulmasına kolayca uyarlanabilen, kontrolü kolay, çok yönlü kurutuculardır (Saldamlı, Saldamlı, 2004). Ürün besleme sistemi, sıcak hava ısıtıcısı ve fan, nemli havanın dışarı atılmasını sağlayan toplayıcı, sistemin ana bileşenleridir (Vega-Mercado, Góngora-Nieto, Barbosa-Cánovas, 2001). Kabin kurutucularda havanın hızı ve sıcaklığı, ürün yüzeyinde, her yerde aynı düzeyde değildir. Bu kurutucu tipindeki en temel sorun, sıcak havanın ilk girdiği alanda bulunan ürünün daha hızlı kuruması, diğer kısımlardakilerin daha yavaş kurumasıdır.



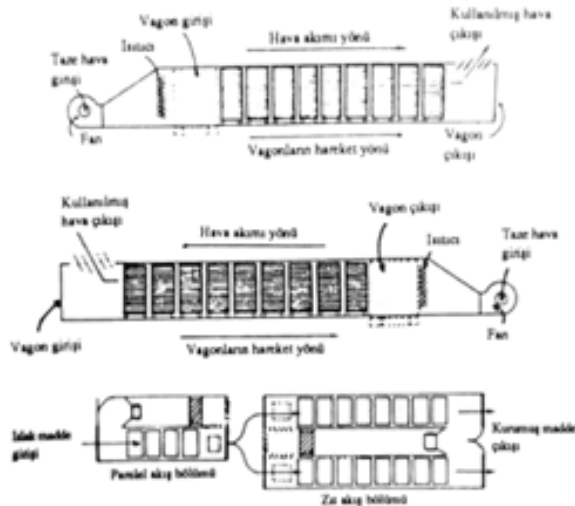
Şekil 1 : Kabin Kurutucu (Cemeroğlu, 1986).

Bu durumun önüne geçmek için hava sirkülasyon fanının pozisyonu değiştirilir ya da uygun pozisyonda yerleştirilmiş çift fan kullanılır (Saldamlı, Saldamlı, 2004). Bu kurutucuların sabit yatırımı az, çalıştırılmaları kolaydır. Kullanılan havanın sıcaklığı 95°C ve hava hızı genellikle 2,5-5 m/s dolayındadır. Kuruma süresi, ürüne ve

son nem oranına bağlı olarak 10-20 saat kadardır (Saldamlı, Saldamlı, 2004).

### 2.3. Tünel Kurutucular

Tünel kurutucularda ürün beslemesi, kabin kurutuculardan farklı olarak, hareketli vagonlar üzerinde olmaktadır. Bir çok tipi olmasına rağmen en çok kullanılanları sürekli çalışan tipleridir. Değişik ürünler için, tünel kurutucuların atmosfer basıncı altında veya vakum altında çalışan tipleri de olabilir. Isıtma buhar, gaz veya elektrikli olarak yapılabilir (Farral, 1976). Bunun dışında hava ve ürünün birbirlerine göre hareket yönüne bağlı olarak, paralel, ters veya çapraz akışlı tünel kurutucu olarak da adlandırılırlar. Ancak ısıya hassas ürünlerin kurutulmasında kullanılamazlar. (Saldamlı, Saldamlı 2004).

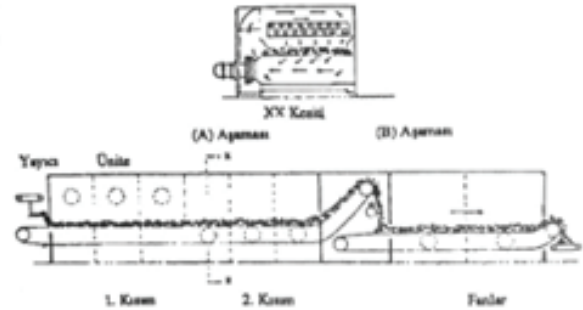


**Şekil 2 :** Tünel Kurutucular: Paralel Akışlı, Ters Akışlı, İki Aşamalı (Saldam, Saldam 2004).

### 2.4. Bantlı Kurutucular

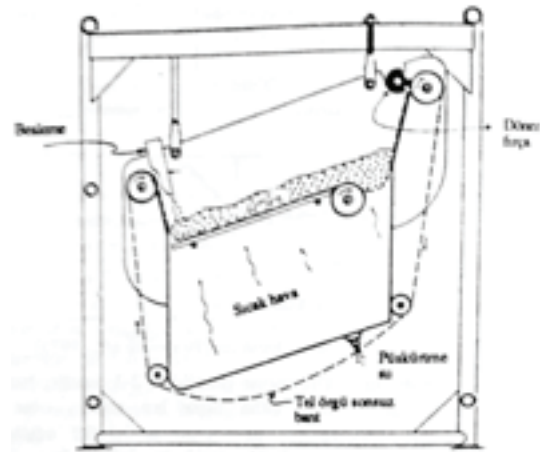
Bantlı kurutucularda ürün beslemesi konveyör bir bant ile yapılmaktadır. Konveyör bandın, yavaşlığı azaltmak için, polietilen, polivinil klorid ve teflonla kaplanması gibi uygulamalarla karşılaşılmaktadır. Daha çok bir sezon boyunca aynı ürünü büyük miktarlarda kurutmak için elverişlidir. Genellikle iki aşamalı olarak dizayn edilirler. İlk aşamada yüksek sıcaklıkta hızı fazla ve orta düzeyde nemli hava kullanılır, su kaybı yüksektir. Üründen uzaklaşan su havayı çabuk

soğuttuğundan yüksek sıcaklık ürüne zarar vermez. İkinci aşamada sıcaklığı daha düşük ancak çok kuru hava kullanılır. Bantlı kurutucularda ürünün kalış süresi genellikle 2-3 saattir (Saldamlı, Saldamlı, 2004).



**Şekil 3 :** Bantlı Kurutucu (Saldamlı, Saldamlı, 2004).

Özel bir tipi de tekne bantlı kurutuculardır. Bunlarda hava, bandın aralıklarından geçecek şekilde alttan üste doğru verilmektedir. Yavaş bir şekilde sonsuz döngü hareketi yapan banttaki ürün, bandın yapısal durumu nedeniyle tekne biçimindeki bantta sürekli karışım halindedir. Kuruma kısa sürede ve homojen olur.

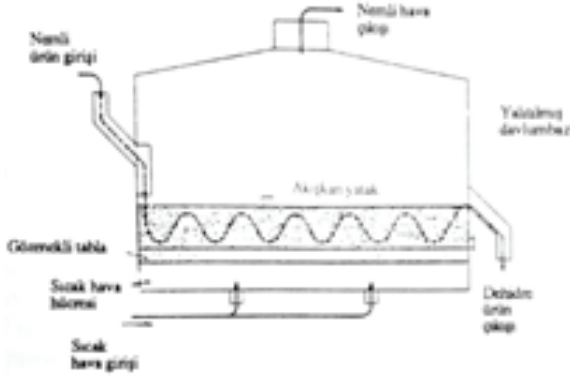


**Şekil 4 :** Tekne Bantlı Kurutucu (Saldamlı, Saldamlı, 2004).

Soğan ve elma dilimi gibi kurutmanın ileri aşamalarında kırılabilir özellik kazanacak veya öz suyunu vererek birbirine yapışacak meyve ve sebzeler kurutulamazlar. Daha çok tahıl taneleri

gibi dökme yığın halindeki küçük parçalardan oluşan ürünler için uygundur (Saldamlı, Saldamlı, 2004).

### 2.5. Akışkan Yatak Kurutucular



**Şekil 5 :** Akışkan Yatak Kurutucu (Saldamlı, Saldamlı, 2004).

Kurutulacak ürün, alttan verilen yüksek hızdaki sıcak ve kuru hava ile adeta askıda kalan hafif bir kaynama görünümünde sürekli karıştırılan bir yatak durumundadır. Kurutma sürekli olduğundan, ürünün kurutucuda kaldığı süre, yatağın kalınlığına bağlı olarak değişir (Saldamlı, Saldamlı, 2004). Hızlı kuruma sağlanan bu sistemde taneçikli katı gıdalar, tahıllar, bezelye ve küçük parça halindeki sebzeler başarılı bir şekilde kurutulabilir. İlaç ve tarım sektöründe de kullanım alanı bulmuştur. 50-2000µm aralığındaki taneçiklerin kurutulması için uygundur.

Geleneksel kurutma sistemleri, tünel kurutucu, bantlı kurutucu, kabin kurutucu gibi sistemlere göre; yüksek ısı ve kütle transfer oranları nedeniyle yüksek kuruma oranı, daha küçük akış alanı, yüksek ısıl etkinlik, valsli kurutuculara göre daha düşük sermaye ve bakım giderleri ve kontrol kolaylığı gibi avantajları bulunmaktadır. Bununla beraber, ürünün havada akışkanlık kazanabilmesi için gerekli olan yüksek hava hızı nedeniyle yüksek güç tüketimi, yüksek aşındırma potansiyeli nedeniyle üründe topaklaşma ve yapışma eğilimi ve çok nemli ürünlerde düşük esneklik ve akışkanlığın azalması gibi sınırlamalar da mevcuttur (Chou, Chua, 2001).

### 2.6. Sandık Kurutucular

Özellikle sebzelerde, kurutmanın son aşamasında, tünel ve bantlı kurutucularda kurumuş ürünün son nem düzeyine düşürülmesi için kullanılan kurutucu tipidir. Ana kurutucudan genellikle %10-15 nem oranıyla çıkan ürün, bu kurutucularda %3-6 nem oranına kadar kurutulur. Bu kurutmanın yaklaşık süresi 30 saat kadardır. Ana kurutucuya göre çok daha uzun süren kurutma süresi, kritik nemden sonra uzaklaştırılacak suyun, kurutulan maddenin yapısına son derece güçlü olarak bağlı olmasından ve kuruyan ürünün ısı duyarlılığının fazla olması sebebiyle daha düşük sıcaklıkların uygulanması gerektiğindedir (Cemeroğlu, 1986). Doldurma ve boşaltma, ürün girişi ve çıkışı boğazlarında birleşik, bantlı taşıyıcılarla yapılır. Sandığın tabanı elek şeklinde delikliktir. Alttan verilen sıcak hava yukarıya doğru, sandıklardaki üründen geçer ve sandık dışına atılır. Sıcak hava düzeninden yapılan bağlantılarla birçok sandık birlikte kullanılabilir. Böylece, birkaç metre yüksekliğinde bir sandıkta, yerden ve işletme masraflarından ekonomi sağlanabilmektedir. Ana kurutucudan yer yer nemli bölgeler içererek ayrılan ürün, sandık kurutucularda nem bakımından tamamen dengelenmiş bir duruma gelir ve son üründe öngörülen nem oranı, bu tip kurutucularda daha duyarlı bir şekilde kontrol altına alınabilmektedir (Saldamlı, Saldamlı, 2004).

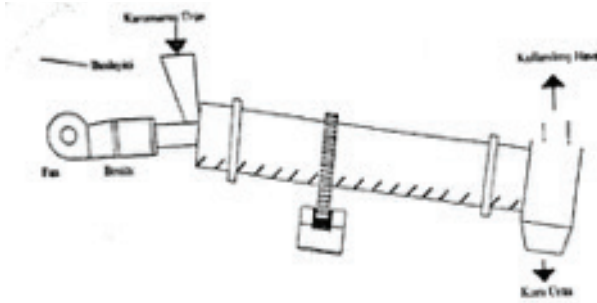
### 2.7. Vakum Kurutucular

Vakum kurutucular ısıya duyarlı ürünlerin, vakum altında daha düşük sıcaklıklarda hızla kurumasını sağlamak amacıyla geliştirilmişlerdir. Atmosferik koşullarda kurutma yöntemleri ile karşılaştırıldığında, vakumlu kurutma yöntemi; daha düşük kurutma sıcaklığı ve oksijensiz ortamda kuruma gibi bazı karakteristik özelliklere sahip olup, daha kaliteli ürün elde edilmesini sağlamaktadır. (Şahin ve ark., 2012). Ortamda hava olmadığı için oksidasyon da yoktur. Renk, kolaylıkla okside olabilen vitaminler ve çözünmeyen yağlar korunabilmektedir. Düşük sıcaklık derecelerinde çalışıldığı için aroma bozuklukları da en aza indirilir. Nem, iç yüzeylerden daha kolay uzaklaştırılabilmektedir ve vakum koşulları ürüne puf yapı kazandırmaktadır. Puf yapı aynı zamanda kabuk bağlama olayını da önler. Ancak

kuruluş ve işletme maliyetleri yüksektir (Saldamlı, Saldamlı, 2004).

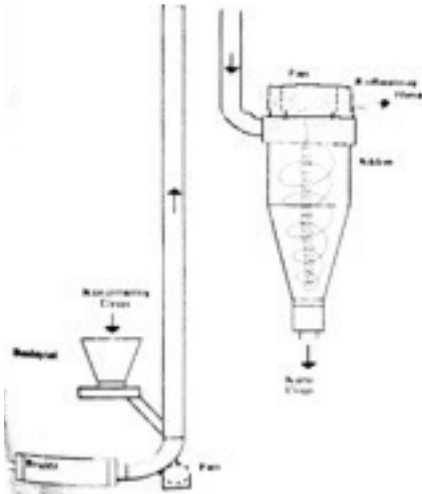
### 2.8. Serbest Akışlı Döner Kurutucu, Pnömatik Kurutucular, Püskürtmeli – Bant Kurutucu

Serbest akışlı döner kurutucularda, ürün sıcak hava ile serbest veya karşıt akışlı olarak kurutulurken hafif eğimli, yavaşça dönen silindir boyunca taşınır (Carapiste, Rotstein, 1997). Pnömatik kurutucularda tanecik veya toz biçimindeki gıda, genellikle hava ve sıcak hava akımı tarafından taşınırken dikey boruda, boru boyunca kurur.



**Şekil 6 :** Serbest Akışlı Döner Kurutucu (Carapiste, Rotstein, 1997).

Kurutmadan çok kısa bir zaman sonra, bir veya daha fazla siklondan oluşan ikinci bir düzende, kullanılmış hava ile kurumuş ürün birbirinden ayrılır.



**Şekil 7 :** Pnömatik Kurutucu (Carapiste, Rotstein, 1997).

Kısa temas süresi, küçük tanecik boyutları (2mm'den daha düşük) ve serbest akış, üründe fazla ısınma olmadan, oldukça yüksek hava sıcaklıklarının kullanılmasına izin verir (Carapiste, Rotstein, 1997). Geniş yüzey alanları, ısı ve kütle transferinde yüksek ısıl dağılım ve kütle transfer katsayısı, yüksek kuruma oranları ve yüksek kurutma kapasitelerine olanak verir (Skuratovsky, Levy, Borde, 2005). Pnömatik kurutucular, ilaç, kimya ve gıda endüstrilerinde geniş çalışma alanları bulmuştur (Best, Geld, Roccia, Kemende, 2007).

Püskürtmeli – bant kurutucu, özel amaçlı, çok yönlü bir kurutma sistemidir. Püskürtmeli kurutma ve akışkan yatak kurutma sistemlerinin bir kombinasyonudur. Püskürterek kurutulmuş maddeye, püskürterek kurutma kabininin altındaki ağ örgülü taşıyıcı bant üzerinde, gözenekli bir yapı kazandırılır (Farral, 1976).

### 2.9. Patlatarak Puf Yapı Kazandırma

Puf yapı, süngerimsi adeta patlamış mısırdaki gibi bir yapıyı tanımlar. Böyle bir fiziksel yapı, maddenin kurumasını oldukça kolaylaştırmaktadır. Bu yapıyı oluşturmak için, basınca dayanıklı kapalı bir silindirde ısıtılan ürün, silindirde belli bir basınç oluştuğundan sonra, silindir kapağının bir anda açılmasıyla boşaltılır. Aniden kaldırılan basınç, dokunun derinliklerinde yüksek sıcaklık derecelerine kadar ısınmış suyun bir anda buharlaşmasına neden olur. Bu durum da yapının süngerimsi bir hal almasını sağlar. Buradan alınan ürün herhangi bir kurutucuda kolayca kuruyabilmektedir. Bu sistemde iki önemli unsur vardır; birincisi işlemin uygulandığı sırada ürünün nem miktarı, ikincisi ise işlemin hangi basınca ulaşana kadar ısıtma yapılacağıdır. Eğer ürün başlangıçta belli bir nem düzeyine indirilmişse istenen sonuç elde edilemez. Sistemin basıncının ise elma dilimleri için 1,7 atmosfer, patates dilimleri için ise 2-4 atmosfer olması gerekir (Cemeroğlu, 1986).

Puf yapının kolay ve çabuk kuruması ve büyük görünmesi gibi avantajlarına karşın hava ve ışıla karşılaşan yüzey alanının büyüklüğü nedeniyle



sistemlerdir. Ürün besleme ve kurutma koşulları ayarlandığında elde edilen ürün özellikleri üstün niteliklidir. Geniş uygulama alanına sahiptir, ısıya duyarlı, ısıya dirençli, aşındırıcı maddeler kurutulabilir (Vega-Mercado, Góngora-Nieto, Barbosa- Cánovas, 2001). İlaç ve kimya sanayinde kullanımı dışında gıda sanayinde özellikle süt tozu, çocuk maması, yumurta tozu, toz maya, balık unu, sebze ekstraktları, domates tozu, meyve-tozu gibi alanlarda kullanım olanağı bulmuştur.



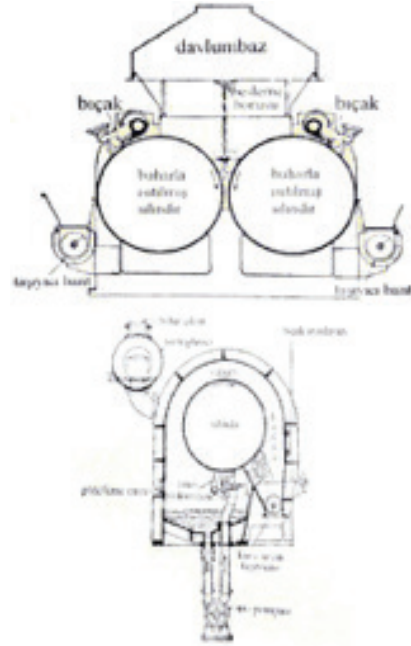
**Şekil 10 :** Püskürtmeli Kurutucu (Farral 1976).

Sıcak hava üretim düzeni, ürünü püskürten başlık, kurutma hücresi, ürünü havadan ayıran siklon seperatör gibi bileşenlerden oluşur. Ayrıca borular, pompalar ve diğer yardımcı aletler, kontrol paneli gibi kısımlarda sistemi oluşturan diğer (Saldamlı, Saldamlı, 2004).

### 2.12. Valsli Kurutucular

Silindir kurutucu adı da verilen bu kurutucular, tek veya çift valsli, atmosfer basıncında ve vakum altında çalışan tipleri vardır (Farral, 1976). Genellikle yarı sıvı, püre, lapa gibi daha önce koyulaştırılmış ürünler kurutulur. Ürün, buharla ya da sıcak su ile ısıtılan ve eksenine etrafında belirli bir hızla dönmekte olan vals yüzeyine ince bir film oluşturacak şekilde yayılır. Sıcak yüzey ile temas eden ürün, ürünün cinsine ve film kalınlığına göre birkaç saniye ile bir kaç dakika içinde

kurur. Kurumuş olan ürün, valsın yüzeyinden, yüzeye tatlı-sürtünme ile değmekte olan kazıyıcı bıçak yardımı ile sıyrılır ve pulcuklar şeklindedir (Saldamlı, Saldamlı, 2004). Daha sonra bu pulcuklar öğütücüden geçirilerek istenen nitelikte toz ürün elde edilir. Bu arada üründen buharlaşan su, sistemin üzerindeki bir fan yardımı ile uzaklaştırılır (Farral, 1976).



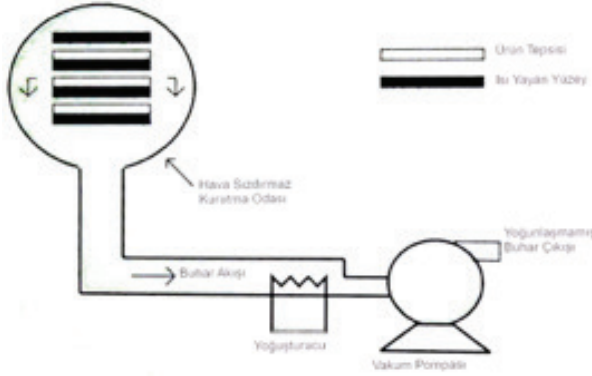
**Şekil 11 :** PValsli Kurutucu, Atmosferik ve Vakumlu (Farral 1976).

### 2.13. Dondurarak Kurutma (Liyofilizasyon)

Dondurarak kurutmada, ürünün dondurulması ve düşürülmüş basınç altında buzun süblimasyonu olmak üzere iki basamak vardır (Vega-Mercado, Góngora-Nieto, Barbosa-Cánovas, 2001). Dondurarak kurutma, stabil ve yüksek kaliteli ürün vermesi ile, gıdaların raf ömrünün uzatılmasında oldukça etkili ve uygun bir yöntemdir (Ciurzyńska, Lenart, 2011) İşlemden, ortamda hava bulunmadığı için oksidasyon ve kimyasal reaksiyonlar önlenmiş olur ve ısı uygulandığı zaman zarar gören ürünlerin kurutulması için kullanılacak bir yöntemdir (Vega-Mercado, Góngora-Nieto, Barbosa-Cánovas, 2001). Ancak yatırım maliyeti yüksektir, uygulanan ön işlemler



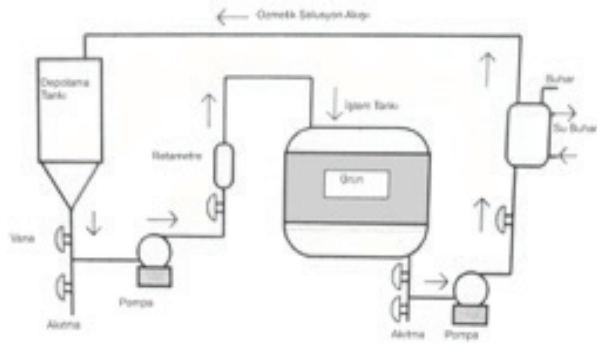
ve son ürünün gözenekli yapıda olması gibi ne denlerle,üründe nem ve oksijen bağlamayı önlemek için özel ambalajlara konulması gerekir. Ancak elde edilen ürünün aroma ve besin değerleri çok yüksektir, ürün boyutları ilk biçimini korur, rehidrasyon yeteneği yüksektir (Saldamlı, Saldamlı, 2004).



**Şekil 12 :** Dondurarak Kurutma Sistemi (Vega-Mercado, Góngora-Nieto, Barbosa-Cánovas, 2001).

#### 2.14. Ozmotik Dehidrasyon

Gıda ürünlerinin hipertonic bir çözelti (şeker, tuz, sorbitol veya gliserol) içine daldırılması ile konsantrasyonları değişir, buna ozmotik dehidrasyon denir. Bu noktada vakum uygulanması suyun uzaklaşmasına destek olur. Ozmotik dehidrasyon sistemleri, ozmotik solusyonun hazırlandığı depo tankları, işlem tankında akışı kontrol eden pompa içeren sistemlerdir. Ürün, ozmotik solusyonun olduğu işlem tankına



**Şekil 13 :** Ozmotik Dehidrasyon (Vega-Mercado, Góngora-Nieto, Barbosa-Cánovas, 2001).

yerleştirilir ve sabit hızda sisteme pompalanır (Vega-Mercado, Góngora-Nieto, Barbosa-Cánovas, 2001).

#### 2.15. Mikrodalga Kurutucular

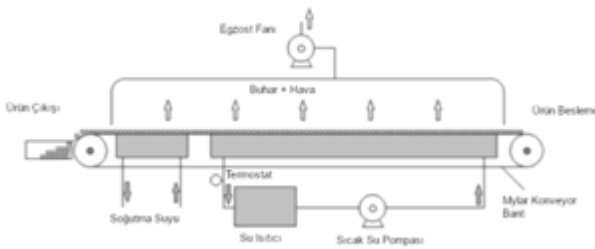
Mikrodalga kurutma, moleküler ve atomik düzeyde gerçekleşen polarizasyondan yararlanır. Bir malzemede alternatif elektromanyetik alan ile oluşturulan ısı, ürün içindeki, değişen elektrik alan nedeniyle hareket eden moleküllerin oluşturduğu polarizasyon işleminin sonucudur (Vega-Mercado, Góngora-Nieto, Barbosa-Cánovas, 2001). Mikrodalga kurutmada yüksek frekanslı dalgalar kurutulmuş materyalin içinden hızla geçerken absorblanarak ısı enerjisine dönüşmekte ve materyal içindeki suyu buharlaştırmaktadır. Mikrodalga kullanarak kurutulmuş gıda maddesinin iç sıcaklığı yüzey sıcaklığından daha yüksek olup, konvansiyonel kurutmaya göre daha dinamik bir nem transferi gerçekleşmektedir. (Karabacak, Sinir, Suna, 2015). Ancak bu sistemler yüksek maliyet gerektiren sistemler olup genellikle diğer sistemlere ek olarak yapılandırılırlar (Saldamlı, Saldamlı, 2004).

#### 2.16. Radyo Frekans Kurutucular

Radyo frekansı, gıda endüstrisinde, ön ısıtma, sterilizasyon, tavlama ve fırın ürünlerinde kullanılır. Benzer şekilde mikrodalga ve radyo frekans kurutucularında, elektromanyetik enerjinin ürünlerin ısıtılmasında kullanılması, zaman ve verimlilik açısından olağanüstü sonuçlar vermektedir. İletim, taşınım ve ışınım kullanılan yöntemler gibi geleneksel yöntemlerin aksine, elektrik ısıtma ürün içinde anında gerçekleşir, ısıtma daha etkindir. Radyo frekans elektromanyetik dalgalar 30-300MHz aralığındadır. Radyo frekans enerjisi, malzemenin elektriksel iletkenliğine bağlıdır, bu nedenle iyonik bileşenlerin (örneğin çözülmüş tuzlar) varlığı daha iyi ısıtma kapasitesi sağlar. Mikrodalgaya göre daha düzgün bir ısınma sağlar. Bir kilowattan yüzlerce kilowata kadar geniş bir kapasiteye sahip radyo frekans jeneratörleri, kilowatt başına mikrodalgaya göre daha ucuz bir enerji üretirler ve 2. Dünya Savaşı'ndan beri ticari olarak kullanılmaktadır (Vega-Mercado, Góngora-Nieto, Barbosa-Cánovas, 2001).

### 2.17. Kırınım Pencereleli Kurutma

Kırınım pencereleli kurutma, ürünlerin kurutulmasında, ısının transferi için sıcak su kullanılan yeni teknoloji bir sistemdir. Işınım, taşınım ve iletim olmak üzere üç ısı transfer metodunda bulunduğu sistem oldukça etkin bir ısı transferi sağlamaktadır (Vega-Mercado, Góngora-Nieto, Barbosa-Cánovas, 2001). Ürün mylar (alüminyum tozu kaplı polyester folyo) konveyör bandın üzerine ince bir film şeklinde ve eşit olarak yayılır. Kırıcı özelliğe sahip bu plastik membran ile alttan ısıtılan su yüzeyi kaplandığında ısı kaybı engellenmekte ve ısı transferi sadece kondüksiyon ile gerçekleşmektedir. Bu durumda kızılötesi enerjisi suya yansıtılmaktadır. Ancak membran üzerine nemli bir gıda konulduğunda, gıdada bulunan nem plastik membranın radyasyonu geçiren bir pencere gibi açılmasını sağlamaktadır. Bu durumda ısı herhangi bir membran yokmuş gibi sudan gıdaya doğru transfer edilmektedir. Kısa süre içerisinde gıdada bulunan nemin buharlaşması ile membran pencere gibi davranmaz ve radyasyon enerjisini tekrar suya yansıtmaya başlamaktadır (Tontul, Eroğlu, Topuz, 2019). Bu sistemle, meyve, sebze, et, balık, kanatlı etleri, yumurta, tat ve aroma maddeleri, bitki ve baharatlar, süt ürünleri, hububat, nişasta, tahıllar, içecek ürünleri başarılı bir şekilde kurutulabilmektedir (Vega-Mercado, Góngora-Nieto, Barbosa-Cánovas, 2001).



**Şekil 14 :** Kırınım Pencereleli Kurutucu (Baeghbalı, Niakousari, 2018).

Kurutma süresinin kısa olması hem de biyoaktif bileşen kayıplarının az olması nedeniyle öne çıkan sistem, üründe, mükemmel renk, vitamin ve antioksidan özellik ile kurutma sağlayabilmektedir (Tontul, Eroğlu, Topuz, 2019). Mütevazı kurut-

ma verimi, yarı akışkan, akışkan ve püre şeklindeki ürünler için daha uygun bir sistem olması, yapışma eğilimi nedeniyle yüksek şeker oranı içeren toz gıdalar için uygun olmaması ve püskürtmeli, valsli kurutuculara göre daha yüksek maliyet sistemin dezavantajlarıdır (Karadbhajne, Thakare, Kardile, Thakre, 2019).

### 2.18. Isı Pompalı ve Kızılötesi Kurutma Sistemleri

Isıya duyarlı gıdaların kurutulmasında, iyi kaliteli ürün elde edebilmek, düşük sıcaklık ve kontrollü kurutma koşulları gerektirdiğinden dondurarak kurutma metodu kullanılmaktadır. Ancak busistem oldukça pahalı bir sistemdir. Bu açıdan ısı pompalı kurutma sisteminin geliştirilmesi oldukça uygun bir durum olmuştur. Sistem daha düşük enerji tüketimi ve gelişmiş ısı kazanımı nedeniyle daha yüksek enerji verimliliğine sahiptir. Bu sistemle daha yüksek ürün kalitesi ortaya çıkmaktadır. Sistem kurutma koşulları için iyi bir kontrol sağlar ve geniş bir aralıkta kurutma kapasitesi vardır. Ancak yüksek yatırım değerleri, sınırlı kurutma sıcaklıkları gibi dezavantajlara da sahiptir (Chou, Chua, 2001).

Kurutma işlemlerinde ek ısıtma sağlayarak kurutma sürelerinin azlatılmasını sağlar. Kızılötesienerji, çevre havasını ısıtmadan doğrudan ürün yüzeyine ısı transferi sağlar. Sistemin avantajları,yüksek ısı transfer oranları elde edilebilir olması, kompakt yapı, yüzey kurutma için doğrudan ve kolayca ısı oluşturması, kolay ve hızlı bir sistem olması, mevcut bir kurutucuya entegre edilebilmesi ve düşük maliyetli olmasıdır (Chou, Chua, 2001).

### 2.19. Güneş Enerjili Kurutma Sistemleri

Güneş enerjisi ile tarım ürünlerinin kurutulması uzun zamandır bilinen bir yöntemdir. Güneşte kurutmada, iklimsel koşullar, ürünün durumu, sıcaklığın kontrol edilememesi gibi bir çok faktörden kaynaklı avantaj ve dezavantaj bulunmaktadır. Güneşte kurutmanın getirdiği dezavantajlar nedeniyle geliştirilen kurutucuların bir önemli tipi de güneş panelli kurutuculardır (Shanmugam, Natarajan, 2006).

Bu kurutucuların, doğal konveksiyonlu, zorlanmış taşınımlı, sera tipi olduğu gibi kabin kurutucu veya tünel kurutucu şeklinde dizayn edilmiş olanları da vardır (Esper, Mühlbauer, 1998; Murthy, 2009). Bu tip kurutucular ile, Asya ülkelerinde, biber, manyok, soğan, zencefil, bezelye, mısır, mantar, demirhindi, hindistan cevizi, mango, elma, anans, muz, üzüm, kuru erik ve ejderha gözü gibi bir çok meyve ve sebze ticari olarak kurutulmaktadır (Leon, Kumar, Bhattacharya, 2002).

Güneş enerjili doğal kurutucular, güneş enerjisi dışında herhangi bir enerji kaynağına gereksinim göstermediklerinden kırsal kesimlerde çokça kullanılır. En yaygın doğal güneş kurutucu, sera tipi kurutuculardır. Kurutma işlemi, güneş ışığının doğrudan kurutulacak malzemeye ulaşması için güneşi geçiren tozlar, zararlılar ve rüzgârdan geçirmeyen şeffaf örtüler kullanılarak yapılır. Bu örtüden geçen güneş ışınları, örtü içerisinde havayı ısıtır ve bu ısı taşınarak kurutulacak ürüne ulaşır. Sera tipi kurutucuların ısı kayıpları fazla olduğundan güneş enerjili kolektörlü kurutuculara göre kurutma verimleri daha az ve kurutma süreleri de daha uzundur. Sıcak hava örtünün altında hareket ettiğinden hava içindeki toz ve istenmeyen diğer partiküller örtüye yapışabilir. Bu istenmeyen safsızlıklar, temizlenmediğinde verim düşer ve kurutulacak malzeme kirlenebilir (Yıldız, Gökayaz, 2020). Güneş enerjili yapay kurutucularda ise kolektörler de güneşle ısınan havanın kurutucu içinde homojen bir şekilde dağılması için bir fan kullanılır. Sıcak hava kurutma fırını içindeki ürünün

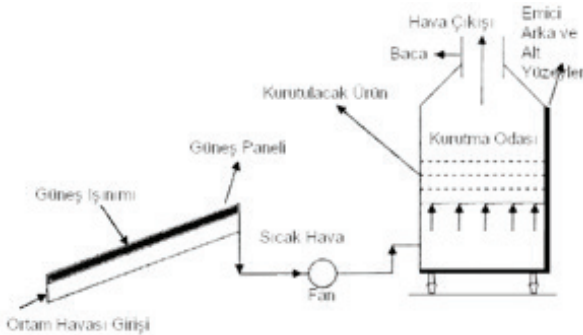
üzerinden veya içinden geçirilerek kurutulacak üründen nem uzaklaştırılır ve böylece kuruma sağlanır.

Ancak sera tipi güneş kurutucusuna göre daha kısa sürelerde kurutma sağlansa da kurulum maliyeti yüksektir. Buna rağmen güneş enerjili yapay kurutucuların güneşte doğal kurutmaya göre birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlar; kurutulacak ürün, tozlanma, zararlılar, yağmur ve rüzgâr gibi çevresel etkenlerden korunabilmesi, homojen kurutma, ürünün zarar görmeyeceği ve ekonomik olarak yüksek sıcaklığa kadar ısıtılabilmesi, besin değeri ve duyuşal olarak daha iyi bir kuru ürün elde edilmesi, prosesin kolay kontrol edilebilmesidir (Yıldız, Gökayaz, 2020).

### 3. Kurutucuların Değerlendirilmesi

Üretimden tüketime kadar gerek nakliye sırasında, gerek depolama yetersizliği, gerekse de bazı yıllarda talebin üzerinde gerçekleşen yüksek arz nedeni ile gıda ürünlerinde önemli kayıplar söz konusudur. Ürünlerin bozulmadan uzun süre muhafaza edilmesi gıda sektörü için önemli bir problemdir. Gıda maddelerinin uzun süre depolanmasına, bozulmalarına neden olan nemin uzaklaştırılması ile fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik reaksiyonlar engellenerek ya da hızı azaltılarak raf ömrü uzun ve kaliteli gıda ürünleri elde edilebilir. Bunun için gerek duyulan son nem içeriğine ulaşmak gerekmektedir. Pastörizasyon, soğutma, atmosfer kontrolü, kimyasal işleme ve kurutma gibi işlemlerle istenen nem içeriğine ulaşılabilir. Kurut aşırılması işlemidir. Gıda maddelerinin kurutulması ile bozulmadan uzun süre saklanabilen ürünler elde edilmesinin yanı sıra gıdadaki nem kaybı ile ağırlık ve hacimde meydana gelen azalma sayesinde taşıma, depolama ve paketleme maliyetleri önemli oranda düşer. Hem tüketimden sonra arta kalan yaş meyve ve sebzelerin değerlendirilmesinde hem de gıda sektöründe, gerek katkı maddesi gerek ham madde olarak kullanılan kuru ürünün elde edilmesi için çeşitli kurutma yöntemleri ve kurutucular kullanılmaktadır (Yıldız, Gökayaz, 2020). Kurutucular bazı temel öğelere göre seçilir ve dizayn edilirler, bunlar (Carapiste, Rotstein, 1997):

1. Ham madde karakteristikleri
2. Kuru üründe istenen kalite



**Şekil 15 :** Güneş Panelli Kurutucu (Murthy, 2009).

3. Ekonomik analizler ve maliyet değerlendirmesi  
4. Güvenlik ve çevresel nedenler

Kabin kurutucular farklı ürünlerin kurutulabilmesi nedeniyle esnekler. Bununla birlikte kullanım ve kapasiteleri, kabin içinde farklı bölgelerde düzensiz kuruma nedeniyle sınırlıdır. Esas avantajları düşük sermaye ve düşük işletme maliyetleri, küçük ölçekli uygulamalarda kolay kullanımlarıdır. Ticari kullanımları ise oldukça düşük üretim kapasiteleri nedeniyle sınırlıdır.

Yapışmayan katı taneciklerin kurutulması, yüksek üretim oranlarında, sık sık tünel ve bantlı kurutucuların kullanımını gerektirir. Bantlı kurutucular, kurutma koşullarının daha iyi kontrolünü ve tekdüzelik kalitesinin daha yüksek olmasını sağlar. Bant ve vibrasyonlu yatak, daha tekdüze bir kurutma ve daha etkin enerji kullanımını sağlar fakat yatırım maliyetleri yüksektir (Carapiste, Rotstein, 1997).

Döner kurutucular, eğimli olması sebebi ile yapışkan ürünler için uygundur, çok yüksek kurutma oranı ve ürünün tekdüze bir şekilde kurumasını sağlar. Ancak üründe aşındırma ve darbe zararı olmasına neden olur. Pnömatik kurutucular tanecikli ve toz maddelerin kurutulması için kullanışlıdır. Bu tip kurutucular, sonuçta istenen nem miktarına ulaşabilmek için ikinci bir kurutucu ile birlikte kullanılırlar. Akışkan yatak kurutucuların kaba ve orta büyüklükteki tanecikli

gıdalar için kullanımı sınırlıdır; genellikle mekanik zararı önlemek için tanecik boyutu bu tip kurutucularda 0,1 mm'yi geçmez. Pnömatik ve akışkan yatak kurutucular yüksek kurutma oranına ve ısı verime sahiptirler ve kurutma koşullarının kontrolü kolaydır. Ayrıca, basit tasarımıdır, sermayeleri ve işletme maliyetleri düşüktür. Püskürtmeli kurutucular, çözelti, süspansiyon ve püre gibi akışkan ya da yarı akışkan gıdaların kurutulmasında kullanılır. Bu kurutucular, büyük üretim oranlarına sahiptir ancak yüksek sermaye ve enerji maliyeti bu kurutuculara olan talebi azaltır. Valsli kurutucular sıvı, sulu ve püre halindeki gıdaların kurutulması için, yüksek kurutma alanları ve yüksek enerji verimleri nedeni ile uygundur. Fakat oldukça yüksek sermaye ve işletme maliyeti gerektirir. Isıya duyarlı gıdalarda oluşturdukları zararlar nedeni ile kullanımları sınırlıdır (Carapiste, Rotstein, 1997).

Geleneksel atmosferik hava ile kurutma ve valsli kurutma, genel olarak, aşırı zarar görmüş ve rehidrasyon yeteneği düşük ürün verir. Akışkan yata, pnömatik ve püskürtmeli kurutucular ısı zararlarının azalmasını sağlar ve rehidrasyon yeteneği daha makul ürün verir. Köpük ve puf yapı kazandırma geleneksel metotların maliyetini artırır fakat ürün kalitesini ve rehidrasyon yeteneğini geliştirir. Köpük kurutmanın küçük ürünlerde kullanımı sınırlıdır ve sadece sıvı gıdalarda stabil köpük oluşturularak kullanılır. Patlatarak

Kurutucu Tipi	Buharlaştırma Kapasitesi (kgw/m <sup>3</sup> h)	Enerji Tüketimi (kj/kgw)	Isıl Verim (%)	Ürünün Kuruyup Çıkış Zamanı
Kabin Kurutucu	0,1 - 1	3000 - 4500	50 - 80	2 - 24 sa
Tünel ve Bantlı Kurutucu	5 - 18	4000 - 6000	35 - 60	10 - 180 dk
Serbest Akışlı Döner Kurutucu	30 - 120	3500 - 6000	40 - 70	0 - 60 dk
Akışkan Yatak Kurutucu	30 - 90	3100 - 6000	40 - 80	5 - 30 dk
Pnömatik Kurutucu	10 - 100	500 - 5000	50 - 75	2 - 15 s
Püskürtmeli Kurutucu	1 - 30	4000 - 5000	50 - 60	5 - 120 s
Valsli Kurutucu	4 - 30	3000 - 3500	70 - 85	10 - 30 s
Vakum Kurutucu ve Dondurarak Kurutma	1 - 7	> 7500	-	1 - 24 s

**Tablo 1 :** Kurutucuların bazı karakteristikleri (Carapiste, Rotstein, 1997).

puf yapı kazandırma bazı meyve ve sebzeler için halen sınırlıdır.

Vakum kurutma ve dondurarak kurutma çok pahalı kurutma metotlarıdır. Isıl zararı minimize etmek ve yüksek kaliteli ürün elde etmek için bu kurutma işlemleri düşük sıcaklıklarda yapılır. Yüksek ısıya son derece duyarlı maddelerin veya değerli gıdaların kurutulmasında kullanılır (Carapiste, Rotstein, 1997).

Mikrodalga, ozmotik dehidrasyon, güneş enerjili kurutma ve kızıl ötesi ışınla kurutma ile hibrit kurutma sistemleri yeni teknolojiler arasında bulunmaktadır. Kurutma işleminin ekonomik yapılabilmesi için kurutma işlemi için gereken ısının hangi enerji kaynağından elde edileceği önemlidir.

Konvansiyonel kaynaklardan elde edilen elektrik ile çalışan kurutucularında kullanımı ekonomik ve ekolojik olarak uygun değildir. Güneş enerjili kurutucu kullanılması, ürünlerin kurutmanın istenildiği zamanlarda yapılabilmesi, işlemin proses kontrolüne ve optimizasyonuna izin vermesi, ekonomik ve ekolojik olması nedeniyle kurutma işleminde enerji kaynağı olarak kullanılması önemli üstünlükler sağlamaktadır (Yıldız, Gökayaz, 2020).

Son yıllarda, kurutma tekniklerinin ve yöntemlerinin geliştirilmesi, kurutulmuş ürünlerin geniş bir yelpazede hazırlanmasına olanak sağladığı gibi, ürünlerin kalite, stabilite ve fonksiyonel gereksinimlerini de önemli ölçüde geliştirmiş ve ekonomik olarak da avantajlı duruma gelmesini sağlamıştır. Bu, kurutmanın teorik ve temel yönleri için, maliyet ve kalitenin optimizasyonu için yapılan deneysel çalışmalar ile sağlanmıştır (Ahmed ve ark., 2013).

Genel olarak kurutma süreci yüksek enerji tüketen bir süreçtir. Yine ürünlerin çevresel bozulmaya açık oluşu da kurutulmuş ürünlerde enerji maliyetinden sonra ikinci bir dezavantaj olarak görülmektedir (Raghavan ve ark., 2005). Kurutulmuş bütün ürünler, nem ve oksijen varlığı dikkate alınarak ambalajlanmalıdır. Kuru gıdalar kırılıp, ışığa duyarlıdır, bulaşma, haşere ve böcek

gibi zararlara açıktır. Bu nedenlerle, ürünün paketlenmesinde ambalaj materyalinin ve ambalaj sisteminin, depolama koşullarının önemli bir payı olduğu unutulmamalıdır (Saldamlı, Saldamlı, 2004).

### Kaynaklar

1. Ahmed, N., Singh, J., Chauhan, H., Anjum, P. G. A., Kour, H., (2013). Different drying methods: Their applications and recent advances. *International Journal of Food Nutrition and Safety*. 4(1): 34-42s.
2. Baeghbali, V., Niakousari, M., (2018). A review on mechanism, quality preservation and energy efficiency in refractance window drying: A conductive hydro-drying technique. *Journal of Nutrition, Food Research and Technology*. 1(2):50-54s.
3. Best, C. J. J. M., Geld, C. W. M., Rocchia, A. M., Kemenade, H. P., (2007). A method for the redesign of pneumatic dryers. *Experimental Thermal and Fluid Science*. 31:661-672s.
4. Carapiste, G. H., Rotstein, E., 1997. Designs and Performance Evaluation of Dryers (Handbook of Food Engineering Practice). Valentas, Rotstein, Sign (ed.). CRC Press Boca Raton. Newyork.
5. Cemeroğlu, B., Acar, J., 1986. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No:6. Sanem Matbaacılık A. Ş., Ankara.
6. Chou, S. K., Chua, K. J., (2001). New hybrid drying technologies for heat sensitive foodstuffs. *Trends in Food Science & Technology*. 12(10):359-369s.
7. Ciurzyńska, A., Lenart, A., (2011). Freeze-drying - application in food processing and biotechnology - a review. *Pol. J. Food Nutr. Sci*. 61(3):165-171s.
8. Daştan, S., İşleroğlu, H., (2020). Köpük kurutma işlemi ve son ürün üzerine kurutma koşullarının etkisi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*. 9(2):63-76s.
9. Esper, A., Mühlbauer, W., (1998). Solar drying-an effective means of food preservation. *Renewable Energy*. 15:95-100s.

10. Farral, A. W., 1976. Food Engineering Systems – Operations. Vol 1. The AVI Publishing Company, Inv., Westport, Connecticut. Rose Printing Company, Inc. ABD.
11. Karabacak, A. Ö., Sinir, G. Ö., Suna, S., (2015). Mikrodalga ve mikrodalga destekli kurutmanın çeşitli meyve ve sebzelerin kalite parametreleri üzerine etkisi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 29(2):125-135s.
12. Karadbhajne, S. V., Thakare, V. M., Kardile, N. B., Thakre, S. M., (2019). Refractance window drying : an innovative drying technique for heat sensitive product. International Journal of Recent Technology and Engineering. 8(4):1765-1771s.
13. Leon, M. A., Kumar, S., Bhattacharya, S. C., (2002). A comprehensive procedure for performance evaluation of solar food dryers. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 6:367-393s.
14. Murthy, M. V. R., (2009). A review of new technologies, models and experimental investigations of solar driers. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 13:835-844s.
15. Nindo, C. I., Tang, J., (2007). Refractance window dehydration technology: a novel contact drying method. Drying Technology. 25:37-48s.
16. Raghavan, G. S. V., Rennie, T. J., Sunjka, P. S., Orsat, V., Phaphuangwittayakul, W., Terdtoon, P., (2005). Overview of new techniques for drying biological materials with emphasis on energy aspects. Brazilian Journal of Chemical Engineering. 22(2).
17. Saldamlı, İ., Saldamlı, E., 2004. Gıda Endüstrisi Makinaları. İkinci Baskı. Savaş Yayınevi. Ankara.
18. Shanmugam, V., Natajaran, E., (2006). Experimental investigation of forced convection and desiccant integrated solar dryer. Renewable Energy. 31(8):1239-1251s.
19. Skuratovsky, I., Levy, A., Borde, I., (2005). Two-dimensional numerical simulations of the pneumatic drying in vertical pipes. Chemical Engineering and Processing. 44(2):187-192s.
20. Şahin, F. H., Ülger, P., Aktaş, T., Orak, H. H., (2012). Farklı ön işlemlerin ve vakum kurutma yönteminin domatesin kuruma karakteristikleri ve kalite kriterleri üzerine etkisi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi. 9(1):15-25s.
21. Tontul, İ., Eroğlu, E., Topuz, A., (2019). Kırınım pencere kurutma ve sıcak hava akımında kurutma işlem şartlarının kuşburnu tozlarının fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi. Gıda. 44(1): 1-9s.
22. Vega-Mercado, H., Góngora-Nieto, M. M., Barbosa-Cánovas, G. V., (2001). Advances in dehydration of foods. Journal of Food Engineering. 49:271-289s.
23. Yıldız, Z., Gökayaz, L., (2020). Rafı doğal konvektif güneş enerjili kurutucuda elma kuruma kinetiğinin incelenmesi. Engineering Sciences. 15(1):34-42s.