

# Üzüm Kurutma İşlemi İçin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı

Tuncay Yılmaz

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Şehit Prof.Dr. İlhan Varank Yerleşkesi, Manisa, email. [tuncay.yilmaz@cbu.edu.tr](mailto:tuncay.yilmaz@cbu.edu.tr)

Geliş /Received: 20 Kasım (November) 2016

Kabul/Accepted: 12 Nisan (April) 2017

DOI: 10.18466/cbayarfb.320007

## Özet

Türkiye, tüm dünyada üretilen 1 milyon ton üzümün %25'inin yetiştirildiği ve dünyadaki çekirdeksiz kuru üzüm ihracatının %40-45'ini gerçekleştiren en önemli üzüm üreticilerinden biridir. Ancak üzümün olumsuz koşullarda kurutulması sonucu ürüne toz, toprak bulaşması gibi hijyen sorunları, hormon ve ilaç kalıntıları, ürün kalite ve güvenilirliğinin azalmasına ve ihraç edilen ürünlerin geri dönmesine sebep olmaktadır. Bu sebeple üreticinin bilinçlendirilmesinin yanında daha verimli ve ürün kalitesinin korunduğu kurutucu tasarımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut uygulamalarda enerji maliyetlerinin yanında ürünün karakteristik özelliklerinin geliştirilmesi ile ilgili de sorunlar oluşmaktadır. Bu amaçla güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını adapte etmek birçok avantaj sağlamaktadır. Tarım ülkesi olan ülkemiz aynı zamanda yenilenebilir enerji açısından da avantajlıdır. Ülkemiz zengin güneş enerjisi kaynağına sahip olmanın yanında ayrıca ülkemizde çeşitli sıcaklık seviyelerinde jeotermal enerji kaynakları da bulunmaktadır. Türkiye'nin ortalama günlük güneş enerjisi potansiyeli 3.6 kWh/m<sup>2</sup> olup ortalama güneşlenme süresi günde 7.2 saattir. Jeotermal kaynaklarımızın % 94'ü düşük ve orta sıcaklıkta % 6'lık kısım ise yüksek sıcaklıktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları elektrik üretimi dışında kurutma gibi yüksek enerji gerektiren gıda proseslerinde doğrudan ya da dolaylı şekilde kullanılabilir. Bu amaçla farklı gıdaların üretimine yönelik yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı kurutucu tasarımları bulunmaktadır. Yapılan derlemede güneş enerjisi ve jeotermal enerji gibi ülkemiz için önemli yenilenebilir enerji kaynaklarının tanıtılması ve gıda alanında özellikle üzüm kurutma konusunda kullanım olanaklarına değinilmiştir.

**Anahtar Kelimeler**— Yenilenebilir enerji, güneş enerjisi, jeotermal enerji, kuru üzüm.

## Application of Renewable Energy for Grape Drying

### Abstract

Turkey is the one of the biggest producer through harvesting 25% of the 1 million tones grape and owing the 40% to 45% of seedless dried grape trade worldwide. However, exported products end up returned because of the decrease in reliability caused by major concerns about quality connected with hormone and pesticide residuals and hygiene problems such as dust-soil contaminations of grape under improper drying conditions. Hence, along with providing awareness of producers, designing highly productive driers that preserve product quality are both required. In existing implementations; there are problems about developing characteristic properties of the products besides the matter of energy costs. For that purpose, adapting renewable energies such as solar energy can bring excessive advantages. Besides being an agricultural location, Turkey has an advantage of having a renewable energy sources. Turkey has the daily average solar energy potential about 3.6 kWh/m<sup>2</sup> and the average lightening period is about 7.2 hours per day. While the temperature of 94% of the geothermal energy sources of Turkey is on low and average scale, the other 6% is high temperature sources. Apart from power generation; renewable energy sources would be used directly or indirectly in food processes that require high energy such as drying.

Consequently, there are customized drier designs that use diverse renewable energy sources to produce different foods. In this paper, some important renewable energy sources of Turkey such as solar and geothermal energy were introduced and their application abilities on the food drying focusing on grape drying were investigated.

**Keywords**—Renewable energy, solar energy, geothermal energy, dried grape

## 1 Giriş

Kuru meyve sebze ülkemiz için önemli iç tüketim ve ihracat kalemleri arasında yer almaktadır. Özellikle çekirdeksiz kuru üzüm üretiminde dünyada ilk sırada yer alan ülkemizde bu ürünün üretimi sırasında oluşan kalite kusurları ürünün ticari değerini düşürmektedir, bu sebeple geleneksel kurutma yönteminden daha iyi kontrol edilebilir tasarımlara yönelik araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Gıda endüstrisi açısından bakıldığında kurutma işlemi oldukça yaygın bir uygulama olmanın yanında yüksek enerji gereksinimi olan bir işlemdir. Bu sebeple kurutma gibi gıda proseslerinde yenilenebilir enerjiden faydalanmak üretim maliyetlerinin azalmasına önemli katkı sağlayacaktır. Halihazırda kullanılan geleneksel yöntemlerde yaşanan aksaklıkların giderilmesinde de bu alanda yapılacak yenilikçi yaklaşımlar güncelliğini korumaktadır. Enerji maliyetlerinin oluşturduğu baskının azaltılması için tüm dünyada yenilenebilir kaynaklara doğru yönelme söz konusudur ve bu amaçla Avrupa Birliği çağrılarını yapılmakta, toplum bilincini arttırmak ve nitelikli personel yetiştirmek için stratejik planlar geliştirilmektedir. Ülkemizin, yenilenebilir enerji kaynakları arasında özellikle güneş enerjisi ve jeotermal enerji açısından oldukça avantajlı olduğu düşünüldüğünde ise bu kaynakların kullanımını yaygınlaştırmanın ekonomik ve stratejik katkıları çok daha büyük önem kazanmaktadır.

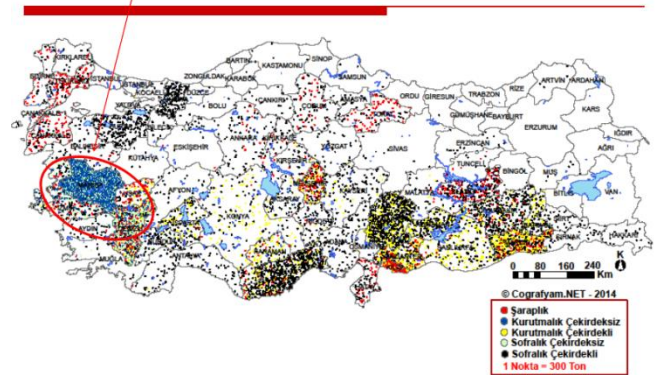
Bu derlemede ülkemiz için önemli yenilenebilir enerji kaynaklarının tanıtılması ve gıda alanında özellikler çekirdeksiz kuru üzüm üretiminde kullanım olanaklarına değinilmiştir.

## 2 Türkiye’de Üzüm ve Kuru Üzüm

Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü’nün hazırladığı rapora göre Türkiye, tüm dünyada üretilen 1 milyon ton üzümün %25’inin yetiştirildiği ve dünyadaki çekirdeksiz kuru

üzüm ihracatının %40-45’ini gerçekleştiren en büyük hacimli üzüm üreticilerinden biri olup ilk iki sırayı Amerika Birleşik Devletleri ile paylaşmaktadır. Ülkemizde üretilen yaklaşık 250 bin ton üzümün 2/3’ü çekirdekli, 1/3’ü çekirdeksiz üzümdür ve üretilen çekirdeksiz üzümün %90’ına yakın kısmı ihraç edilmektedir. Çekirdeksiz kuru üzüm ihracatının büyük bölümü AB ülkelerine yapılmakta olup oluşan yıllık 400-500 milyon Dolar döviz getirisi sebebiyle ülkemizdeki tarımsal bazlı ihracat kalemleri arasında ilk üç içerisinde yerini almaktadır. Ülkemizde çekirdeksiz kuru üzüm üretimi Ege Bölgesi’nde özellikle Manisa, Turgutlu, Salihli, Akhisar, Menemen, Kemalpaşa, Çal ve Çivril’de yoğunlaşmaktadır. Dış ticarete konu olan çekirdeksiz kuru üzüm üretiminde Aydın, Manisa ve İzmir ilk sıralarda yer almaktadır (Şekil 1) [1,2].

### Manisa, İzmir and Denizli



Şekil 1. Üzüm üretiminin ülke genelinde dağılımı [2]

Ülke genelinde üretilen üzümün %30’u sofralık olarak değerlendirilirken %35’i kurutmalık ve %30’u pekmez, pestil, sucuk, şıra ve %5’i de şaraplık olarak değerlendirilmektedir. Bu durum üretilen üzümün %70’inin işleme tabi tutulduğu anlamına gelmektedir. Türkiye’de çekirdeksiz kuru üzüm bağ alanlarında uzun yıllardır devam eden bir genişleme görülmektedir. 2014 yılında 967 bin dekara kadar ulaşılmış ve üretim miktarı da yıllara göre değişmekle birlikte 2013/14 sezonunda yaklaşık 186 bin ton civa-

rındadır ve kurutmalık üzümler özellikle Manisa, İzmir ve Denizli'de üretilmektedir [1,2].

Bakanlık raporunda çekirdeksiz kuru üzüm ile ilgili yaşanan sorunlar ise şu şekilde sıralanmaktadır; üzümlerin olumsuz koşullarda kurutulması sonucu ürüne toz, toprak karışımı yaşanması gibi temizlik-hijyen sorunu ve hormon ve ilaç kalıntılarıdır. Bu olumsuzluklar ürün kalite ve güvenilirliğinin azalmasına ihraç edilen ürünlerin geri dönmesine sebep olmaktadır. Dolayısıyla ürünlerin uygun koşullarda üretimi ve kurutulması gelişen tüketici bilincine önem veren başta Avrupa Birliği (AB) ülkelerine yönelik ihracatın sürekliliği açısından önem arz etmektedir [1]. AB ülkelerinde ürün kalitesi ile ilgili özellikler; uygun olgunluk, uygun renk ve doku, yüksek şeker içeriği, belirtilen nem kriterlerine uygunluk, zararlanmamış yapı, sorbitol, kükürt ve daldırma çözeltilerinde üst limitlere uyum ve hijyen olarak ifade edilmektedir [3,4]. Bahsi geçen koşulların da geleneksel sergi kurutmada sağlanması mümkün görünmemektedir.

Bakanlığın raporunda da belirtildiği üzere önemli bir ihracat kalemi olan çekirdeksiz kuru üzüm üretiminde kurutma işlemi son derece önemli bir faktördür. Kurutma işlemi özellikle üzüm gibi taze, raf ömrü kısa olan tarımsal ürünlerin uzun süre muhafaza edilmesinde kullanılan en eski ve tüm dünyada en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Kurutma işlemi ekonomik olması sebebiyle diğer muhafaza yöntemlerinden olan soğutma, dondurma, kimyasal işleme, kontrollü atmosfer, UV ve ışınlama yöntemleri karşısında uygulanabilirlik yönünden avantajlı bir yöntemdir. Genel anlamıyla kurutma işleminde yaklaşım, yaş ürünlerdeki suyun uzaklaşmasını sağlayarak bozulmaya sebep olacak faaliyetleri durdurmak ya da minimize etmektir. Kurutma işlemi tüm dünyada tünel kurutucularında ya da güneş altında gerçekleştirilebilmektedir.

Ülkemizde ise meyve sebze kurutma işlemi büyük oranda açık havada sergilerde gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem ek enerji gerektirmemesi ve kurulum maliyeti olmaması sebebiyle oldukça yaygındır. Bunun yanında ürünün kalitesi ve homojenliği kontrol altında olmamakta, kalite hava şartlarından oldukça etkilenmektedir. Özellikle havanın yağışlı olması son

derece sakınca oluşturmaktadır, ayrıca kirlenme, böceklenme ve hayvanların yarattığı sakıncalar da oldukça önemlidir. Sergide kurutmanın bir diğer sakıncası yavaş kuruma hızına bağlı olarak sürelerin uzaması ve kurutma kapasitesinin sergi alanıyla kısıtlı kalmasıdır. Sürenin uzaması da olumsuz koşullarla olan etkileşimi daha da arttırmaktadır. Tüm bu faktörler dikkate alındığında üzüm gibi ürünlerin kurtulmasında ekonomik ve aynı zamanda ürün kalitesinin kontrol altına alınabileceği yöntemlere ilgi son derece fazladır. Tarımsal ürünlerin güneş altında ya da konveksiyon kurutucularında kurutulmasına alternatif bir yöntem ise güneş enerjisi ile çalışan kurutuculardır. Böylece ürünün kuruma üresini kısaltmak, istenilen nem içeriğinde ürün elde etmek, ürünlerin daha temiz ve kaliteli kurutulabilmesi mümkün olabilmektedir. Burada en önemli konu ise enerji maliyetleridir [5-11]

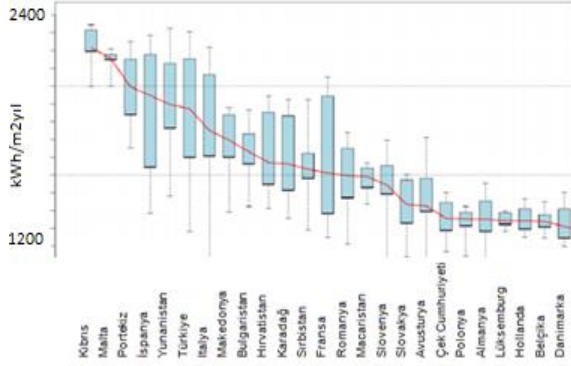
### 3 Güneş Enerjisi ve Türkiye'nin Potansiyeli

AB, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını 2020'ye kadar %20 seviyelerine ulaştırmayı hedeflemektedir. Özellikle 2016-2017 yılı HORIZON 2020 çerçevesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılması ve ticarileştirilmesine yönelik çağrılar yeralmaktadır (*LCE-07-2016-2017: Developing the next generation technologies of renewable electricity and heating/cooling* LCE-12-2017: *Near-to-market solutions for the use of solar heat in industrial processes*). Bu kapsamda, güneş, rüzgâr, jeotermal gibi kaynakların proseslere adaptasyonu konusunda çalışmalar yürütülmektedir.

Enerji maliyetleri açısından bakıldığında, saniyede yaklaşık 170 milyon MW enerji sağlama kapasitede olan **güneş enerjisi** sahip olduğu potansiyel, kullanım kolaylığı, temizliği, yenilenebilirliği ve çevre dostu olması gibi nedenler ile diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha kolay bir şekilde yaygınlaşabilecek durumdadır. Yakıt sorununun olmaması, işletme kolaylığı, mekanik yıpranma olmaması, modüler olması, çok kısa zamanda devreye alınabilmesi (azami bir yıl), uzun yıllar sorunsuz olarak çalışması, temiz bir enerji kaynağı olması önemli özellikleri arasındadır [1,12,13]

Tarım ülkesi olan ülkemiz aynı zamanda zengin güneş enerjisi kaynağına da sahiptir. Ülkemizin gü-

neş enerjisinden faydalanabilme düzeyi ise bu enerjiyi elektrik üretimi gibi çeşitli amaçlarla uzun yıllardan beri kullanmakta olan Almanya gibi birçok Avrupa ülkesine göre ise oldukça fazladır (Şekil 2).



Şekil 2. Ülkelere göre yıllık güneş enerjisi potansiyeli

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre ülkemizde aylar ve bölgeler bazında güneş ışığına maruz kalma ve elde edilebilir enerji miktarları Çizelge 1'de, bölgelere göre yıllık güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süreleri ise Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 1. Türkiye'nin aylık ortalama güneşlenme potansiyeli

Ay	Aylık Toplam Güneş Enerjisi (Kcal/cm²/ay)	Aylık Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m²/ay)	Güneşlenme Süresi (saat/ay)
Ocak	4,45	51,75	103,0
Şubat	5,44	63,27	115,0
Mart	8,31	96,65	165,0
Nisan	10,51	122,23	197,0
Mayıs	13,23	153,86	273,0
Haziran	14,51	168,75	325,0
Temmuz	15,08	175,38	365,0
Ağustos	13,62	158,40	343,0
Eylül	10,60	123,28	280,0
Ekim	7,73	89,90	214,0
Kasım	5,23	60,82	157,0
Aralık	4,03	46,87	103,0
Toplam	112,74	1311	2640
Ortalama	308,0 cal/cm²/gün	3,6 kWh/m²/gün	7,2 saat/gün

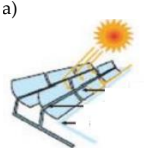
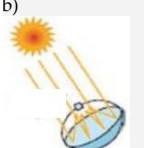
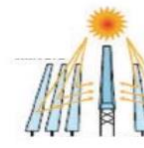
Tüm dünyada güneş enerjisinden başlıca faydalanma yolu elektrik üretimi şeklindedir. Bu amaçla yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (CSP) ve fotovoltaik (PV) sistemler ticari olarak kullanılmaktadır. PV sistemlerde güneş ışınları elektrığe çevrilirken, CSP sistemlerde yoğunlaştırılan güneş ışığı ile yüksek sıcaklığa

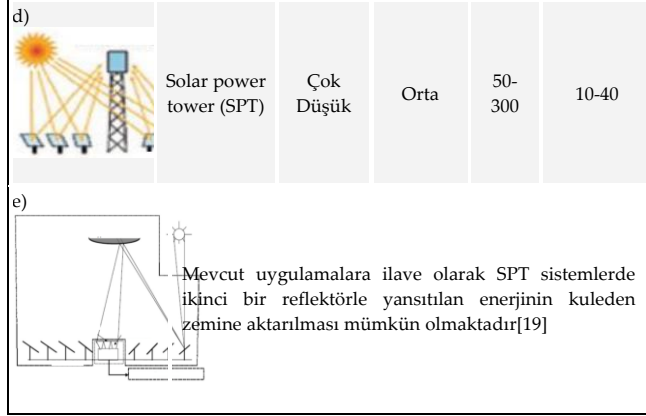
sahip ısı depoları oluşturulmakta ve termodinamik çevrimler kullanılarak elektrik üretilmektedir. CSP yöntemi elektrik üretiminin yanı sıra oluşan ısı sayesinde solar yakıt, ısıtma, soğutma, tuz giderme ve kurutma gibi birçok alanda da kullanılabilir. HORIZON 2020 kapsamında yüksek enerjili PV hücrelerin geliştirilmesi, CSP tesislerinde yeni ve inovatif çevrimlerin geliştirilmesi kapsamında düşük maliyetli sistemlerin geliştirilmesi, güneş enerjisi kaynaklı ısıtma ve soğutma sistemlerinin sanayi ve evlere adaptasyonu ve yaygınlaştırılabilir olmasına yönelik çağrılar bulunmaktadır. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemleri kullanım amaçlarına, kapladıkları yere ve ürettikleri enerjiye göre farklı tasarımlar gerektirmektedir (Çizelge 3) [12,14-16].

Çizelge 2. Güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı

Bölge	Toplam Solar Radyasyon (kWh/m²/yıl)	Güneşlenme Süresi (saat/yıl)
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Çizelge 3. Mevcut güneş enerjisi sistemleri

Sistem	Maliyet	Alan İhtiyacı	Sıcaklık (°C)	Güneşlenme Gücü (sun)
a)  Parabolic Trough collector (PTC)	Düşük	Geniş	20-400	15-45
b)  Parabolic Dish systems (PDS)	Çok Yüksek	Az	120-1500	100-1000
c)  Linear Fresnel reflector (LFR)	Yüksek	Orta	300-565	150-1500



#### 4 Güneş Enerjisi'nin Gıda Alanında Kullanımı

Tarımsal ve denizcilik ürünlerinde güneş enerjisinin kullanımı ekonomik anlamda önemli fırsatlar sunmaktadır. Eğilim ise güneş enerjisi destekli kompakt kollektör tasarımları, yüksek verimli, depolama ile entegre sistemler ve uzun ömürlü kurutucu sistemler tasarlamaktır. Gıdaların çeşitlilikleri ve kuruma gereksinimleri düşünüldüğünde farklı tip kurutucu tiplerinin tasarlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin; üzüm ve hurmaların kurutulmasında güneş ışığı etkisi altında kalmak kurutulmuş ürünün renk oluşumu için gereklidir. Oysa bazı meyvelerin kurutulmasında güneş ışığı etkisi altında kalmak C Vitamini miktarını azaltmakta veya renk oluşumunu olumsuz etkileyebilmektedir. Bu amaçla ısının aktarılma mekanizması, nemin uzaklaştırılması ve uygulanacak sıcaklığın miktarı ham madde ve son ürün gereksinimlerine göre tasarlanmalıdır. Tasarım için belirleyici parametreler, kurutucunun fiziksel tasarımı, termal performans, gıdanın özellikleri, kuruma davranışları, sistemin sürekli veya kesikli oluşu, ürün kalitesi, geri-kazanım problemleri, sistemin kurulacağı yerin sağladığı imkanlar, ekonomi, personel niteliği ve güvenlik şeklinde sıralanabilmektedir. Literatürde güneş enerjisinin adapte edildiği farklı özellikteki kurutma düzeneklerinde elma, muz, çerez, kakao, incir, mango, fasulye, üzüm, soğan, tütün, domates, çay gibi ürünler kurutulmuş ve hemen tüm sistemlerde geleneksel güneşte kurutma sistemlerine göre zaman ve ürün kalitesinde avantaj sağlandığı gözlemlenmiştir [10,11,13]. Kurutma işleminin gece de devamının sağlanması özellikle güneşin olmadığı saatlerden itibaren ürünün nem çekişine bağlı kuruma süresinde uzamasının önüne geçilmesi için güneş enerjisinin depolanmasına yöne-

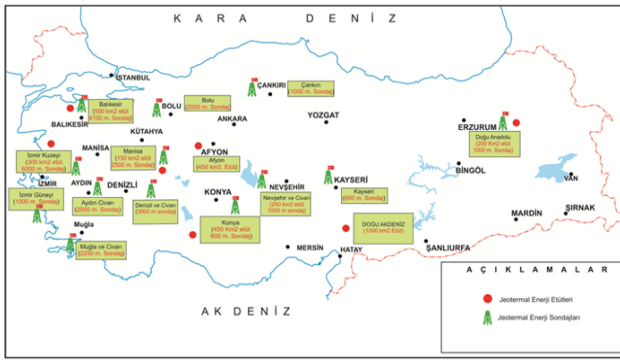
lik çalışmalar da yürütülmüş ve bu anlamda kil-tuz karışımı sistemlerde ve su tanklarında enerji depolanmasına yönelik araştırmalar yapılmıştır [17].

#### 5 Jeotermal Enerji ve Türkiye'nin Potansiyeli

Ülkemiz için önemli olan yenilenebilir enerji kaynaklarından bir diğeri de jeotermal kaynaklarımızdır. Jeotermal kaynakların kullanılmasının temel amacı direkt ve dolaylı kullanımda toprağın ısıtılması, havanın ısıtılması şeklindedir. Jeotermal bölgede derinlikle sıcaklık artmaktadır (30°C/km) ancak sıcak kaynak sondajlanarak yüzeye çekilebilmektedir. Jeotermal enerjide "0" karbon emisyonu oluşmaktadır. Ayrıca bu enerjiden 24 saat boyunca faydalanılabilmektedir. Yüksek enerjili kaynaklarda sıcaklık 150°C'leri geçebilmektedir, bu kısım daha çok elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Bunun yanında 90-150°C arasındaki orta seviye ve 90°C altı düşük enerjili sistemler ise doğrudan ısıtma, soğutma, su kültürü oluşturma ve balıkçılıkta kullanılabilir. Yüksek enerjili kaynakların çoklu amaçlı kullanımı oldukça verimli olabilmektedir. Düşük enerjili kaynaklar elektrik üretiminde verimsiz oldukları için genelde değerlendirilmez ve atık olarak kabul edilir. Bu tip kaynaklar ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılabilir. Özellikle soğutma amacıyla yapılan uygulamalarda jeotermal enerji su ve amonyak karışımı Kalina döngüsüne dayanan sistemlerde kullanılabilirken 170°C'den yüksek sistemlerde ise ORC (Organik Rankin Çevrimi) sistemler daha verimli olmaktadır [18].

Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA)'nın raporuna göre Türkiye'de doğal sıcak su ve mineralli su kaynaklarının 1000 dolayında olduğu belirtilmektedir. Türkiye, jeolojik konumuna bağlı olarak jeotermal kaynaklar açısından oldukça zengindir. Bu durumun oluşmasında genç tektonik evreden kaynaklanan yapısı ve volkanik faaliyetler etkili olmuştur. Geçen 45 yıl içerisinde yapılan araştırmalar sonucunda 31.500 MW termal potansiyeli olan Türkiye'de 190 adet jeotermal alan tespit edilmiştir. Jeotermal alanların dağılımı ise Batı Anadolu, Orta Anadolu, Marmara ve Doğu Anadolu Bölgeleri ve diğer bölgeler için sırasıyla %79, %8.5, %7.5, %4.5 ve %0.5 olarak belirlenmiştir. Bu kaynakların %6'luk kısmı yüksek sıcaklıkta kaynaklardır ve doğrudan elektrik üretimine uygundur. Geri kalan %94'lük

kısım ise orta ve düşük seviyede sıcaklıklı kaynaklardır ve bu kaynaklar da ısıtma, termal turizm gibi alanlarda doğrudan ya da dolaylı olarak kullanılabilir. Ülkemizde yapılan jeotermal arama çalışmaları Şekil 3'de verilmektedir. Avrupa birliği projeleri kapsamında (LCE-07-2016-2017) jeotermal enerjinin de yüksek verimlilikte değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Bu amaçla özellikle düşük ve orta enerjili jeotermal enerjinin ısıtma ve soğutma sistemlerinde ekonomik ve yaygınlaştırılabilir kullanımına imkan verecek çalışmalar kapsamında verimli materyal ve tasarımlar desteklenecektir [1].



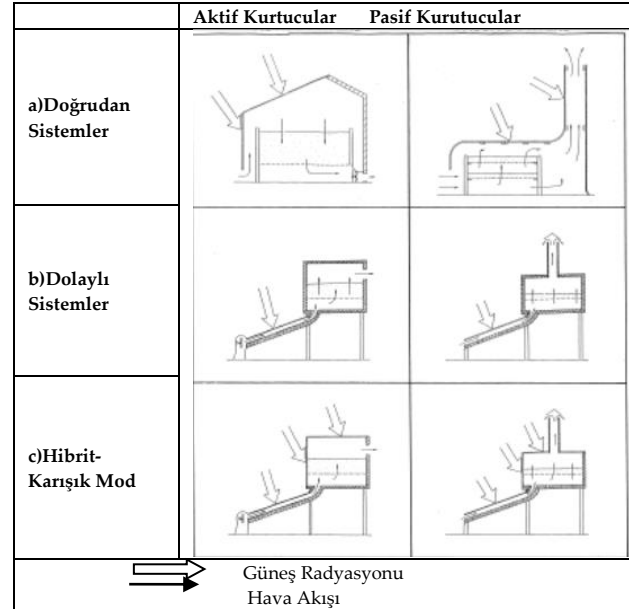
Şekil 3. Türkiye'de jeotermal enerji kaynaklarını araştırıldığı bölgeler

## 6 Yenilenebilir Enerji Kaynakları'nın Gıda Kurutma Sistemlerinde Kullanılması

Yoğunlaştırılmış güneş enerjisinin gıda alanında en geniş kullanım alanı bulabileceği proses kurutmadır. Burada güneşte kurutma işleminin klasik yöntemde (sergilerde) karşılaşılan dezavantajlarını ortadan kaldırırken enerji sarfiyatını minimuma indirmek hedeflenmektedir. Güneş enerjisinin kullanıldığı kapalı kurutucu sistemlerin geleneksel (doğal) kurutma sistemlerine kıyasla sağladığı avantajlar; ürünün kirletenlere ve zararlılara karşı korunması, yağmur ve benzeri olumsuz dış faktörlerin önüne geçilmesi, homojen sıcaklık ve nem dağılımı sağlanması, sıcaklıkta istenilen en uygun maksimum seviyeye çıkabilmesi, hava giriş ve çıkışının kontrolü şeklinde sıralanabilmektedir. Güneş enerjisinin kullanıldığı kurutucularda güneşin radyasyon etkisi doğrudan kullanılabilir veya güneş enerjisi ile ısıtılan havanın doğal veya zorlamalı konveksiyonla ısıtıldıktan sonra sisteme verilmesi sağlanabilmektedir. Bu sistemlerde güneş ışınımının yanı sıra dış hava sıcak-

lığı bağıl nem ve hava dolaşımı da göz önüne alınarak kontrollü bir ortamda kurutma yapılmaktadır. Kurutucular yalnız başlarına kullanılabildikleri gibi hibrit sistemlere entegre edilerek örneğin fosil yakıtlı sistemlerle birlikte de kullanılabilir. Güneş enerjisinin kullanıldığı kurutucu sistemler ana hatları ile iki ana başlık altında toplanabilmektedir. Bunlar; pasif kurutmalı sistemler (doğal konveksiyonlu) ve aktif kurutmalı sistemler (çoğunlukla hibrit sistemler) şeklinde olup hem aktif hem pasif kurutucu sistemler ise üç ana başlık altında incelenebilmektedir, bunlar ise; doğrudan, dolaylı ve hibrit sistemlerdir (Şekil 4) [11,13].

Tüm dünyada ve özellikle ülkemizde yüksek hacimli üretimi olan ve önemli ticari değere sahip çekirdeksiz kuru üzümün üretilmesinde sergi, gölge yada mekanik kurutma sistemleri kullanılmaktadır. Yüzeyinde mumsu zarı ve içindeki pulplu yapısıyla üzümler kurutulması kompleks gıdalardır. Yüzeydeki zar nem geçiş hızına etki etmektedir. Bu sebeple mekanik ve kimyasal uygulamalar yapılarak bu direnç kırılmaktadır. Sıcak suya daldırma veya sülfür kostik gibi uygulamalar yapılmaktadır.



Şekil 4. Tipik Kurutucu Tasarımları

Kurutma süresince meyve yapısında değişimler oluşmaktadır. Su kaybı ile yumuşaklık kaybolmaktadır. Ayrıca rehidrasyon "yeniden nemlenme" niteliğinde değişiklikler son ürün kalitesini belirlemede

önemlidir. Üzümlerin güneş enerjisi ile kurutulmasında kullanılan yöntemler sergide kurutmaya alternatif olarak doğal konvektif solar kurutucularda ve tünel sera tipi kurutucularda denemeler yapılmıştır. Tünel tipi sistemlerin doğal konveksiyona göre süre açısından daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir ancak bu uygulamalarda ise güneşin üründe yarattığı renk oluşumu gibi olumlu etkilerden faydalanmak mümkün olamamaktadır. Bu sebeple hibrit (PV ve termal) sistemler üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Üzüm ve incirin güneş enerjisiyle kurutulduğu sistemlerde son ürün kalite kriterleri; C vitamini, renk ve doku olarak tespit edilmiştir. Doğrudan ve dolaylı sistem güneş enerjili kurutucularda sergide kurutmaya göre rengin daha uygun olduğu, dokunun daha kabul edilebilir olduğu bulunmuş ancak oksidasyona bağlı olarak C vitamininde daha fazla kayıp olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında güneş enerjili kurutucularda üzüm kuruma süresinin, uygulanan ön işlemler ve sistemin gelişmişlik düzeyi de dikkate alındığında sergide kurutma süresi olan 31 günden 5-8 saate indirilebildiği tespit edilmiştir [11,17,20]. Genel anlamda özellikle sera tipi kurutucularda solar radyasyon kurutucu sisteme şeffaf yüzeyden giriş yapar ve kurutucudaki gıdaya ulaşır. Gıdaya ulaşan ışınlar uzun dalga boylu oldukları için gıda içinde hapsolürler ve gıdayı ısıtırlar. Meteorolojik koşullar cihaz tasarımına bağlı olarak sıcaklık, nem ve hava hızını etkileyebilmektedir.

Güneş enerjisi ile ilgili sistemlerdeki en önemli sorun solar radyasyonun meteorolojik koşullardaki değişimlerden günlük aydınlanma süresinden, sezondan ve mevsimden etkilenmesidir. Bu sebeple hibrit solar sistemler daha çok ilgi görmektedir.

## 7 Sonuç

Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi ve jeotermal enerji gıda kurutma işlemi açısından ülkemizde önemli bir potansiyele sahiptir. Bu konuda yapılacak araştırmalar kuru üzüm üretimi sırasında oluşan kalite kayıplarını en aza indirmek ve enerji maliyetlerini azaltmak için üreticiye önemli katkı sağlar niteliktedir.

## 8 Referanslar

- [1] European Commission. Horizon 2020: International cooperation opportunities in the work programme 2016-2017. Luxembourg: Publications Office. 2016
- [2] TUIK. Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim İstatistikleri. 2014
- [3] Koç, C. Seedless Dried Grapes / Sultanas Production and Processing. Aegean Dried Fruits Exporters Exporters Associatio, 2015.
- [4] Codex General Standard for Table Grapes Online Database. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2007.
- [5] Mutlu, A. Tokat' ta Güneş Enerjili Rafli Kurutucu İle Domates Kurutma Koşullarının Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, 2008.
- [6] Ratti, C. Hot air and freeze-drying of high-valuefoods: A review. Journal of Food Engineering. 2001; 49, 311–319.
- [7] Yaldiz, O.; Ertekin, C.; Uzun, H.I. Mathematical modeling of thinlayer solar drying of sultana grapes. Energy. 2001; 26, 457–465.
- [8] Ramos, I.N.; Brandão, T.R.S.; Silva, C.L.M. Simulation of solar drying of grapes using an integrated heat and mass transfer model. Renewable Energy. 2015; 81, 896–902.
- [9] Sontakke, M.S.; Salve, S.P. Solar Drying Technologies: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2012; 16, 2652–2670.
- [10] Fudholi, A.; Sopian, K.; Ruslan, M.H.; Alghoul, M.A.; Sulaiman, M.Y. Review of solar dryers for agricultural and marine products. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2010; 14, 1–30.
- [11] Hii, C.L.; Jangam, S. V.; Ong, S.P.; Mujumdar, A. S. Solar Drying: Fundamentals, Applications and Innovations. Singapur, 2012, pp 176.
- [12] EWG. Expert Working Groups Strategic Energy Technology Plan Study on Energy Education and Training in Europe. 2014.
- [13] DEK-TMK. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi. Dünya'da ve Türkiye'de Güneş Enerjisi. 2009.
- [14] Ghaffour, N.; Bundschuh, J.; Mahmoudi, H.; Goosen, M.F.A. Renewable energy-driven desalination technology.

gies: A comprehensive review on challenges and potential applications of integrated systems. *Desalination*. 2015; 356, 94–114.

[15] Kautto, N.; Jäger-waldau, A. *Renewable Energy Snapshots*. JRC Scientific and Technical Reports, 2009.

[16] Ruiz, P. *European Research on Concentrated Solar Thermal Energy*. Directorate-General for Research, 2004. *Sustainable Energy Systems*

[17] Vijaya, V. R. S.; Iniyar, S.; Goic, R. A review of solar drying technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2012; 16, 2652–2670.

[18] Abbas, T.; Ahmed Bazmi, A.; Waheed Bhutto, A.; Zahedi, G. Greener energy: Issues and challenges for Pakistan-geothermal energy prospective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014; 31, 258–269.

[19] Barlev, D.; Vidu, R.; Stroeve, P. Innovation in concentrated solar power. *Solar Energy Materials & Solar Cells*. 2011; 95, 2703–2725.

[20] Jairaj, K.S.; Singh, S.P.; Srikant, K. A review of solar dryers developed for grape drying. *Solar Energy*. 2009; 83, 1698–1712.