

Güneş Bacası Sera Örtüsü Alanında Sason Çileğinin Kurutma Performansının İncelenmesi

Hakan Karakaya^{1*}, Aytaç Çetinbaş²

¹Batman Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Batman, Türkiye

²Antalya Milli Eğitim Müdürlüğü, Antalya, Türkiye

* hakan.karakaya@batman.edu.tr , ayt_ctb@hotmail.com 

Makale gönderme tarihi: 25.08.2023, Makale kabul tarihi: 24.11.2023

Öz

Güneş enerjisinden faydalanma yöntemlerini temelde ısı uygulamalar ve elektrik üretimi olarak iki kategoriye ayırmak mümkündür. Her iki kategoriye de kapsayan önemli bir uygulama şekli ise Güneş bacalarıdır. Güneş bacaların esas kullanım amacı elektrik üretimi olmasına karşın atıl durumda olan örtü alanlarında kurutma yapılabilirliği düşünülmektedir. Kurutma bir ürün içerisinde bulunan nemin üründen ayrıştırılması işlemi olarak tanımlanmaktadır. Kurutma işlemi ürün içerisindeki suyun uzaklaştırılarak üründeki su seviyesinin belirli bir seviyede tutulması amaçlanmakta, bu şekilde ürünün çürümesine, bozulmasına neden olan mikroorganizmaların üremesi engellenerek ürünün raf ömrünün uzatılması sağlanır. Ayrıca üründeki kütle kaybı nedeniyle taşıma, depolama kolaylığı sağlar.

Bu çalışmada Güneş bacasında elektrik üretiminin yanı sıra atıl halde bulunan sera örtü alanlarının kurutma işlemi için ideal bir ortam olduğunu göstermek hedeflenmiştir. Güneş bacasında elektrik üretimi yapılırken atıl durumdaki sera örtü alanında belirli kalınlıklarda (3mm, 5mm,7mm) ve belirli bölgelere (4 yönde 12 farklı noktada) yerleştirilmiş çilek örneklerinin kurutulması gerçekleştirilmiştir. Kurutma deneylerinde kurutma noktalarındaki hava sıcaklığı, hava hızı, kuruma zamanı, kütle değişimleri, nem oranları, dış ortam sıcaklığı ve anlık güneş ışınımı ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler sonucu elde edilen verilerle sıcaklık-zaman, güneş ışınımı-zaman, kuruma hava hızı-zaman, kütle değişimi – kuruma zamanı, yüzde nem içeriği – kuruma zamanı, nem oranı (MR) – kuruma zamanı, nem içeriği – kuruma zamanı, kuruma hızı – kuruma zamanı, kuruma hızı – nem oranı grafikleri elde edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda atıl halde bulunan sera örtü alanının kurutma işlemi için elverişli olduğu görülmüş, ayrıca kurutma işlemi için en ideal yönün Güney yönü olduğu ve kurutma için en uygun bölgenin baca giriş bölgesi olduğu tespit edilmiştir. Güneş bacasında yapılan kurutma işleminin süresinin güneşte (doğal) kurutma süresine göre yaklaşık % 58.6 daha kısa olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş Bacası, güneş enerjisi, kurutma, Sason Çileği, yenilenebilir enerji.

Sason Strawberry in Solar Chimney Greenhouse Cover Field Analysis of Drying Performance

Abstract

The methods of utilizing solar energy can be basically divided into two categories as thermal applications and electricity generation. An important form of application covering both categories is solar chimneys. Although the main use of solar chimneys is electricity generation, drying feasibility is deducted in the inactive cover areas. Drying is defined as the process of separating the moisture contained in a product from the product. The drying process aims to keep the water level in the product at a certain level by removing the water in the product, thus prolonging the shelf life of the product by preventing the growth of microorganisms that cause the product to rot. In addition, it provides ease of transportation and storage due to the loss of mass in the product.

In this study, it is aimed to show that in addition to electricity production in the solar chimney, idle greenhouse cover areas are an ideal environment for the drying process. While electricity is being produced in the solar chimney, the strawberry samples placed in certain thicknesses (3mm, 5mm,7mm) and in certain regions (12 different points in 4 directions) were dried in the idle greenhouse cover area. In the drying experiments, air temperature, air velocity, drying time, mass changes, humidity ratios, outdoor temperature and instantaneous solar radiation measurements were made at the drying points. Temperature-time, solar radiation-time, drying air velocity-time, mass change - drying time, percent moisture content - drying time, humidity rate (MR) - drying time, moisture content - drying time, drying speed with the

data obtained as a result of the measurements. – drying time, drying rate – humidity rate graphics were obtained. As a result of the study, it was seen that the idle greenhouse cover area was suitable for the drying process, and it was determined that the most ideal direction for the drying process was the South direction and the most suitable area for drying was the chimney entrance area. It has been determined that the drying time in the solar chimney is approximately 58.6% shorter than the (natural) drying time in the sun.

Keywords: Solar chimney, solar energy, drying, Sason Strawberry, renewable energy.

GİRİŞ

Güneş bacaları, sera örtüsü altında ısınan havanın yükselerek baca içerisindeki türbinin döndürülmesi ile elektrik enerjisi üreten yenilenebilir enerji sistemlerine bir örnektir (Schlaich, 2005). Güneş bacalarının sera örtü alanları herhangi bir amaç için kullanılmamaktadır. Güneş bacalarının karakteristik yapılarından dolayı sera örtü alanları çevrelerine göre daha sıcak olmaktadır. Bu nedenle Güneş bacalarında elektrik üretiminin yanında sera örtü alanlarındaki ısı enerjisi kullanılarak tarım ürünlerinin kurutulması gerçekleştirilebilir.

Kurutma, maddelerin içerisinde bulunan suyun uzaklaştırılması olarak tanımlanabilir. Madde içerisinde bulunan su, mikroorganizmaların çoğalmasını sağladığından maddelerin çabuk bozulmasına, raf ömrünün ve dayanıklılığının kısılmasına neden olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı tarım ürünlerindeki nemin belirli bir seviyede tutulması amaçlanır. Ayrıca maddelerdeki su miktarının azalması ile birlikte maddenin ağırlığındaki azalmadan dolayı taşıma kolaylığı sağlamaktadır. Kurutulan ürün sayısındaki artış ve kurutma teknolojilerinin gelişmesi ile her türlü maddenin kurutulabilir hale gelmesi kurutma sektörünün oluşmasını sağlamıştır. Kurutma işleminin yapıldığı ortamın fiziksel koşulları ve kurutulan ürün özelliklerine bağlı olarak pek çok farklı kurutma yöntemleri geliştirilmiştir. Kurutma yöntemlerinin en önemli gideri ise enerji maliyetleridir. Bu nedenle enerji maliyetlerinin azaltılması için Güneş enerjili kurutma sistemleri yaygınlaşmıştır. Güneş enerjili kurutma sistemleri enerji maliyetlerinin ve yatırım maliyetlerinin düşük olması gibi avantajlarından dolayı diğer kurutma yöntemlerinden ayrılırlar (Yağcıoğlu, 1999).

Araştırmacılar çilek ve tarım ürünlerinin kurutulmasında güneş enerjili sistemlerin yanında birçok farklı kurutma yöntemi ile ilgili çalışmalar yapmıştır.

Johnson ve Al Mukhaini (2016), deneysel çalışmalarında laboratuvar ölçekli tepsili kurutucuda kurutma işlemine tabi tuttukları çilek ve şeftali

örnekleri için farklı kurutma sıcaklık ve hava hızlarında en uygun modelin Page modelinin olduğunu belirtmişlerdir.

Yoğurtçu (2016) halojen kurutma metodu ile haşlanmamış buğdayın kurutma parametrelerini incelemiştir. Farklı sıcaklıklarda yapılan deneylerin haşlanmış buğdayın kuruma verilerine olan etkisi belirlenmiştir. Yapılan çalışmada Weibull Distribution modelin kuruma eğrilerine en yakın model olduğu belirlenmiştir.

Adak ve ark. (2017), kızılötesi kurutma işleminde farklı kurutma koşullarında çileğin özelliklerindeki değişimler ve çilek kurutulması için en uygun koşullarını tespit etmeye çalışmışlardır. Çalışmaları sonucunda 200W, 100°C sıcaklık ve 1.5 m/s hava hızında çilek örneklerinin besin değerlerinin en iyi olduğunu tespit etmişlerdir.

Amami ve ark. (2017), ultrasonik osmotik dehidrasyon işlemine tabi tuttukları çilek örneklerinin kurutma performanslarını BBD (Box-Behnken tasarımı) ile araştırmışlardır. Araştırma sonucunda su kaybı ve ağırlık azaltma değerleri verilerini kullanarak kriter sayısı fazla olan bir optimizasyon oluşturmuşlardır.

Can (2017), püskürtmeli kurutma koşullarında tepki yüzey metotlarını kullanarak çilek ve yaban mersini özlerini kurutmuştur. Çalışması neticesinde meyve tozu üretiminde en önemli değişkenin özkütle değişiminin olduğunu, çilek tozu üretiminde verimliliğin % 72.62 olarak gerçekleştiğini tespit etmiştir.

Prosapio ve Norton (2017), kurutma işlemi öncesinde uygulanan osmotik rehidrasyon işleminin ETÜV ve dondurarak kurutma işlem verimliliğine etkisini çilek örneklerini kullanarak incelemiştir. Çalışmaları neticesinde ön işlemin çilek örneklerinin özelliklerinin korunmasını sağladığı ve kurutma süresini kısalttığını belirlemişlerdir.

Araştırmacılar kurutma amacıyla güneş enerjisi ile çalışan birçok farklı kollektör tasarımı gerçekleştirmiştir (Gülçimen, 2008; Bilgiç, 2014; Bayrak, 2021). Yapılan tasarımlar ile kollektörlerin

Research article/Araştırma makalesi
DOI:10.29132/ijpas.1349680

ısl verimlerinin artması sağlanarak tarımsal ürünlerin kurutulmasında güneş enerjili kurutucuların kullanımı yaygınlaşmıştır.

Cankurtaran (2018), tasarladığı Güneş enerjili kurutma düzeneğinde 3 mm kalınlıktaki çilek örneklerinin kurutma özelliklerini incelemiştir. Kurutma deneylerinde 51°C sıcaklıkta çileklerin kuruma sürelerinin 6-8 saat olarak belirlemiş ve tasarladığı kurutma sisteminin çilek örneklerinin kalitesine olumlu bir yönde etkisi olduğu tespit etmiştir.

Çakmak (2019), çilek kurutulması için en uygun kurutma yöntemini tespit etmek için çalışma yapmıştır. Çalışması sonucunda kurutma süreleri baz alındığında laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 70°C' de 4.5 saat ile en kısa sürede kurduğunu ve doğal kurutmada bu sürenin 52 saat olduğunu tespit etmiştir.

Demir (2021), farklı büyüklükteki taş ve metal parçalarından oluşan enerji depolamalı bir Güneş enerjili kurutma sisteminde çilek örneklerinin kurutma performansını araştırmıştır. Farklı fan hızlarında yaptığı deneyler sonucunda 1.5 m/s hava hızında çilek örneklerinin 31 saatte kurduğunu tespit etmiştir.

Jiahui Jiang ve arkadaşları (2021), çilek örneklerinin özelliklerini çeşitli güçte mikrodalga kurutucusunda kurularak karşılaştırmışlardır. Çalışmaları sonucunda USOD(Ultrasonik Ozmotik Dehidrasyon) işleminin düşük şeker oranına sahip çilekler için elverişli olduğunu, bu işlemin mikrodalga ile kurutma işlem süresini %45 civarında azalttığını ve kurutma oranını artırdığını belirlemişlerdir.

Fauzi (2020), çalışmasında 2m baca yüksekliğine ve 4.05m² kolektör alanına sahip güneş bacası prototipini kullanarak şeftali ve muz meyvelerinin kurutulması için en uygun matematiksel modelin seçilmesi üzerine çalışma yapmıştır. Doğrusal olmayan regrasyon çalışması neticesinde muz örnekleri için en uygun modelin Midilli ve Küçük modelinin, şeftali örneklerinin kurutulması için en uygun modelin Verma ve ark. Modeli olduğunu tespit etmiştir.

Chueaprasat ve ark. (2020), yaptıkları çalışmalarında Güneş bacası ile tarım ürünlerinin kurutulmasını incelemiş ve nem giderme oranına bağlı bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri modelin deneysel sonuçlar ile uyumlu

olduğunu ve özel bir kurutma kapasitesi tasarımında kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada ise Güneş bacası sera örtü alanında farklı boyutlarda dilimlenmiş çilek örnekleri kurularak Güneş bacası sera örtü alanlarının tarım ürünlerinin kurutulması açısından uygunluğu irdelenmiştir. Aynı zamanda Güneş bacası sera örtüsü altındaki kurutma işlemi ile doğal kurutma performansları karşılaştırılmıştır ve sera örtü alanında en ideal kurutma bölgesi araştırılmıştır (Çetinbaş, 2022).

MATERYAL VE YÖNTEM

Deneysel çalışma Batman Üniversitesi Batı Raman yerleşkesi içerisinde yer alan Güneş bacası prototipinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın gerçekleştirildiği Batman ili 41°10' - 41°40' doğu boylamları ile 38° 40' - 37° 50' kuzey enlemleri arasında yer alan, 550 m rakıma sahip bir şehirdir. Genel olarak yaz aylarının çok sıcak ve kurak geçtiği, karasal iklim özelliklerinin hüküm sürdüğü ve Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre de yarı kurak, 3. Derece mezotermal (D,B³,s,b²) olarak nitelendirilen iklim özelliklerine sahiptir (Anonim, 2022).

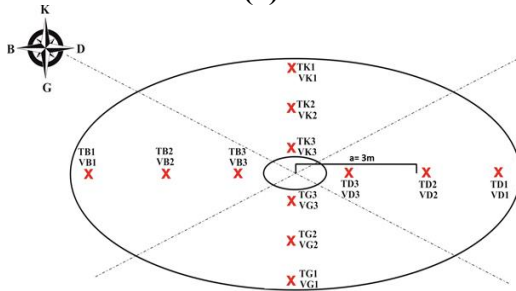
Deneyslerimizde Batman ilinin Sason ilçesine özgü olan ve 2018 yılında AB Coğrafi İşaret Tescil Belgesine sahip, nem oranı yaklaşık %89 olan Albion cinsi çilekler kullanılmıştır. Bu tür çilekler dayanıklı olması, taşıma ve depolama kolaylığı nedeniyle çokça tercih edilen ve yüksek rakımlı bölgelerde yetiştirilen bir çilek türüdür.

Deneysel Yöntem

Deneysel çalışma Şekil 1. (a) 'da gösterilen 105.68 m² kolektör alanına, 11.5 m baca uzunluğuna sahip Güneş bacası prototipi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Güneş bacası kolektör alanında kurutma işlemi gerçekleştirilmeden önce en ideal kurutma bölgesi seçimi için Güneş bacası kolektör alanı 4 farklı yöne ayrılmıştır. Ayrılan her yönde belirlenen ve Şekil 1. (b)'de gösterilen 12 farklı noktada 3mm, 5mm, 7mm kalınlıktaki çilek dilimleri ve bütün halde çilekler kurutulmuştur. Kurutma işlemleri boyunca belirlenen noktalarda kurutma hava sıcaklıkları, kurutma hava hızları, kurutulan çileklerin kütle değişimleri ve güneş radyasyonu ölçümleri yapılmıştır.



(a)



Üst Görünüş

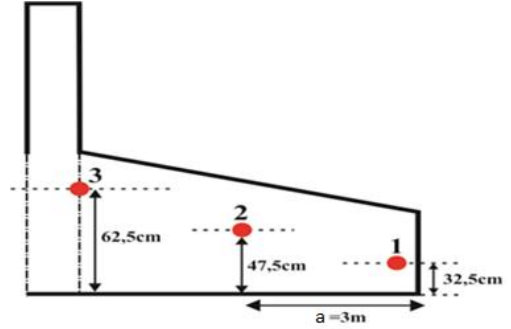
(b)

Şekil 1. (a): Çalışmanın yapıldığı Güneş Bacası
(b): Güneş bacası örtü alanında ölçüm alınan noktalar

Kurutma işleminde kullanılacak çilekler sabah erken saatlerde toplandıktan sonra sapsarından arındırılarak temizlenmiştir. Daha sonra temizlenen çilekler belirli kalınlıklarda (3mm, 5mm, 7mm) dilimlenmiş ve kurutma yapılacak olan her noktaya 1000gr çilek örnekleri Şekil 2.'de gösterildiği gibi konumlandırılmıştır. Kurutma işlemine etki eden en önemli etkenlerden biri olan kurutma hava hızından en iyi şekilde yararlanabilmek ve homojen kurumayı gerçekleştirebilmek için hazırlanan çilek örnekleri Şekil 2.'de gösterildiği gibi farklı yükseklikte konumlandırılmıştır. Ayrıca çilek örnekleri toz ya da böceklerden etkilenmemek ve homojen bir hava sirkülasyonu sağlamak amacıyla file üzerine bırakılmıştır.

Kurutma işlemleri Ağustos ayında 10.00-20.00 saatleri arasında global güneş radyasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu dört gün boyunca her kalınlıktaki çilek örnekleri için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık aynı boyutta bütün çilek örneklerinin kolektör alanında kurutulduğu gün aynı zamanda güneş bacasının yanında güneşte (doğal) kurutma da gerçekleştirilmiştir. Kurutma işlemleri boyunca her 30 dakikada bir alınan ölçümler

kaydedilmiştir. Kurutulan çilek örneklerinin kütleleri 110gr'a düştüğünde, kütle değişimleri neredeyse durma noktasına geldiğinden dolayı kurutma işlemleri sonlandırılmıştır.



Şekil 2. Çilek örneklerinin kolektör alanında konumlandırılması

Hesaplama Yöntemi

Kurutma işleminin temelinde kurutulacak ürün içerisindeki suyun uzaklaştırılması olduğundan ürün içerisindeki suyun yani nem miktarının değişimi önemlidir. Ürün içerisindeki nem içeriği hesaplama bağıntısı Eşitlik 1.'de, yüzdelik nem değişimi hesaplama bağıntısı ise Eşitlik 2.'de gösterilmiştir.

$$Nem İçeriği = (m_t - m_e) / m_e \quad (1)$$

$$Nem Değişimi(\%) = \frac{m_s}{m_{ilk}} \times 100 = \frac{m_t - m_e}{m_s + m_e} \times 100 \quad (2)$$

Kurutma deneylerinde hesaplanan başka bir parametrede nem oranı (MR)'dir. Nem oranı kurutulmuş ürün içerisinde belirli bir andaki nem miktarının kurutma ürününün başlangıç nem miktarına oranı olarak ifade edilir ve Eşitlik 3.'te gösterildiği gibi hesaplanır.

$$Nem Oranı (MR) = (m_t - m_e) / (m_{ilk} - m_e) \quad (3)$$

Denklemlerde m_{ilk} kurutulmuş ürünün ilk kütlelerini (kg), m_s kurutulmuş ürün içerisindeki su kütlelerini (kg), m_t herhangi bir t anındaki ürün kütlelerini (kg), m_e kuru ürün kütlelerini (kg) ifade etmektedir.

Kurutma işlemlerinde önemli bir gösterge olan kurutma hızı ürün içerisindeki nem miktarının uzaklaştırma hızı olarak tanımlanabilir ve Eşitlik 4.'te gösterildiği gibi hesaplanabilir.

$$\text{Kuruma Hızı} = (N_t - N_{t+\Delta t})/N_t \quad (4)$$

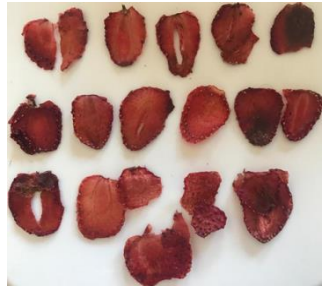
Kuruma hızı denkleminde N_t herhangi bir t anında ürünün kuru baza göre nem içeriğini ($\text{kg}_{\text{su}}/\text{kg}_{\text{kati}}$), $N_{t+\Delta t}$ ise belirli bir süre sonra yapılan ölçüm anında ürünün kuru baza göre nem içeriğini ($\text{kg}_{\text{su}}/\text{kg}_{\text{kati}}$) ifade etmektedir (Gülçimen, 2008).

BULGULAR VE İRDELEME

DeneySEL çalışma Batman ili iklim koşullarında kurulu olan ve ısı birikiminin artırılması amacıyla kolektör alanı siyah boya ile boyanmış, zeminden sıcak su geçirilen güneş bacası prototipinde gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kullanılan çilek örneklerinin nem miktarı %89 olarak belirlenmiştir. Kurutma deneylerinde kullanılan Sason çileklerinin kurutma öncesi ve kurutma sonrasına ait görseller Şekil 3.'de gösterilmiştir.



a



b



c

Şekil 3. (a) : Dilimlenmiş yaş çilek örnekleri
 (b) : Kurutulmuş çilek örnekleri
 (c) : Bütün halde Kurutulmuş çilek örnekleri

Sıcaklık ölçüm verileri incelendiğinde (Şekil 4.); -3 mm çilek örnekleri için yapılan deneylerde güneş bacası sera alanı sıcaklığının $27.3\text{ }^{\circ}\text{C} - 53.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ aralığında olduğu ve en yüksek sıcaklık noktası G3 noktasında sıcaklığın ortalama $49.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğu görülmüştür (Şekil 4.a).

-5 mm çilek örnekleri için yapılan deneylerde güneş bacası sera alanı sıcaklığının $28.2\text{ }^{\circ}\text{C} - 54.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ aralığında olduğu ve en yüksek sıcaklık noktası G3 noktasında sıcaklığın ortalama $50.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğu görülmüştür (Şekil 4.b).

-7 mm çilek örnekleri için yapılan deneylerde güneş bacası sera alanı sıcaklığının $27.9\text{ }^{\circ}\text{C} - 54.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ aralığında olduğu ve en yüksek sıcaklık noktası G3 noktasında sıcaklığın ortalama $49.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğu görülmüştür (Şekil 4.c).

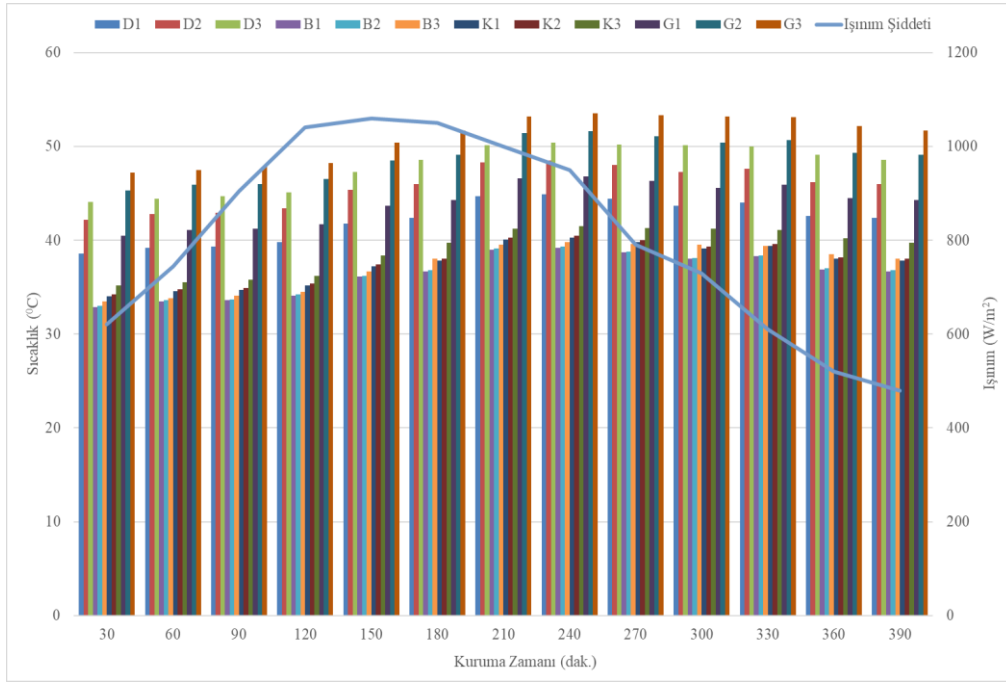
- Bütün haldeki çilek örnekleri için yapılan deneylerde güneş bacası sera alanı sıcaklığının $29.3\text{ }^{\circ}\text{C} - 55.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ aralığında olduğu ve en yüksek sıcaklık noktası G3 noktasında sıcaklığın ortalama $51.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğu görülmüştür (Şekil 4.d).

- Bütün haldeki çilek örneklerinin açık aynı günde açık alanda kurutulduğu doğal kurutmada hava sıcaklığının $11.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında değiştiği ortalama hava sıcaklığının ise $31.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ görülmüştür.

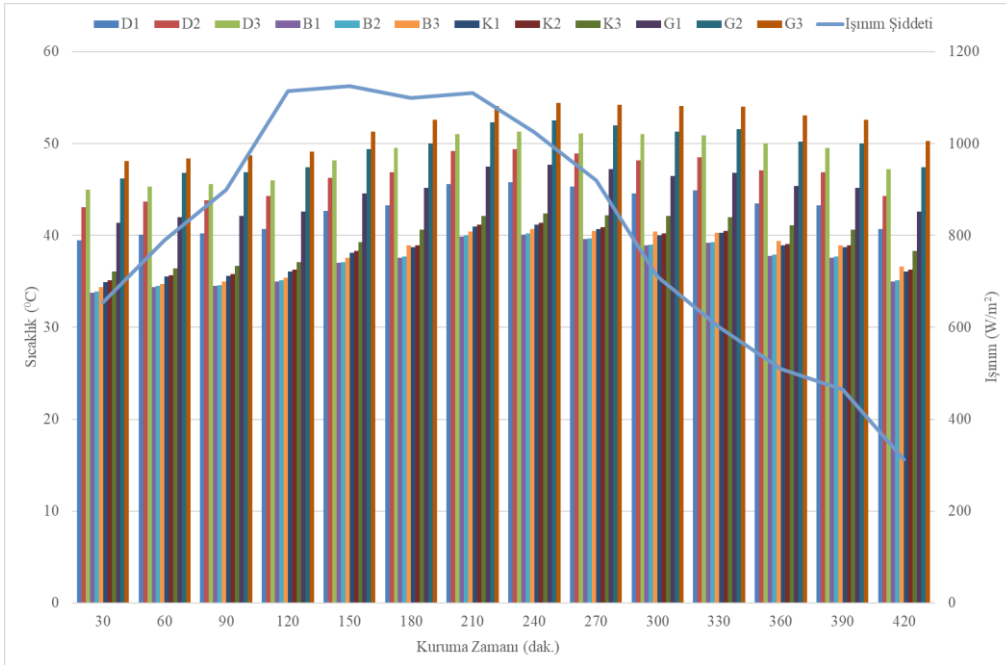
Ayrıca ışınım şiddeti değerlerinin sabah saatlerinde $620-1050\text{ Wm}^{-2}$ arasında değiştiği, öğle saatlerinde ise $1050-1165\text{ Wm}^{-2}$ ile en yüksek değerlere ulaştığı akşam saatlerinde ise güneş radyasyonunun azaldığı tespit edilmiştir.

Şekil 4.'te gösterilen grafiklerde kurutmanın gerçekleştiği zamanlarda en yüksek sıcaklık değerlerinin 210-360 dakikalar arasında olduğu ışınım değerinin en yüksek olduğu zaman aralığının ise 120-210 dakikalar arasında olduğu görülmektedir. Güneş ışınımının güneş bacası sisteminin kolektör alanına dahil olması zaman aldığından en yüksek ışınım ve sıcaklık zaman aralıklarının birbirinden farklı olmasına neden olmaktadır.

Research article/Araştırma makalesi
DOI:10.29132/ijpas.1349680

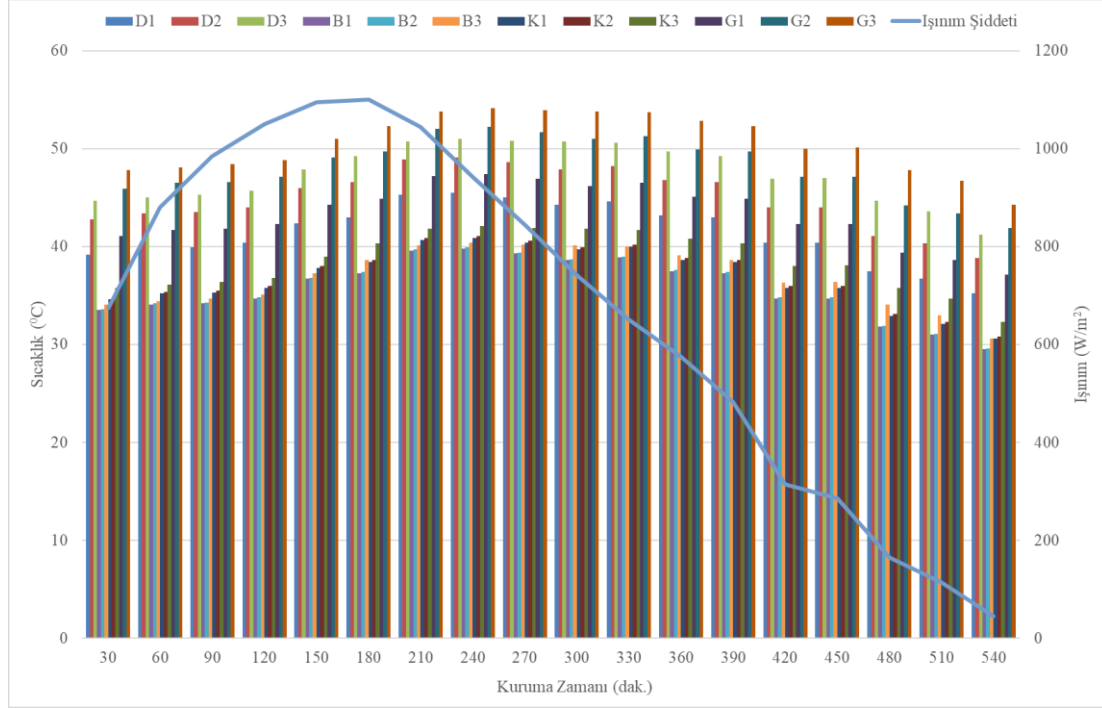


a

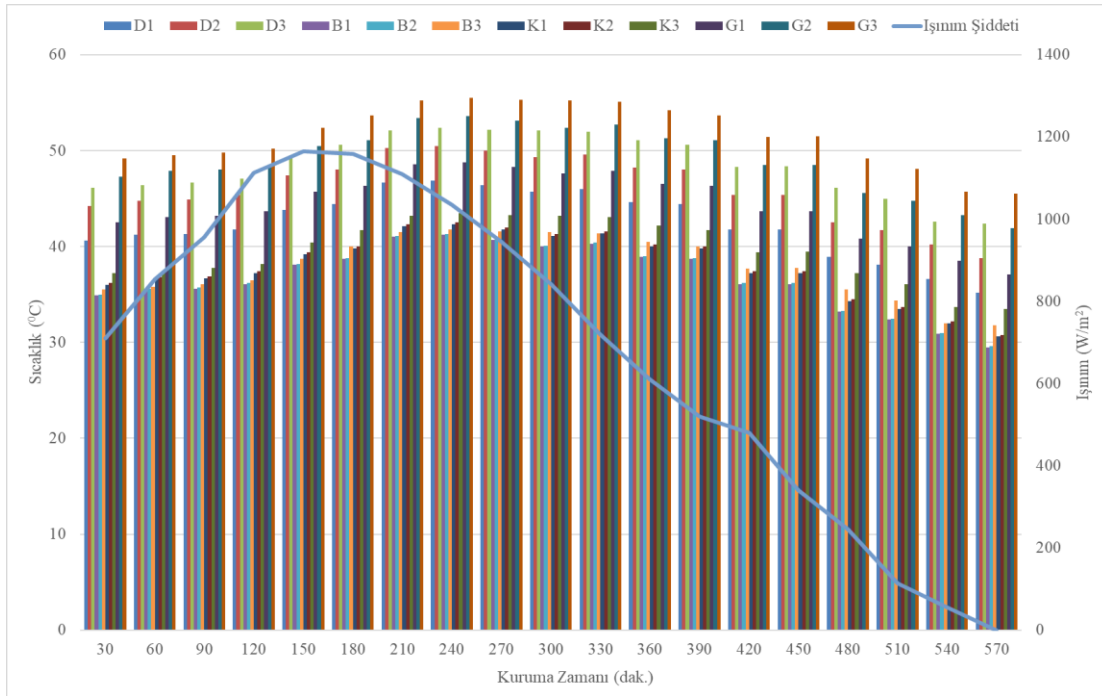


b

Research article/Araştırma makalesi
DOI:10.29132/ijpas.1349680



c

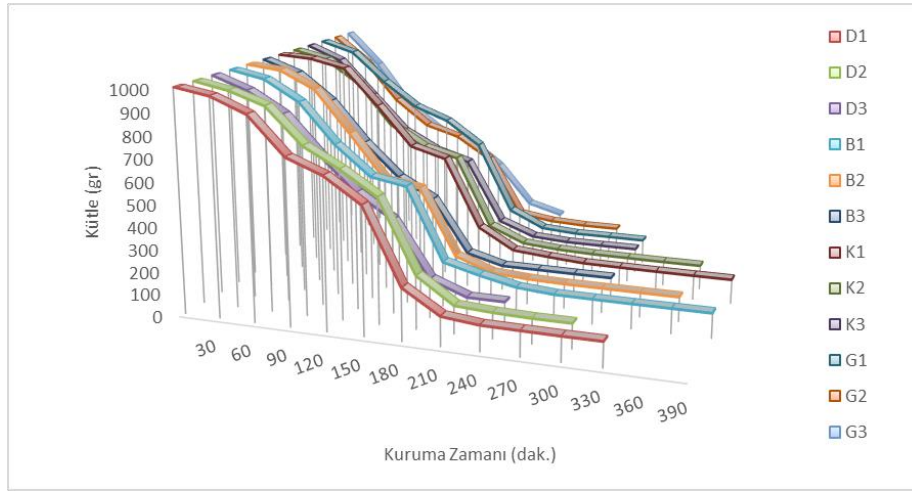


d

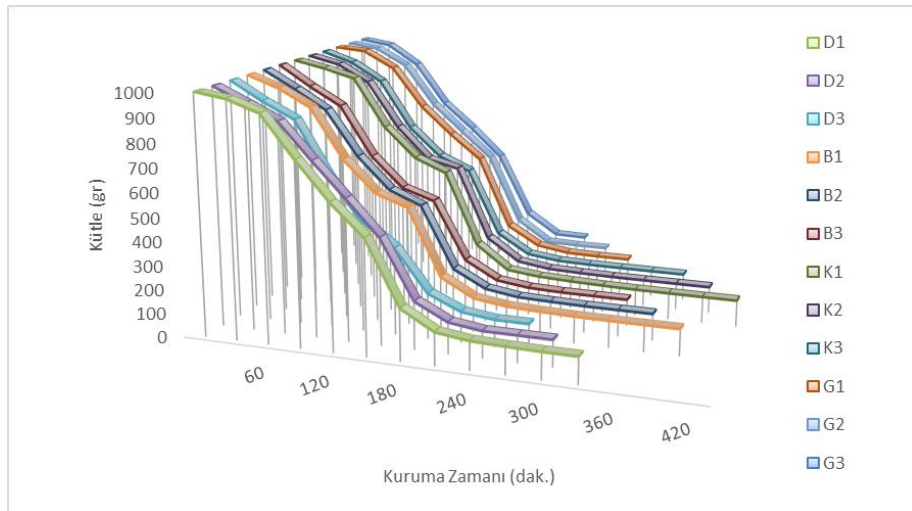
Şekil 4. Kurutma deneylerinin yapıldığı noktalara ait Sıcaklık- Kuruma zamanı grafiği

- (a): 3 mm çilek örneklerinin kurutulduğu durumda
 (b): 5 mm çilek örneklerinin kurutulduğu durumda
 (c): 7 mm çilek örneklerinin kurutulduğu durumda
 (d): Bütün çilek örneklerinin kurutulduğu durumda

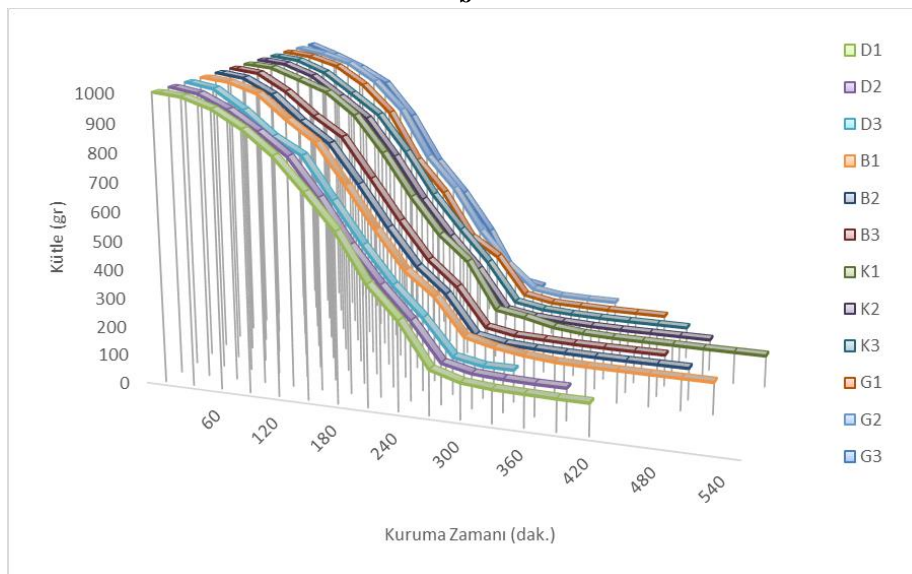
Research article/Araştırma makalesi
DOI:10.29132/ijpas.1349680



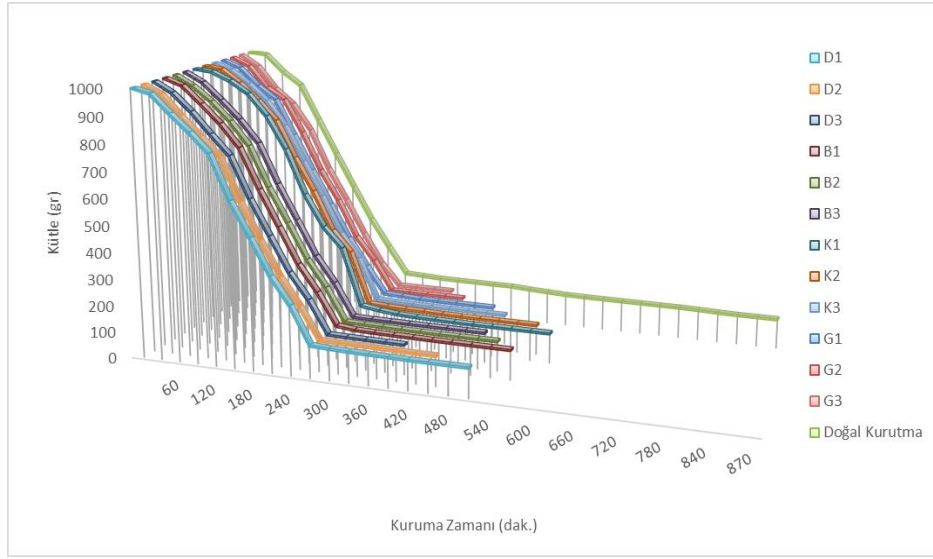
a



b



c



d

Şekil 5. Kurutulan çilek örneklerinin Kütle değişimi- Kuruma Zamanı grafikleri

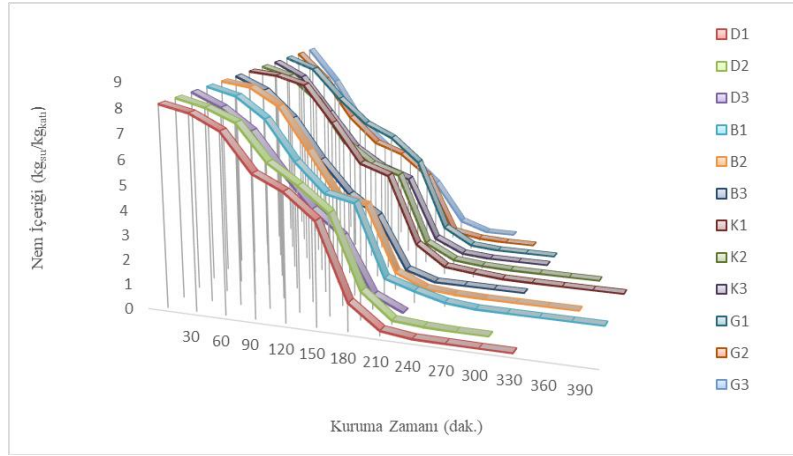
- (a):** 3 mm çilek örneklerinin kurutulduğu durumda
- (b):** 5 mm çilek örneklerinin kurutulduğu durumda
- (c):** 7 mm çilek örneklerinin kurutulduğu durumda
- (d):** Bütün çilek örneklerinin kurutulduğu durumda

Kurutma deneyleri çilek örneklerindeki kütle değişimlerinin durma noktasına geldiği ana kadar devam ettirilmiştir. Şekil 5.'te görüldüğü gibi 3 mm kalınlığındaki çilek örneklerinin kütle değişimleri 210. dakikaya kadar, 5 mm kalınlığındaki çilek örneklerinin kütle değişimleri 240. dakikaya kadar, 7 mm kalınlığındaki çilek örneklerinin kütle değişimleri 270. dakikaya kadar, bütün halde kurutulan çilek örneklerinin kütle değişimleri 300. dakikaya kadar hızlı bir şekilde azalırken bu dakikalardan sonra kurutma işleminin durma noktası olan 110 grama yaklaştıkça kütle değişimleri nispeten daha düşük bir değişim göstermiştir.

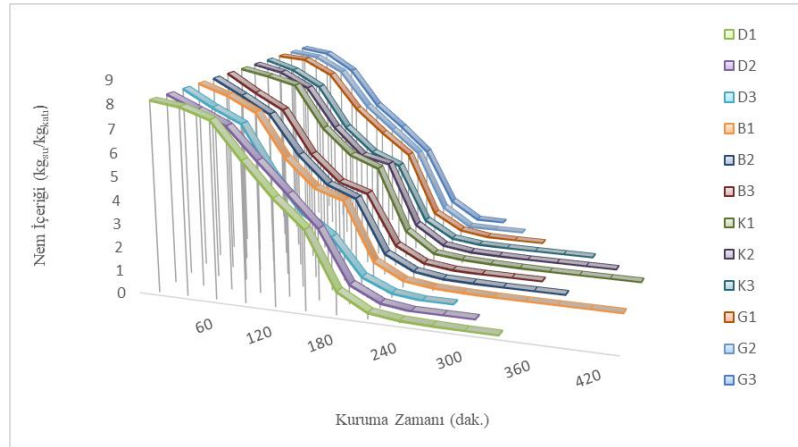
Tüm çilek örneklerinde (3mm, 5mm, 7mm ve bütün) yapılan deneylerde güney yönündeki baca giriş bölgesi kuruma zamanlarının daha düşük olduğu görülmüştür. Bütün noktalardaki kuruma zamanları Tablo 1.'de detaylı olarak verilmiştir.

Yaş çilek örneklerindeki nem içeriğinin kuru çilek örneklerindeki nem miktarına oranı 8.09 olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.'da görüldüğü gibi çilek örneklerindeki nem miktarı belirli bir zamana kadar sürekli azalmakta ve çilek örnekleri denge nemine ulaştıklarında ise nem içeriği sıfıra inmektedir.

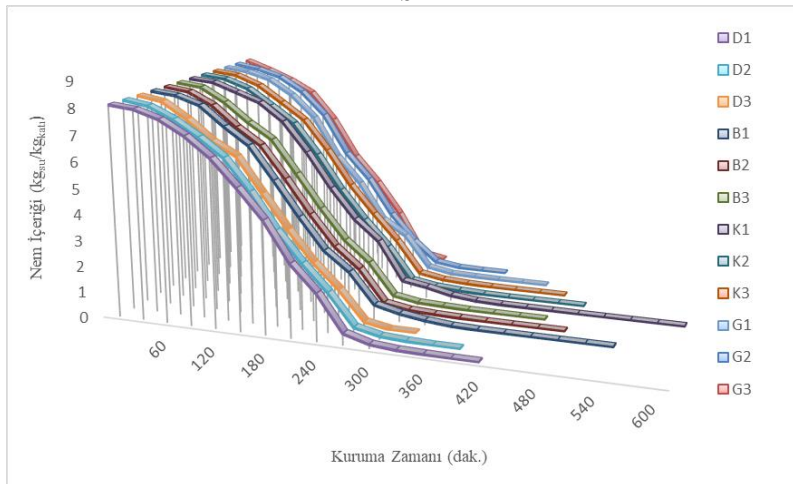
Research article/Araştırma makalesi
DOI:10.29132/ijpas.1349680



a

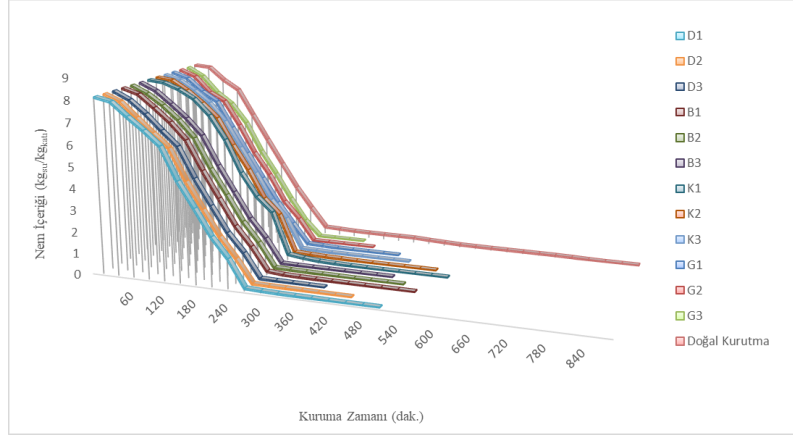


b



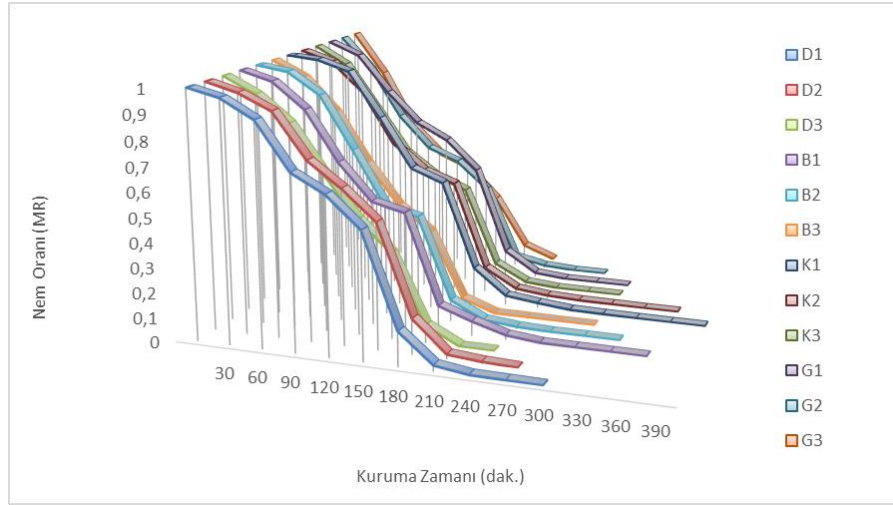
c

Research article/Araştırma makalesi
DOI:10.29132/ijpas.1349680



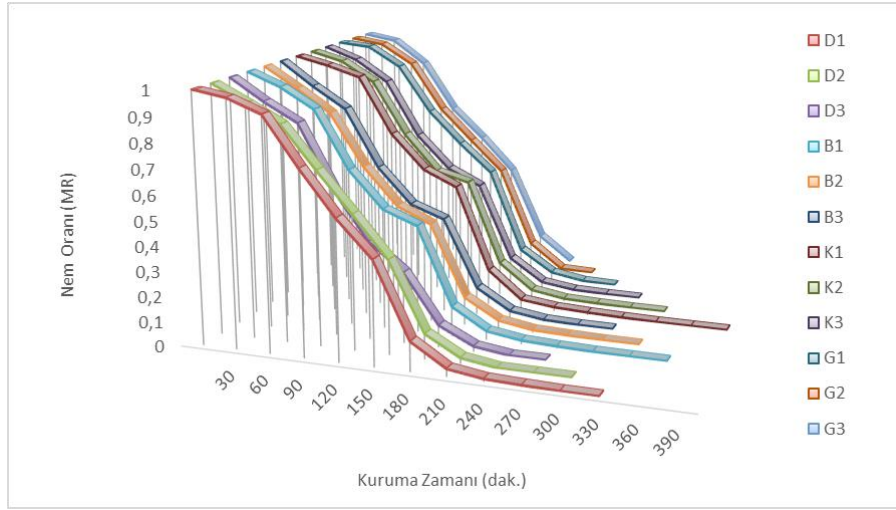
d

Şekil 6. Kurutulan çilek örneklerinin Nem İçeriği- Kuruma Zamanı grafikleri
(a): 3 mm çilek örneklerinin kurutulduğu durumda
(b): 5 mm çilek örneklerinin kurutulduğu durumda
(c): 7 mm çilek örneklerinin kurutulduğu durumda
(d): Bütün çilek örneklerinin kurutulduğu durumda

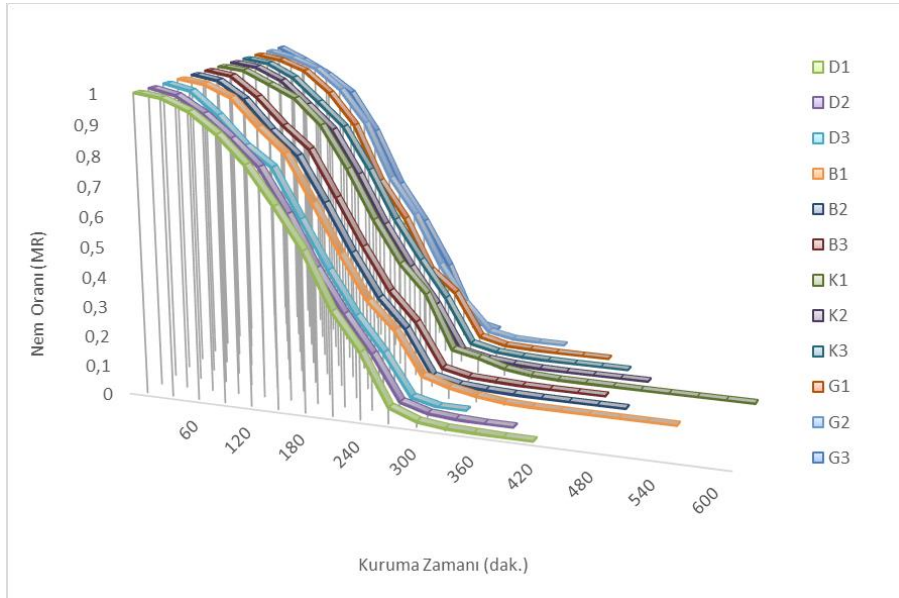


a

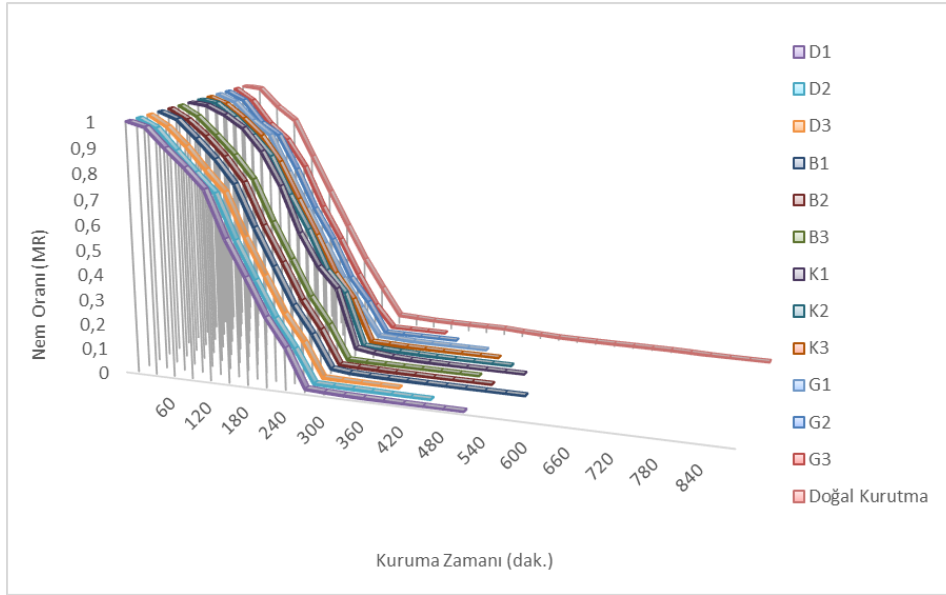
Research article/Araştırma makalesi
DOI:10.29132/ijpas.1349680



b



c



d

Şekil 7. Kurutulan çilek örneklerinin Nem Oranı (MR) - Kuruma Zamanı grafikleri

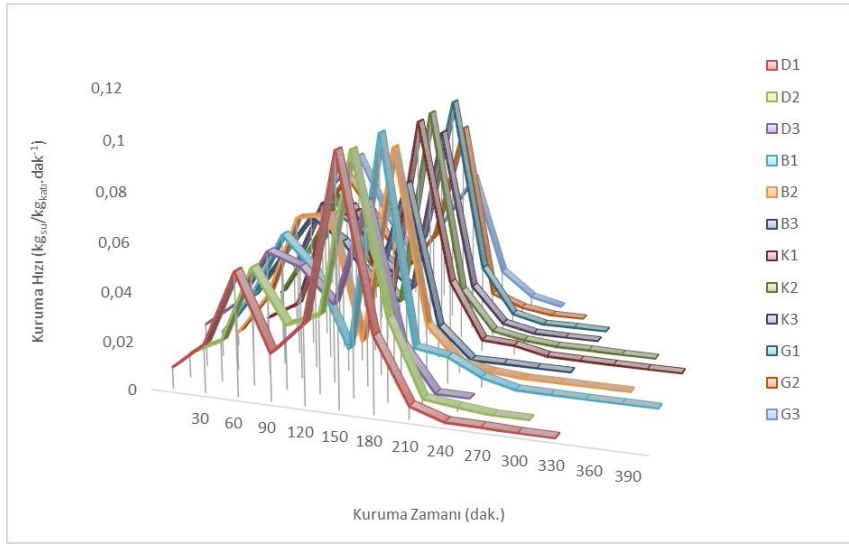
- (a): 3 mm çilek örneklerinin kurutulduğu durumda
(b): 5 mm çilek örneklerinin kurutulduğu durumda
(c): 7 mm çilek örneklerinin kurutulduğu durumda
(d): Bütün çilek örneklerinin kurutulduğu durumda

Boyutsuz bir kavram olan nem oranı (MR), kurutulan örneklerde herhangi bir andaki nem miktarının başlangıç nem miktarına oranlanmasıyla elde edilir. Şekil 7.'de de görüleceği üzere 3 mm kalınlıktaki örneklerde 180. dakika öncesinde, 5 mm kalınlıktaki örneklerde 210. dakika öncesinde, 7 mm kalınlıktaki örneklerde 270. dakika öncesinde, bütün şeklinde kurutulan çilek örneklerinde ise 270. dakika öncesinde nem oranı sürekli azalmakta, sonrasında ise MR değişiminin azaldığı görülmektedir.

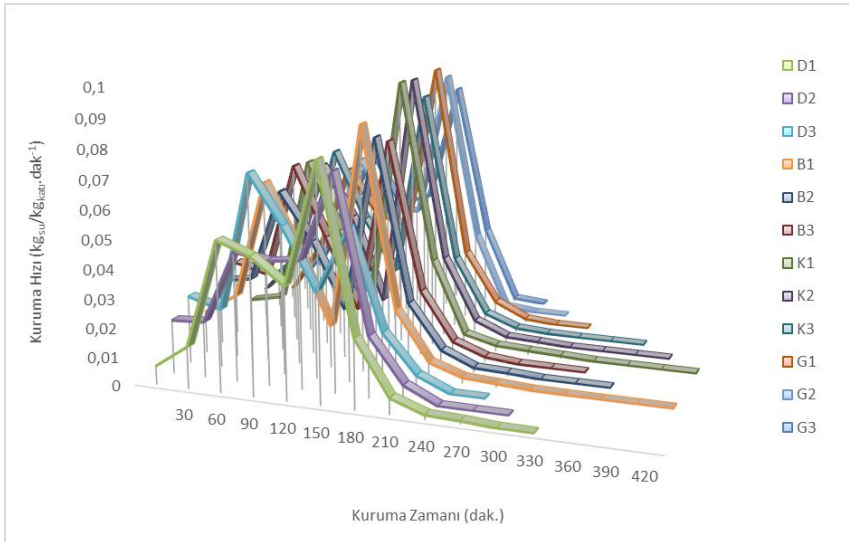
Ürünlerin kurutulması işlemlerinde dikkat edilmesi gereken en önemli değişkenler kurutma hava hızı ve hava sıcaklığıdır. Çileklerin kurutulması sırasında Şekil 8.'de de görüleceği üzere kurutma hızında değişiklikler görülmektedir. Bu değişikliğin başlıca nedeni kurutma işlemi boyunca kurutma hava sıcaklığı ve hava hızının güneş ışınımına bağlı olarak değişkenlik göstermesidir. Yapılan hesaplamalar sonucunda kurutma hızı en yüksek $0.1008 \text{ kg}_{\text{su}}/\text{kg}_{\text{kati}}.\text{dak.}^{-1}$ olarak 3 mm kalınlıktaki çilek

örneklerinin kurutulması sırasında Güney yönünün baca giriş bölgesindeki noktada ölçülmüştür. Ayrıca yapılan tüm ölçümlerde her türlü kalınlıktaki çilek örneklerinde kuruma hızı en fazla güney yönünün baca giriş bölgesindeki noktada ölçülmüştür. Kurutma işlemlerinde belirli sürelerden sonra örneklerin barındırdığı nem içeriklerinin birbirlerine eşit olacağından dolayı kurutma hızları da birbirlerine eşit olduğu görülmektedir. Ayrıca her kalınlıktaki çilek örneklerinde en fazla olan kurutma hızları karşılaştırıldığında bu değerlerin 3 mm çilek örnekleri için $0.1008 \text{ kg}_{\text{su}}/\text{kg}_{\text{kati}}.\text{dak.}^{-1}$ olduğu, 5 mm çilek örnekleri için $0.093 \text{ kg}_{\text{su}}/\text{kg}_{\text{kati}}.\text{dak.}^{-1}$ olduğu, 7 mm çilek örnekleri için $0.055 \text{ kg}_{\text{su}}/\text{kg}_{\text{kati}}.\text{dak.}^{-1}$ olduğu, bütün halde kurutulan çilek örnekleri için $0.065 \text{ kg}_{\text{su}}/\text{kg}_{\text{kati}}.\text{dak.}^{-1}$ ve bütün halde güneşte (doğal) kurutulan çilek örnekleri için $0.040 \text{ kg}_{\text{su}}/\text{kg}_{\text{kati}}.\text{dak.}^{-1}$ olduğu tespit edilmiştir. Maksimum kuruma hızları karşılaştırıldığında kalınlık arttıkça kuruma hızının azaldığı görülmektedir.

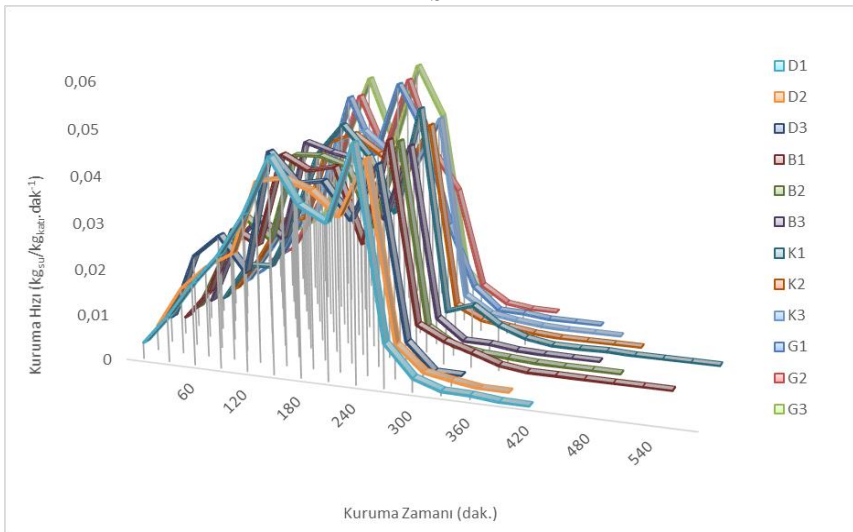
Research article/Araştırma makalesi
DOI:10.29132/ijpas.1349680



a

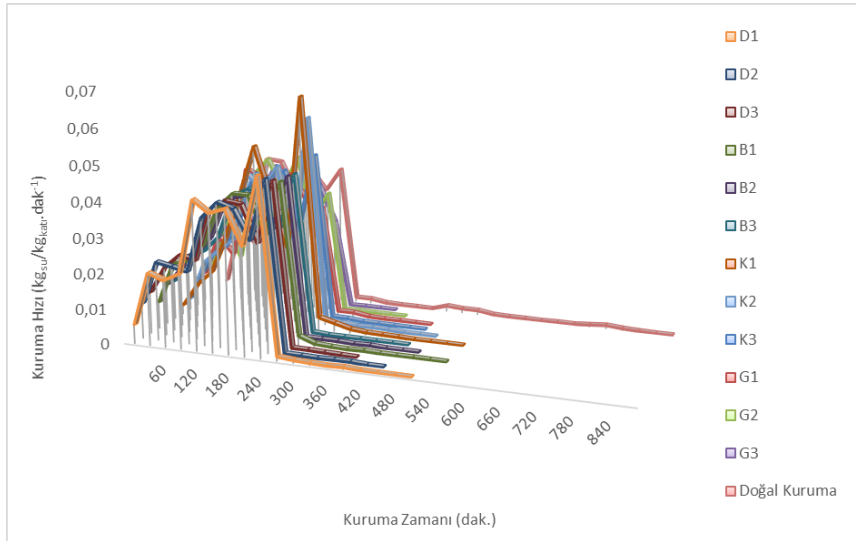


b



c

Research article/Araştırma makalesi
DOI:10.29132/ijpas.1349680



d

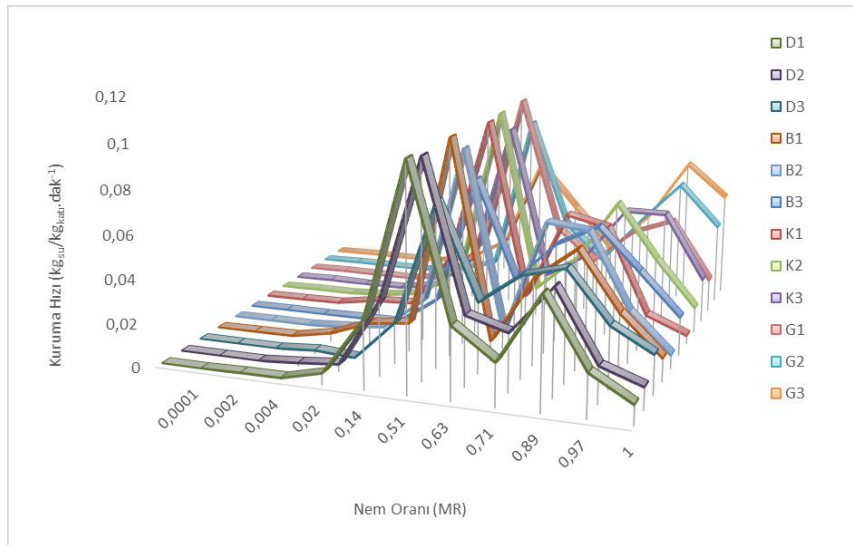
Şekil 8. Kurutulan çilek örneklerinin Kuruma Hızı - Kuruma Zamanı grafikleri

- (a): 3 mm çilek örneklerinin kurutulduğu durumda
 (b): 5 mm çilek örneklerinin kurutulduğu durumda
 (c): 7 mm çilek örneklerinin kurutulduğu durumda
 (d): Bütün çilek örneklerinin kurutulduğu durumda

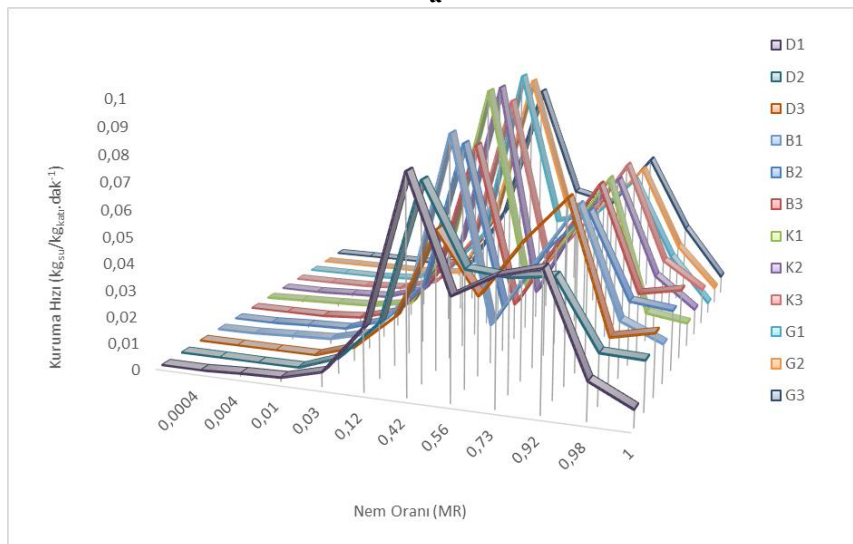
Şekil 8.'deki kuruma hızının kuruma zamanına göre değişimini gösteren grafik ile Şekil 9.'daki kuruma hızının nem oranına göre değişimini gösteren grafikler birlikte değerlendirildiğinde kurutma hava hızı ve sıcaklığındaki artışa paralel olarak kurutma hızında da artış gözlenmiştir. Daha sonrasında ise çilek örneklerinde bulunan nem miktarının azalması hava sıcaklığı ve hava hızından daha etkin bir parametre haline geldiğinden kurutma hızında bir

düşüş gerçekleşmiştir. Kurutma işleminde sistem dengeye ulaştığında ise sıcaklık ve hava hızı tekrardan daha etkin bir parametre haline geldiğinden kurutma hızında tekrardan bir artış söz konusu olmuştur. Kurutma işleminin sonlarına doğru ise hem kurutma hava sıcaklığı ve hızı hem de çilek örneklerindeki nem miktarının giderek azalmasından dolayı kurutma hızında azalmalar olmuştur.

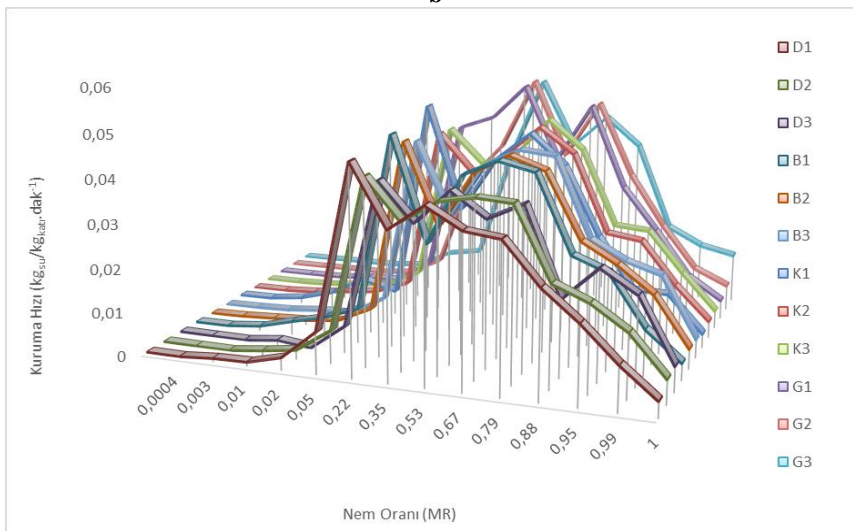
Research article/Araştırma makalesi
DOI:10.29132/ijpas.1349680



a

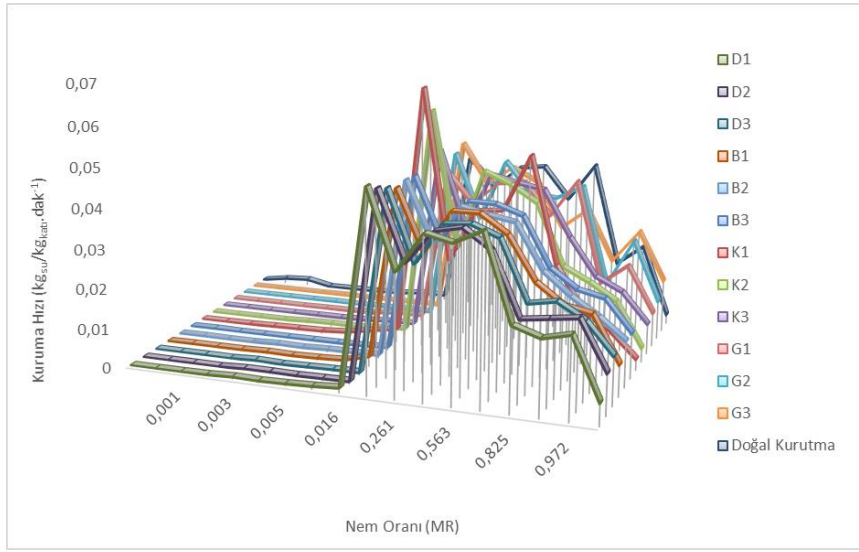


b



c

Research article/Araştırma makalesi
DOI:10.29132/ijpas.1349680



d

Şekil 9. Kurutulan çilek örneklerinin Kuruma Hızı – Nem Oranı (MR) grafikleri
(a): 3 mm çilek örneklerinin kurutulduğu durumda
(b): 5 mm çilek örneklerinin kurutulduğu durumda
(c): 7 mm çilek örneklerinin kurutulduğu durumda
(d): Bütün çilek örneklerinin kurutulduğu durumda

Tablo 1.' den ölçüm alınan noktalardaki çilek örneklerinin kuruma sürelerine bakıldığında ölçüm alınan noktalar içerisinde güney bölgesinin baca giriş bölgesi (G3) kuruma sürelerinin ölçüm alınan diğer noktalara göre daha kısa kuruma süresine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca aynı gün kurutma işlemi yapılan ve ölçüm alınan bütün haldeki çilek

örnekleri ile güneşte doğal olarak kurutulan çilek örneklerinin kuruma süreleri karşılaştırıldığında G3 noktasındaki kuruma süresi baz alındığında Güneş bacası sera örtü alanında kurutma süresinin doğal kurutmaya göre yaklaşık %58.6 daha az olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Kuruma sürelerinin ölçüm alınan noktalara göre değişimi

Kurutma Noktası	D1	D2	D3	B1	B2	B3	K1	K2	K3	G1	G2	G3	Doğal Kurutma
3 mm	330	300	240	390	360	300	390	360	300	300	270	210	
5 mm	330	300	270	420	360	330	420	390	360	300	270	240	
7mm	420	390	330	540	480	450	510	480	450	420	360	270	
Bütün	510	450	390	540	510	480	570	540	480	450	390	360	870

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuçlar

Batman ili iklim koşulları altında gerçekleştirildiğimiz deneylerde ısı tutma kapasitesi artırılmış güneş bacası prototipinde coğrafi işaretli bir ürün olan Albion türü Sason çileklerinin kurutma performansı araştırılmıştır.

Yapılan araştırma sonuçlarına göre güneş ışınımına bağlı olarak artan kurutma hava sıcaklığı kurutma süresini kısalttığı belirlenmiştir. Ayrıca kurutulan çilek örneklerinin kalınlıkları arttıkça kuruma süresinin de arttığı, kuruma hızının azaldığı tespit edilmiştir.

Güneş bacası sera örtü alanlarında gerçekleştirilecek olan kurutuma işlemleri için en uygun coğrafi yönün güney yönü olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda kurutma işlemi yapılan ve ölçüm alınan 12 farklı nokta içerisinde kuruma süresinin en az, kurutma hızının en fazla olduğu nokta baca giriş bölgesi olan 3. nokta olduğu saptanmıştır. Güneş bacası örtü alanı altında yapılacak olan kurutma işlemi için en ideal bölge Güney bölgesi baca giriş noktası olan G3 noktası olduğu anlaşılmıştır.

Örtü alanı altında yapılan bütün çileklerin kurutma işlemi ile doğal kurutma işlemi karşılaştırıldığında Güneş bacası örtü alanındaki kurutma süresinin doğal kurutma süresinden daha az bir süre olduğu bu nedenle de Güneş bacası sera örtü alanında kurutma işlemi yapılabileceği görülmektedir.

Güneş bacası sera örtü alanlarında kurutma işlemi için ekstra bir enerji kaynağına ve kurutma alanına ihtiyaç duyulmaması, sadece güneş enerjisi kullanıldığından çevreye zarar vermeyen ve kurutma işleminin kuruma süresi doğal kurutmaya göre daha kısa olması bakımından Güneş bacası sera örtü alanları kurutma işlemi için elverişli bir alan olduğu anlaşılmaktadır.

Öneriler

Güneş bacalarının yapısal özelliklerinden dolayı sera örtü alanındaki sıcaklık çevre sıcaklığından daha yüksek olmasından dolayı örtü alanlarına giriş çıkış yapılabilmesi, ürünlerin yerleştirilmesi ve gerekli ölçümlerin alınabilmesi çeşitli zorluk ve sıkıntılar oluşturabileceğinden ürünlerin yerleştirilmesi ve gerekli ölçümler için kullanılacak hareketli bir raf sistemi yapılabilir.

Yapılan deneysel çalışmalar farklı tarımsal ürünler kullanılarak tekrarlanabilir, farklı iklim koşullarında deney tekrarlanabilir, bu deneysel çalışma farklı kurutma yöntem ve teknikleri ile tekrar edilerek elde edilen deneysel sonuçların karşılaştırılması yapılabilir.

Semboller ve Kısaltmalar

AB	Avrupa Birliği
B1	Batı yönündeki 1. Nokta
B2	Batı yönündeki 2. Nokta
B3	Batı yönündeki 3. Nokta
D1	Doğu yönündeki 1. Nokta
D2	Doğu yönündeki 2. Nokta
D3	Doğu yönündeki 3. Nokta
dak	Dakika
G1	Güney yönündeki 1. Nokta
G2	Güney yönündeki 2. Nokta
G3	Güney yönündeki 3. Nokta
gr	Gram
K1	Kuzey yönündeki 1. Nokta
K2	Kuzey yönündeki 2. Nokta
K3	Kuzey yönündeki 3. Nokta
kg	Kilogram
kW	Kilowatt
mm	Milimetre
MR	Nem Oranı

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Batman Üniversitesi BAP tarafından BTÜ BAP-2021-YL-07 nolu proje ile desteklenmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Bu çalışma araştırma ve yayın etiğine uygundur.

KAYNAKÇA

- Adak, N. Heybeli, N. ve Ertekin, C. (2017). Infrared drying of strawberry nafiye. Food Chemistry, 219, 109–16.
- Amami, E. Khezami, W. Mezrigui, S. Badwaik, L. S., Bejar, A. K. Perez, C. T. ve Kechaou, N. (2017). Effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration pretreatment on the convective

Research article/Araştırma makalesi
DOI:10.29132/ijpas.1349680

- drying of strawberry. *Ultrasonics sonochemistry*, 36, 286–300.
- Anonim, (2022). Meteoroloji genel Müdürlüğü, <https://mgm.gov.tr/iklim/iklimsiniflandirmalari.aspx?m=BATMAN> [Ziyaret Tarihi: 25 Nisan 2022].
- Bayrak, F. (2021). Poroz Kanatçık İlaveli Hava Isıtmalı PV/T Kolektörünün Sürdürülebilirlik İndeksi ve Termodinamik Analizi. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 7 (3) , 419-428.
- Bilgiç, Y.(2014). Alabalığın yeni tip güneşli kurutucuda kurutulmasında ısı ve kütle transferi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Ens., Elazığ.
- Çetinbaş, A. (2022). Güneş bacası sera örtüsü altında tarım ürünlerinin kurutulması; Batman Sason çileği örneği. Yüksek lisans tezi, Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Ens., Batman.
- Can, S. (2017). Spray drying strawberry and blueberry extracts. M.Sc.Thesis, University of Gaziantep, Food Engineering, Gaziantep.
- Cankurtaran, E. (2018). Güneş enerjili kurutma sisteminde çileğin kurutma karakteristiğinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Yezi, Yozgat Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yozgat.
- Chueaprasat, C. Chitsomboon, T. ve Koonsrisuk, A., (2020). Crop Drying Potential of Solar Chimney Dryers, *Suranaree J. Sci. Technol.*, 28, 2.
- Çakmak, N. (2019). Çilek meyvesinin kurutulmasında farklı kurutma yöntemlerinin kuruma performansı ve kalite üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosman Paşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yozgat.
- Demir, F. (2021). Batman ili şartlarında güneş enerjisi destekli kurutma sisteminde kurutma parametrelerinin incelenmesi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Batman.
- Faouzi, N. (2020). Solar thermal drying performance analysis of banana and peach in the region of Gafsa (Tunisia). *Case Studies in Thermal Engineering*, 22, 100-772.
- Gülçimen, F. (2008). Yeni tasarlanan havalı kollektörler yardımı ile reyhan ve nane kurutulması. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Jiang, J. Zhang, M. Devahastin, S. ve Yu, D. (2021). Effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration pretreatments on drying and quality characteristics of pulsed fluidized bed microwave freeze-dried strawberries. *Lwt - Food Science and Technology*, 145, 111-300.
- Johnson, A.C. ve Al Mukhaini, E.M.A. (2016). Drying studies on peach and strawberry. *Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1(special issue 2), 2062 - 2067.
- Prosapio, V. ve Norton, I. (2017). Influence of osmotic dehydration pre-treatment on oven-drying and freeze drying performance. *LWT-Food Science and Technology*, 80, 401-408.
- Schlaich, J. Bergermann, R. Schiel, W. ve Weinrebe, G. (2005). Design of commercial solar updraft tower systems—utilization of solar induced convective flows for power generation. *Journal of Solar Energy Engineering*, 127, 117-124.
- Yağcıoğlu, A. (1999). Tarım Ürünleri Kurutma Tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:536. İzmir.
- Yogurtcu, H. (2016). Investigation of Drying Characteristics of Parboiled Wheat Kernel in a Halogen Lamp Dryer and Its Modelling. *International Journal of Pure and Applied Sciences* , 2 (1).