



Natural Circulation Hole Optimization in Food Drying Oven

Faruk KILIÇ 

Department of Machine, Technical Sciences Vocational College, Gazi University, Ankara, Turkey

Graphical/Tabular Abstract

In this study, a food drying oven (GKF), which is managed by microcontroller, is designed and experimentally, the most suitable hole open area for GKF is determined. Drying time and electrical energy consumption values were determined for drying the apple slices prepared with 3 mm thickness at 80 °C for four different cover apertures of GKF.

Article Info:

Research article

Received: 31/10/2019

Revision: 21/12/2019

Accepted: 11/01/2020

Highlights

- Electricity consumption in food drying.
- Hole Optimization.
- Oven thermal analysis.

Keywords

Food drying oven design
Energy analysis
Apple drying

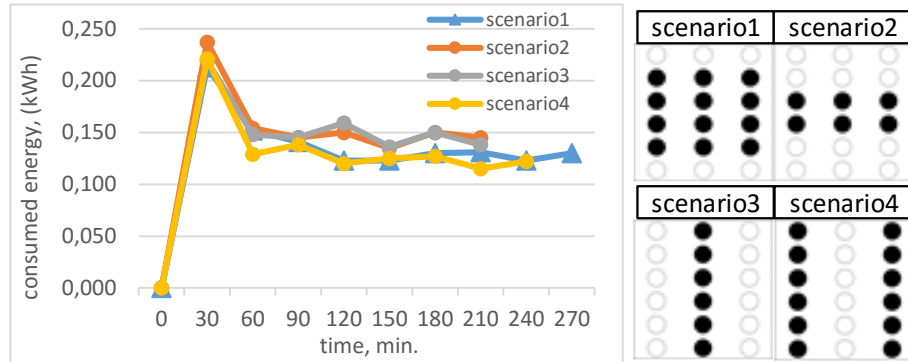


Figure A. Time dependent electricity consumption for different scenarios

Purpose: In this study, the most suitable oven door open area required for air circulation inside the furnace was determined experimentally by interpreting the electrical energy consumption.

Theory and Methods: In the food drying oven, it was operated with time control using a coincident-centered fan-resistance pair. In order to determine the apple drying parameters, the oven ambient temperature and weight were recorded during the drying. Temperature meter (Thermocouple) measures the ambient temperature. The weight of the food was recorded at the time intervals determined by the load cell.

Results: The apple experiment dried at four different scenarios at 80 °C lasted 240 minutes in scenarios 1 and 4 and 210 minutes in scenarios 2 and 3. Scenario 4 consumed approximately the same energy consumption as scenarios 2 and 3, but was able to complete relief in 240 minutes. Scenario 2 and 3 drying times are 210 minutes. Considering the energy consumption, scenario 2 consumed 1,131 kWh and scenario 3 consumed 1,087 kWh.

Conclusion: In this study, the most suitable cover open area of the drying oven was determined. The drying process was determined by determining four different scenarios on Argentina apples and the best scenario was determined by comparing the energy they consumed and the drying times. Energy consumption-time comparison was made in scenario selection. Scenario 1 1.289 kWh scenario 4 was deemed inappropriate because it consumes both time and energy by consuming energy of 1,107 kWh. Scenarios 2 and 3 have the same drying times, so when we look at the approximate values of energy consumption, scenario 2 consumed 1,131 kWh and scenario 3 consumed 1,087 kWh. For this reason, it is determined that the best open space scenario is scenario 3.



Gıda Kurutma Fırınında Doğal Sirkülasyon Açık Alan Optimizasyonu

Faruk KILIÇ 

Gazi Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, 06374, Yenimahalle/ANKARA

Öz

Bu çalışmada mikro denetleyici ile yönetilen bir gıda kurutma fırını (GKF) tasarlanmış ve deneysel olarak GKF için en uygun kapak açık alanı tespit edilmiştir. GKF'nin dört farklı kapak açıklığı değeri için, 3 mm kalınlığında hazırlanan elma dilimlerinin 80 °C'de kurutulması ile ilgili olarak kurutma süresi ve elektrik enerji sarfiyatı değerleri belirlenmiştir. Elde edilen değerler zaman ve enerji tüketimi açısından değerlendirilerek, elma dilimlerinin kurutulması için dört farklı senaryo içerisinde en uygun olanı seçilmiştir. En uygun senaryoda 210 dakika süre ile 1,087 kWh enerji tüketilmiştir.

Makale Bilgisi

Araştırma makalesi
 Başvuru: 31/10/2019
 Düzeltme: 17/12/2019
 Kabul: 09/01/2020

Anahtar Kelimeler

Gıda kurutma fırını tasarımı
Enerji analizi
Elma kurutma

Keywords

Food drying oven design
Energy analysis
Apple drying

Natural Circulation Hole Optimization in Food Drying Oven

Abstract

In this study, a food drying oven (GKF), which is managed by microcontroller, is designed and experimentally, the most suitable hole open area for GKF is determined. Drying time and electrical energy consumption values were determined for drying the apple slices prepared with 3 mm thickness at 80 °C for four different cover apertures of GKF. The values obtained were evaluated in terms of time and energy consumption and the most suitable one among the four different scenarios was selected for drying apple slices. In the optimal scenario, 1,087 kWh of energy was consumed for 210 minutes.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Genişleyen tarım alanları ve su tüketimi iklim değişikliğine sebebiyet vermektedir. Birleşmiş Milletler Dünya Nüfusu Beklentileri, 21. yüzyılda insan nüfusunun 7,6 milyardan 9 ila 10 milyara yükseleceğini tahmin etmektedir (World Population Prospects The 2015 Revision). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) gıda üretiminin 2050 yılında 2005 yılına göre % 60 oranında artacağını söylemiştir.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) verilerine göre 2017 yılında Dünyada 4933841 hektar alana ekili olan elmadan 83139326 ton ürün aldığı hesaplanmıştır. Bu verilere göre 168508 hektogram/hektar verim elde edilmiştir [1].

2017 Türkiye verileri ise 175357 hektar alana ekili olan elmadan 3032164 ton ürün alındığı hesaplanmıştır. Alınan bu ürün Dünya üretiminin tonajda % 3,64 üne sahip olduğumuzu göstermektedir. Yine bu verilere göre 172914 hektogram/hektar verim elde edilmiştir. Bu değer ise Dünya ortalama veriminin iki katından fazladır [1]. Türkiye gıda kurutma alanında ekonomik katkıları artırma yönünde katkıda bulunmalıdır. Elma bu kapsama giren ürünlerimizdendir.

Kurutma tekniği gıda bünyesindeki su oranını %75-95 oranlarından %10-20 oranlarına düşürmektir [2]. Kurutma artan gıda tüketimi düşünüldüğünde gıda teminini kolaylaştıran önemli faktörlerden biridir. Konserve ya da dondurarak saklamaya göre daha fazla kullanılan bir yöntemdir [3]. Kurutma, ürünlerin nem içeriğini azaltmakla birlikte, antioksidan kapasite, enzimatik aktivite, hoş koku, v.b. gibi diğer fiziksel,

kimyasal ve biyolojik özellikleri de değiştirir [4]. Kurutma teknikleri sayesinde dondurma, ve konsantrasyon sayesinde gıda mevsim dışı da kullanılabilir [5].

Woong Oh, laminer doğal konveksiyon üzerine sayısal çalışmalar yapmıştır [6]. Davidson fırın donanımının izlenmesi için gerekli tüm güvenlik sistemlerini, pişirme sırasında sorun çıkaran operatörleri uyaran alarmları ve ciddi arıza durumunda fırını kapatmaları için gerekli sistemleri ele alarak önemli bir çalışma yapmıştır [7]. Davidson fırın verimliliği hakkında da çalışma yapmıştır. Gıda pişirme işleminde gerekli olan enerji sarfiyatını, fırın havası nemini, fırın yalıtımını, ısı eşanjöründen gelen akışkanlardan kaynaklanan ısı kaybını ve dahi fırın verimini kapsamlı olarak irdelemiştir. Pratik deneyime dayanarak ayrıntılı enerji kullanımı ve kaybı hesaplamaları ile ilgili çalışılmış ve bir ısı geri kazanım sistemi ile elde edilebilecek enerji tasarrufunu elde etmiştir. Ayrıca, gaz ve petrol arasındaki yakıt maliyetlerinin karşılaştırılmasına bir örnek sunmuştur [8]. Fırın muayene ve denetimleri ile ilgili kontrol ve ayrıntılarla ilgili teknik bilgiler verilmiştir [9]. Fırında yakıt verimliliğini en az % 15 artıran, pişirme için kullanılacak atık ısıyı geri kazanan bir sistem açıklanmıştır [10].

Fırın konveyör bantlarının ürüne etkileri hakkında kapsamlı çalışmalar yapılmıştır. Hamur parçalarını fırın içinde taşımak için fırın bandı tanımlanması yapılarak örnekleri ile beraber uygulamadaki kullanımları anlatılmıştır. Her bir bant tipi, ısı transferi ve fiziksel performans bakımından özel pişirme özelliklerine sahip olduğu belirtilmiş ve bu nedenle özel bir uygulama alanına sahip olduğu vurgulanarak bantları kısaca sınıflandırmıştır [11].

Donnelly ve ark. yaptıkları çalışmada, 3 el tipi yakın kızılötesi spektrofotometre biriminin, kuru madde tahminlerini 2 alfafa ve 2 mısır silajı kullanılarak 60 °C'de geleneksel fırında kurutması ile karşılaştırmıştır [12]. Varyenli ve arkadaşları farklı tipteki güneş ocaklarının tasarımı imalatı ve performanslarının deneysel incelemişlerdir [13].

Demacro ve ark. yaptıkları çalışmada, büyük motorlar için yeni bir kurutma fırını tasarımını destekleme amacı ile Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği uygulaması ele alınmıştır. ANSYS Fluent yazılımı kullanılarak simüle edilmiştir. Tesisin geometrik ve operasyonel gereksinimleri çerçevesinde en iyi kurutma koşullarını tespit edilmiştir. Birkaç giriş ve çıkış konfigürasyonu incelenerek ve geometrideki ve sınır şartlarındaki değişikliklerin ısıtma hızı ve kurutma kalitesi üzerindeki etkisi analiz edilmiştir [14].

Pfeifer Endüstriyel fırınların durumu ve araştırılması ile ilgili çalışmalar yapmıştır [15]. Walker fırın teknolojilerini anlattığı bu çalışmada, ısı transfer mekanizmaları ve hibrit fırınlar ile ilgili çalışmalar yapmıştır [16]. Cooper mikrodalga fırın teknolojileri hakkında çalışmış ve mikrodalga fırınlarda kullanım için ambalaj ve ürün geliştirme ile ilgili bilgiler sunmuştur [17]. Kılıç gıda kurutma fırınında dış yalıtımın kurutma süresine ve enerji tüketimine etkisini araştırmıştır [18].

Bu çalışmada fırın içi hava dolaşımı için gerekli olan en uygun fırın kapağı açık alanını elektrik enerjisi tüketimi dolayısı ile elma kurutarak deneysel olarak tespit edildi.

2. MATERYAL ve METOT (MATERIAL and METHOD)

2.1. GKF Çalışma Prensipleri ve Ölçüm Düzenliği (Food Drying Oven Working Principle and Measuring Mechanism)

Fan-rezinstans ikilisi ile çalışan çakışık merkezli GKF, 27/10/2004 tarihli ve (AT) 1935/2004 sayılı Gıda ile Temas Eden Madde ve Malzemeler Hakkında Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Tüzüğü göz önünde bulundurularak Avrupa Birliği mevzuatına uyum çerçevesinde hazırlanan Türk gıda yönetmeliğine uyan paslanmaz çelik 316 sac tepside kurutmalar gerçekleştirilmiştir. Zaman rölesi kullanılarak GKF süre kontrollü çalıştırılmıştır. Termostat ortam ısısına duyarlı konumlandırılıp devreyi açıp-kapatmakta ve fan-motor ikilisini eş zamanlı olarak çalışmasını kontrol etmektedir.

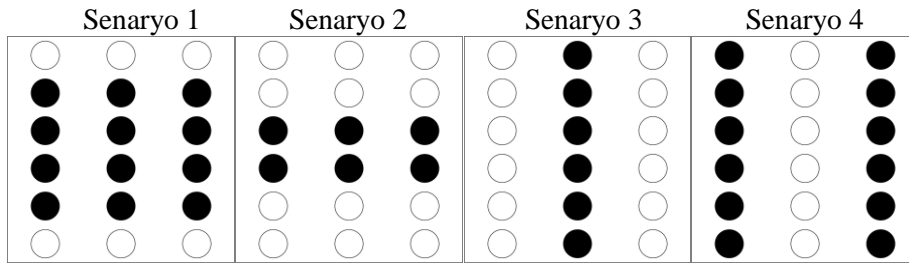
Kurutma parametrelerini belirleyebilmek için fırın ortam sıcaklığı ve ağırlığı kurutma süresince kaydedilmiştir. Sıcaklık ölçer (Termokupl) ortam sıcaklığını ölçmektedir. Gıdanın ağırlığı yük hücresiyle belirlenen zaman aralıklarında kaydedilmiştir.

Tablo 1. GKF düzeneği kullanılan cihaz özellikleri

kullanılan cihaz	özellikleri	ölçüm aralığı
sıcaklık ölçer	sıcaklık ölçümü	-20 °C ~ 85 °C
yük hücresi	ağırlık kapasitesi (en fazla)	1 kg
zaman rölesi	ortam / depolama sıcaklığı	0...50 °C/-25...70 °C

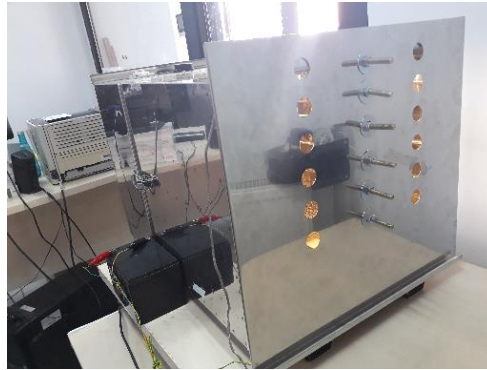
2.2. GKF Kapak Açık Alan Senaryoları (GKF Cover Hole Scenarios)

2,4 mm çaplı 15 delikli bir kapak tasarlanıp, lazer ile paslanmaz çelik 316 sac hatasız kesilmiştir. Her delik $4,52 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ alana sahiptir. Delikler dört farklı senaryo ile yerleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Kapak Açık Alan Senaryoları

Delikler vida-somun-pul üçlüsü ile kapatılmıştır (Şekil 2). Senaryo yatay ve dikey sıralı seçimlerin ana sebebi düşey bir düzlemde doğal ısı taşınımı davranışlarıdır.



Şekil 2. Kapak açık alanı (senaryo 3)

2.3. Gıda Kurutma Fırınında Yapılan Deneyler (Experiments in Food Drying Ovens)

Deneylerde Karaman kaynaklı, I. Sınıf, Arjantin elma kullanılmıştır [19]. Elma 3mm dilimlenerek kurutulmuştur (Şekil 3). Zyliss marka dilim kalınlıkları ayarlanabilen dilimleme makinesinde dilimlenmiştir.



Şekil 3. Elma, elma dilimleri, kurutulmuş elma dilimleri

Dilimlenmiş yaş elmadan dakikada bir veri alınarak veriler bilgisayara kaydedilmiştir. Kuru kütle belirleme işleminde deneyler ard arda iki ölçüm sonucu arasında ağırlıkça % 1 den daha az fark oluşuncaya kadar sürdürülmüştür [20-21]. % 1 den daha az fark oluşunca deney durdurulmuştur. Yapılan bu deneyler sonucunda kurutulmuş elma 15,8 g olarak belirlenmiştir. Kurutma işlemi sonunda kuru elma dilimlerinde oksitlenme ve kömürleşme gibi negatiflik görülmemiştir.

Dikmen E. ve ark. “Türk standardı TS 4087’ye göre birbirini izleyen iki tartı arasında kütle farkının, her bir deney parçası için % 1 den az olması halinde tam kuru hale gelmiş olur” kuru hal tanımına uygun çalışmıştır [20,22].

Kurutulmuş elma dilimleri için Türk Standart Enstitüsü “Kurutulmuş elma- Özellikler ve deney metotları” başlıklı TS 3688 ISO 7701 kodlu standarda sahiptir [19]. Yapılan deneylerde bu standarda uyulmuştur. 3688 ISO 7701 kodlu standart gereği kurutulmuş elma diliminde % 25 nem olması gerekmektedir. Yapılan hesaplama sonucunda toplam ağırlık % 25 nem ile birlikte 19,75 g olarak hesaplanmıştır. 30 dk. aralıklarla değerlendirilen kurutma işlemleri 19,75 g değerine geldiğinde kurutma işlemi sona erdirilmiştir. GKF de açık alan iyileştirilmeye çalışıldığı için tek sıcaklıkta (80 °C) çalışılmıştır. Ölçümün güvenilirliği hatırına her senaryo için deneyler üçer defa tekrarlanmış ve bu sebeple toplamda on iki deney yapılmıştır.

2.4. Ölçüm Parametreleri (Measurement Parameters)

2.4.1. Analiz metotları (Methods of analysis)

Sistem, Termodinamiğin 1. kanununa göre incelenildiğinde, sisteme rezistansla elektrik enerjisi verilerek (W_r) fırın içi sıcaklık arttırılmıştır. Homojen sıcaklık dağılımı sağlayabilmesi amacıyla rezistansla eş zamanlı çalışan fan enerji harcamaktadır (W_f). Fırın duvarı (Q_d) (paslanmaz çelik) ve fırın içinde oluşan ısı kaçaklar (Q_k) yüzünden ısı harcanmaktadır. Kurutulacak ürünün ($Q_{\dot{u}}$) istenilen sıcaklığa kadar ısıtılması için ve fırın içindeki havanın (Q_h) ısıtılması için gerekli ısı miktarıda hesaba katıldığında. Dengeli bir sistem için

$$E_{giren} - E_{çıkan} = 0 \quad 1$$

genel eşitliği dikkate alınır [23]. Eş. 2 ise

$$W_r + W_f - Q_k - Q_h - Q_{\dot{u}} - Q_d + E_g - E_c = \Delta E \quad 2$$

olarak düzenlenmiştir.

Duvarları ısıtmak için gerekli olan ısı

$$Q_k = m_k c_p \Delta T \quad 3$$

$$Q_h = m_h c_p \Delta T \quad 4$$

$$Q_{\dot{u}} = m_{\dot{u}} c_p \Delta T \quad 5$$

$$Q_d = m_d c_p \Delta T \quad 6$$

olarak hesaplanır.

Fırın duvarlarından çıkan ısı, fırın iç havasının ısıtılması için gerekli olan ısı, ısı kaçakların tespiti Eş. 2

$$W_r + W_f = Q_k + Q_{\dot{u}} + Q_h + Q_d \quad 7$$

olarak düzenlenir. Fırının harcadığı elektrik enerjisi (W_f) ve rezistans (W_r) sistemin harcadığı toplam elektrik enerjisine eş olacağından fırının harcadığı enerji hesaplanarak sistem hakkında yorumlama yapılacak hale gelir. Sistemdeki ısı hareketleri fan ve rezistansın harcadığı enerji sayesinde değerlendirilmiştir.

2.4.2. Belirsizlik Analizi (Uncertainty Analysis)

Deney sonucunda elde edilen bulgular ölçüm cihazlarından dolayı belirsizlik içermektedir (Tablo 2). Bu belirsizliklerin toplamı makul aralıklarda olup olmadığı Eş. 8 de verildiği gibi hesaplanmaktadır [24].

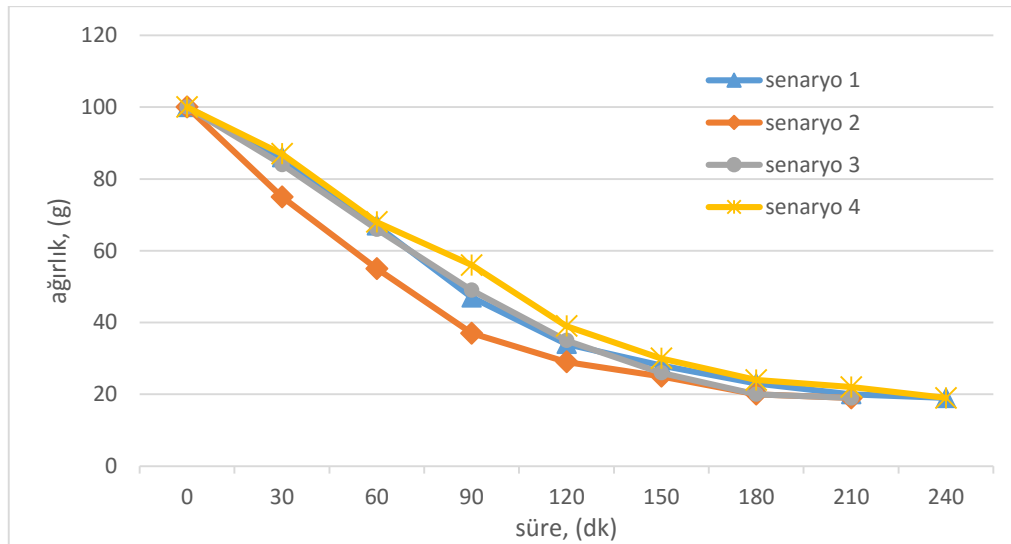
$$W = [(x_1)^2 + (x_2)^2 + \dots \dots \dots (x_n)^2 +]^{1/2} \quad 8$$

Tablo 2. GKF düzeneği kullanılan cihaz özellikleri

kullanılan cihaz	hassasiyet	belirsizlik
sıcaklık ölçer	± % 0,1	± 0,141
yük hücresi	± % 0,00001	± 0,05

3. BULGULAR ve TARTIŞMA (DATA AND DISCUSSION)

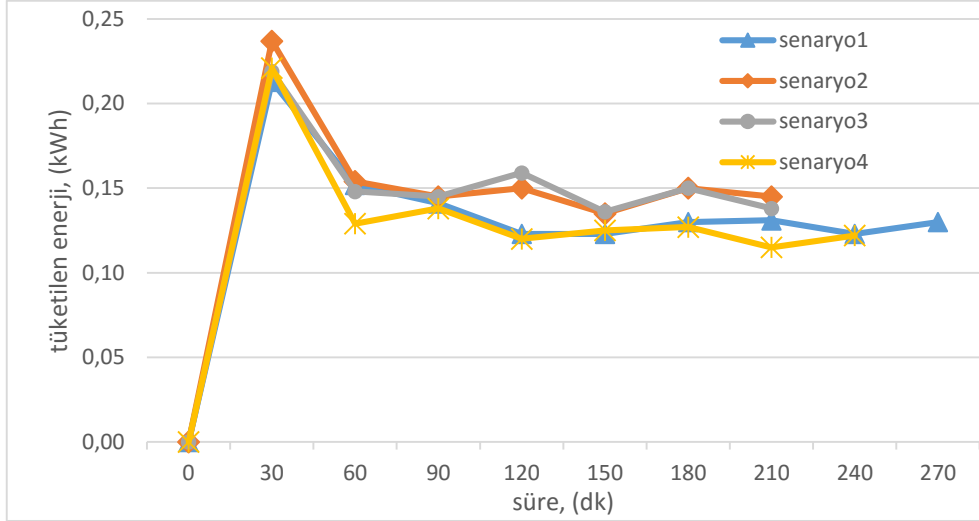
Elma için yapılan deneylerde kurutma süresine karşı çizilen ağırlık grafiği Şekil 4'te verilmiştir. 80 °C de dört farklı senaryoda kurutulan elma deneyi 1. ve 4. senaryolarda 240 dk. ve 2. ve 3. senaryolarda 210 dk. sürmüştür. Tüm deneyler boyunca fan ve ısıtma sayesinde fırın içi bağıl nemi % 1 de tutulmuştur.



Şekil 4. Elma kurutmak için ağırlık-süre grafiği

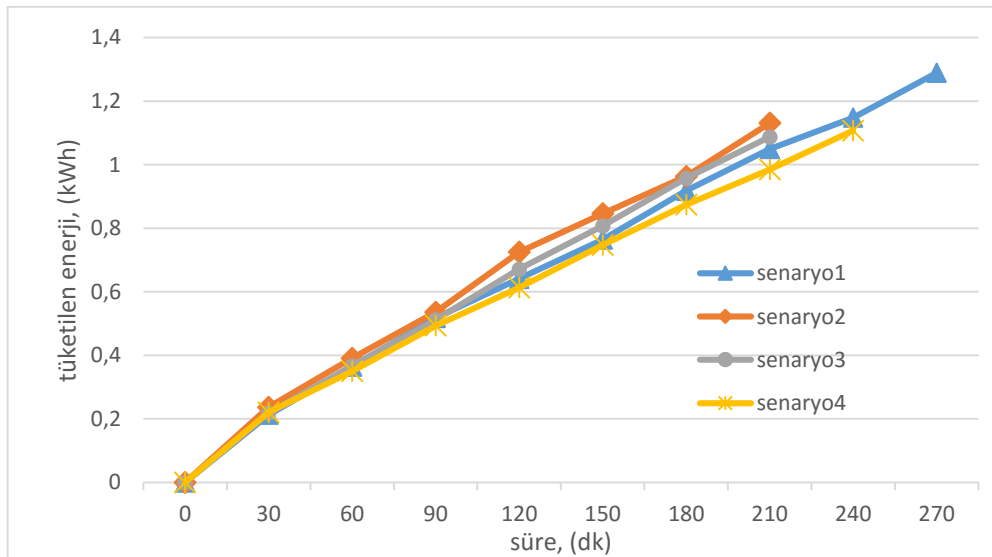
Eş. 1 ve 2 dikkate alındığında tüketilen enerji miktarının ilk anda yüksek olmasının sebebi fırın cidar sıcaklığı, fırın içi hava sıcaklığı, kurutulacak ürün sıcaklığı ve ortam sıcaklığının kurutma sıcaklığına getirilene dek enerji tüketmesindedir. Fırın cidarı, fırın içi hava sıcaklığı ve ürün sıcaklığı kurutma sıcaklığına ulaştıktan sonra elektrik tüketimi dengeli seyretmektedir. İlk 30 dk. içerisinde tepe noktalara ulaşıp 60. dk. sonrasında 0,12-0,15 bandında devam etmiştir. 80 °C de yapılan kurutma deneyinde tüketilen enerji tüketimi senaryo 2,3 senaryo 1,4 den daha fazla enerji tüketmiştir. Bunun başlıca sebebi kapak açık

alanının daha fazla olmasıdır. Senaryo 1 ve 4 denge halinde daha az tüketim yapması diğer senaryolardan daha üstün olduğu anlamına gelmez. Burada sürenin değerlendirilmesi gerekir. Senaryo 2 ve 3 daha kısa sürmüştür. Dolayısı ile tüketim enerji miktarlarını üst üste binmiş (kümülatif) olarak görmek gerekir.



Şekil 5. Elma kurutmak için tüketilen enerji-süre grafiği

Şekil 6 da üst üste bindirilerek toplam tüketilen enerji miktarı gösterilmiştir. En kötü senaryo olarak senaryo 1 görülmektedir hem 270 dk. sürmüş hem de 1,289 kWh enerji tüketmiştir. Senaryo 4, senaryo 2 ve 3 ile yaklaşık olarak aynı enerji tüketimi yapmıştır ancak 240 dk. da kurutmayı tamamlayabilmiştir. Dolayısı ile en iyi senaryo senaryo 2 ve 3 arasında tercih edilmelidir. Senaryo 2 ve 3 kurutma süreleri aynı olduğundan enerji tüketimindeki yaklaşık değerlerine bakıldığında senaryo 2 1,131 kWh senaryo 3 ise 1,087 kWh tüketmiştir. Bu sebeple en iyi açık alan senaryosunun senaryo 3 olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6. Elma kurusu için tüketilen enerji (bindirilmiş)-süre grafiği

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Yapılan bu çalışmada kurutma fırınının en uygun kapak açık alanı tespit edilmiştir. Kurutma işlemi dört farklı senaryo belirlenerek Arjantin elma üzerinde denenmiş ve en iyi senaryo tükettikleri enerji ve kurutma süreleri karşılaştırılarak tespit edilmiştir. Senaryo 2 ve 3 210 dk. da senaryo 4 240 dk. da ve senaryo 1 de 270 dk. da kurutma işlemi son bulmuştur. Senaryo seçiminde enerji tüketimi-süre karşılaştırması yapılmıştır. Senaryo 1 1,289 kWh senaryo 4 1,107 kWh enerji tüketerek hem zaman hemde enerji tüketimini fazla yaptığından uygun görülmemiştir. Senaryo 2 ve 3 kurutma süreleri aynı olduğundan enerji tüketimindeki yaklaşık değerlerine bakıldığında senaryo 2 1,131 kWh, senaryo 3 ise 1,087 kWh tüketmiştir. Bu sebeple en iyi açık alan senaryosunun senaryo 3 olduğu tespit edilmiştir.

Kısaltmalar

E_{giren} = sisteme giren enerji (kJ)

$E_{çıkan}$ = sistemden çıkan enerji (kJ)

ΔT = sıcaklıklar arasındaki fark ($^{\circ}C$)

W_f = fan işi (kJ)

W_r = rezistans işi (kJ)

Q_k = ısı kaçakları (kJ)

$Q_{\dot{u}}$ = kurutulacak ürünün istenilen sıcaklığa kadar ısıtılması için gerekli ısı (kJ)

Q_d = fırın duvarından çıkan ısı (kJ)

m = kütle (kg)

m_d = duvarın kütlesi (kg)

m_k = kaçak havanın kütlesi (kg)

$m_{\dot{u}}$ = kurutulan ürünün kütlesi (kg)

m_h = havanın kütlesi (kg)

c_p = sabit basınçtaki özgül ısı (kJ/kgK)

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Food and Agriculture Organization of the United Nations 2018, www.fao.org/statistics/en
- [2] Kılıç, F., Köse, A. (2017). Meyve-Sebze Kurutma Makineleri İçin Arduino Tabanlı Neme Duyarlı Fan Kontrol Tasarımı. 1st International Turkish World Engineering and Science Congress Antalya, 176-180.
- [3] Bradford, K. J., Dahal, P., Van Asbrouck, J., Kunusoth, K., Bello, P. & Thompson, J. (2018). The dry chain: Reducing postharvest losses and improving food safety in humid climates. Trends in Food Science & Technology, 71, 84-93.
- [4] Jiang, N., Liu, C., Li, D., Zhang, Z., Liu, C. & D. Wang. (2017). Evaluation of freeze drying combined with microwave vacuum drying for functional okra snacks: Antioxidant properties, sensory quality, and energy consumption. LWT - Food Science and Technology, 82, 216-226.

- [5] Aktaş, M. & Gönen, E. (2014). Bay Leaves Drying in a Humidity Controlled Heat Pump Dryer. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 29, 433-441.
- [6] Oh, Y.W & Choi, Y.S & Ha, A.Y. & Min, H.K. (2019). A numerical study on the buoyancy effect around slanted-pin fins mounted on a vertical plate (Part-I: Laminar natural convection). *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 132, 731-744.
- [7] Davidson, I. (2016). Chapter 13 - Oven Safety Monitoring and Alarm. *Biscuit Baking Technology (Second Edition)*, Davidson, I., Academic Press, 221-236.
- [8] Davidson, I. (2016). Chapter 16 - Oven Efficiency. *Biscuit Baking Technology (Second Edition)*, Davidson I., Academic Press, 253-267.
- [9] Davidson, I. (2016). Chapter 17 - Oven Inspection and Audit. *Biscuit Baking Technology (Second Edition)*, Davidson, I., Academic Press, 269-291.
- [10] Davidson, I. (2016). Chapter 9 - Heat Recovery System. *Biscuit Baking Technology (Second Edition)*, Davidson, I., Academic Press, 157-161.
- [11] Davidson, I. (2016). Chapter 10 - Oven Conveyor Bands. *Biscuit Baking Technology (Second Edition)*, Davidson, I., Academic Press, 163-183.
- [12] Donnelly, D. M., Dórea, J. R. R., Yang, H. & Combs, D. K. (2018). Technical note: Comparison of dry matter measurements from handheld near-infrared units with oven drying at 60°C for 48 hours and other on-farm methods. *Journal of Dairy Science*, 101, 9971-9977.
- [13] Variyenli, H. İ., Özdemir, M. B., Kaçmaz, H. & Kılıç, F. (2015). Farklı Tipteki Güneş Ocaklarının Tasarımı İmalatı ve Performanslarının Deneysel İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part:C*, 2, 333-342.
- [14] Demarco D. & Marino, P. (2017). Support to the design of a drying oven for big motors. *Energy Procedia*, 120, 532-539.
- [15] Pfeifer, H. (2017). Industrial Furnaces - Status and Research Challenges. *Energy Procedia*, 120, 28-40.
- [16] Walker, C. E. (2016). Oven Technologies. *Encyclopedia of Food Grains (Second Edition)*, Wrigley, C., Corke, H., Seetharaman, K. & Faubion, J., Oxford: Academic Press, 325-334.
- [17] Cooper, N. (2009). 4 - Microwave ovens. *Development of Packaging and Products for Use in Microwave Ovens*. Lorence M. W. & Pesheck, P. S., Woodhead Publishing, 105-128.
- [18] Kılıç, F. (2019). Gıda Kurutma Fırınında Dış Yalıtımın Kurutma Süresine ve Enerji Tüketimine Etkisi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 7, 604-613.
- [19] T. S. Enstitüsü. (2002). TS 3688 Kurutulmuş elma- Özellikler ve deney metotları, 2002.
- [20] Dikmen, E., Sahin, A. S. & Yakut, A. K. (2012). Design of an Experimental Drying System and Investigation of Operating Parameters. *Journal of Thermal Science and Technology*, 32, 81-88.
- [21] Variyenli, H. İ., Özdemir, M. B., Özkaya, M. G., Kılıç, F. & Kaçmaz, H. (2015). Düz ve Hapsedici Yüzeyle Kurutma Fırın Performanslarının Karşılaştırılması. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2, 305-324.

- [22] A.O.A.C. (1990). Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. IAC, Arlington, Virginia.
- [23] Çengel, Y. A. & Ghajar A. J. (2015). Isı ve Kütle Transferi: Esaslar ve Uygulamaları. Palme Yayıncılık.
- [24] Holman, J.P. (1994). Experimental Methods for Engineers. McGraw-Hill, Singapore.