



Namık Kemal Üniversitesi
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi
Journal of Tekirdag Agricultural Faculty

An International Journal of all Subjects of Agriculture

Sahibi / Owner

Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Adına
On Behalf of Namık Kemal University Agricultural Faculty

Prof.Dr. Ahmet İSTANBULLUOĞLU
Dekan / Dean

Editörler Kurulu / Editorial Board

Başkan / Editor in Chief

Prof.Dr. Türkan AKTAŞ
Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü
Department Biosystem Engineering, Agricultural Faculty
taktas@nku.edu.tr

Üyeler / Members

Prof.Dr. M. İhsan SOYSAL	Zootekni / Animal Science
Prof.Dr. Servet VARIŞ	Bahçe Bitkileri / Horticulture
Prof.Dr. Temel GENÇTAN	Tarla Bitkileri / Field Crops
Prof.Dr. Sezen ARAT	Tarımsal Biyoteknoloji / Agricultural Biotechnology
Prof.Dr. Aydın ADİLOĞLU	Toprak Bilimi ve Bitki Besleme / Soil Science and Plant Nutrition
Prof.Dr. Fatih KONUKCU	Biyosistem Mühendisliği / Biosystem Engineering
Doç.Dr. İlker H. ÇELEN	Biyosistem Mühendisliği / Biosystem Engineering
Doç.Dr. Ömer AZABAĞAOĞLU	Tarım Ekonomisi / Agricultural Economics
Doç.Dr. Mustafa MİRİK	Bitki Koruma / Plant Protection
Doç.Dr. Ümit GEÇGEL	Gıda Mühendisliği / Food Engineering
Yrd.Doç.Dr. Harun HURMA	Tarım Ekonomisi / Agricultural Economics
Araş.Gör. Eray ÖNLER	Biyosistem Mühendisliği / Biosystem Engineering

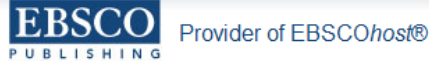
İndeksler / Indexing and abstracting



CABI tarafından full-text olarak indekslenmektedir / Included in CABI



DOAJ tarafından full-text olarak indekslenmektedir / Included in DOAJ



EBSCO tarafından full-text olarak indekslenmektedir / Included in EBSCO



FAO AGRIS Veri Tabanında İndekslenmektedir / Indexed by FAO AGRIS Database



INDEX COPERNICUS tarafından full-text olarak indekslenmektedir / Included in INDEX COPERNICUS



TUBİTAK-ULAKBİM Tarım, Veteriner ve Biyoloji Bilimleri Veri Tabanı (TVBBVT) Tarafından taranmaktadır / Indexed by TUBİTAK-ULAKBİM Agriculture, Veterinary and Biological Sciences Database

Yazışma Adresi / Corresponding Address

Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi NKÜ Ziraat Fakültesi 59030 TEKİRDAĞ

E-mail: ziraatdergi@nku.edu.tr
Web adresi: <http://jotaf.nku.edu.tr>
Tel: +90 282 250 20 00

ISSN: 1302-7050

Danışmanlar Kurulu / Advisory Board

Bahçe Bitkileri / Horticulture

- Prof. Dr. Ayşe GÜL** Ege Üniv., Ziraat Fak., İzmir
Prof. Dr. İsmail GÜVENÇ Kilis 7 Aralık Üniv., Ziraat Fak., Kilis
Prof. Dr. Zeki KARA Selçuk Üniv., Ziraat Fak., Konya
Prof. Dr. Jim HANCOCK Michigan State University, USA

Bitki Koruma / Plant Protection

- Prof. Dr. Cem ÖZKAN** Ankara Üniv., Ziraat Fak., Ankara
Prof. Dr. Yeşim AYSAN Çukurova Üniv., Ziraat Fak., Adana
Prof. Dr. Ivanka LECHAVA Agricultural University, Plovdiv-Bulgaria
Dr. Emil POCSAI Plant Protection Soil Conser. Service, Velenca-Hungary

Biyosistem Mühendisliği / Biosystem Engineering

- Prof. Bryan M. JENKINS** U.C. Davis, USA
Prof. Hristo I. BELOEV University of Ruse, Bulgaria
Prof. Dr. Simon BLACKMORE The Royal Vet.&Agr. Univ. Denmark
Prof. Dr. Hamdi BİLGİN Ege Üniv.Ziraat Fak. İzmir
Prof. Dr. Ali İhsan ACAR Ankara Üniv. Ziraat Fak. Ankara
Prof. Dr. Ömer ANAPALI Atatürk Üniv., Ziraat Fak. Erzurum
Prof. Dr. Christos BABAJIMOPOULOS Aristotle Univ. Greece
Dr. Arie NADLER Ministry Agr. ARO, Israel

Gıda Mühendisliği / Food Engineering

- Prof.Dr.Evgenia BEZIRTOGLOU** Democritus University of Thrace/Greece
Assoc.Prof.Dr.Nermina SPAHO University of Sarajevo/Bosnia and Herzegovina
Prof. Dr. Kadir HALKMAN Ankara Üniv., Mühendislik Fak., Ankara
Prof. Dr. Atilla YETİŞEMİYEN Ankara Üniv., Ziraat Fak., Ankara

Tarımsal Biyoteknoloji / Agricultural Biotechnology

- Prof. Dr.İskender TIRYAKI** Çanakkale Üniv., Ziraat Fak., Çanakkale
Prof. Dr. Khalid Mahmood KHAWAR Ankara Üniv., Ziraat Fak., Ankara
Prof.Dr. Mehmet KURAN Ondokuz Mayıs Üniv., Ziraat Fak., Samsun
Doç.Dr.Tuğrul GİRAY University of Puerto Rico, USA
Doç.Dr.Kemal KARABAĞ Akdeniz Üniv., Ziraat Fak., Antalya
Doç. Dr. İsmail AKYOL Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv., Ziraat Fak., Kahramanmaraş

Tarla Bitkileri / Field Crops

- Prof. Dr. Esvet AÇIKGÖZ** Uludağ Üniv., Ziraat Fak., Bursa
Prof. Dr. Özer KOLSARICI Ankara Üniv., Ziraat Fak., Adana
Dr. Nurettin TAHSİN Agriculture University, Plovdiv-Bulgaria
Prof. Dr. Murat ÖZGEN Ankara Üniv., Ziraat Fak., Ankara
Doç. Dr. Christina YANCHEVA Agriculture University, Plovdiv-Bulgaria

Tarım Ekonomisi / Agricultural Economics

- Prof. Dr. Faruk EMEKSİZ** Çukurova Üniv., Ziraat Fak., Adana
Prof. Dr. Hasan VURAL Uludağ Üniv., Ziraat Fak., Bursa
Prof. Dr. Gamze SANER Ege Üniv., Ziraat Fak., İzmir
Prof. Dr. Alberto POMPO El Colegio de la Frontera Norte, Meksika
Prof. Dr. Şule IŞIN Ege Üniv., Ziraat Fak., İzmir

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü / Soil Sciences And Plant Nutrition

- Prof. Dr. M. Rüştü KARAMAN** Yüksek İhtisas Üniv., Ankara
Prof. Dr. Metin TURAN Yeditepe Üniv., Müh. ve Mimarlık Fak. İstanbul
Prof. Dr. Aydın GÜNEŞ Ankara Üniv., Ziraat Fak., Ankara
Prof. Dr. Hayriye İBRİKÇİ Çukurova Üniv., Ziraat Fak., Adana
Doç. Dr. Josef GORRES The University of Vermont, USA
Doç. Dr. Pasquale STEDUTO FAO Water Division Italy

Zootekni / Animal Science

- Prof. Dr. Andreas GEORGOIDUS** Aristotle Univ., Greece
Prof. Dr. Ignacy MISZTAL Breeding and Genetics Universit of Georgia, USA
Prof. Dr. Kristaq KUME Center for Agricultural Technology Transfer, Albania
Dr. Brian KINGHORN The Ins. of Genetics and Bioinf. Univ. of New England, Australia
Prof. Dr. Ivan STANKOV Trakia University, Depart. of Animal Science, Bulgaria
Prof. Dr. Muhlis KOCA Atatürk Üniv., Ziraat Fak., Erzurum
Prof. Dr. Gürsel DELLAL Ankara Üniv., Ziraat Fak., Ankara
Prof. Dr. Naci TÜZEMEN Kastamonu Üniv., Mühendislik Mimarlık Fak., Kastamonu
Prof. Dr. Zlatko JANJEČIĆ University of Zagreb, Agriculture Faculty, Hırvatistan
Prof. Dr. Horia GROSU Univ. of Agricultural Sciences and Vet. Medicine Bucharest,Romanya

İÇİNDEKİLER/CONTENTS

F. Pehlevan, M. Özdoğan Bazı Alternatif Yemlerin Besin Madde İçeriğinin Belirlenmesinde Kimyasal ve Yakın Kızılötesi Yansıma Spektroskopisi Metotlarının Karşılaştırılması Comparison Between Chemical and Near Infrared Reflectance Spectroscopy Methods for Determining of Nutrient Content of Some Alternative Feeds	1-10
D. Katar, Y. Arslan, İ. Subaşı, R. Kodaş, N. Katar Bölünerek Uygulanan Azotlu Gübrelerin Aspir (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) Bitkisinde Verim ve Verim Unsurları Üzerine Etkisi Effect of Nitrogen Fertilizers Applied by Dividing on Yield and Yield Components of Safflower (<i>Carthamus tinctorius</i> L.).....	11-20
S. Çelen, T. Aktaş, S. S. Karabeyoğlu, A. Akyıldız Zeytin Pirinasının Mikrodalga Enerjisi Kullanılarak Kurutulması ve Uygun İnce Tabaka Modelinin Belirlenmesi Drying of Prina Using Microwave Energy and Determination of Appropriate Thin Layer Drying Model.....	21-31
Ü. Karık Ege ve Batı Akdeniz Florasındaki Anadolu Adaçayı (<i>Salvia fruticosa</i> Mill.) Populasyonlarının Bazı Verim ve Kalite Özellikleri Some Morphological, Yield and Quality Characteristics of Anatolian Sage (<i>Salvia fruticosa</i> Mill.) Populations in Aegean and West Mediterranean Region.....	32-42
Y. Bayram, M. Büyük, C. ÖZASLAN, Ö. Bektaş, N. Bayram, Ç. Mutlu, E. ATEŞ, B. Bükün New Host Plants of <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Turkey Türkiye’de <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)’nin Yeni Konukçu Bitkileri	43-46
B. Atmaca, D. Boyraz Tekirdağ Merkez İlçesi Kıyı Şeridindeki Doğal Drenaj Ağındaki Toprakların Zemin Mühendisliği Özelliklerinin Değerlendirilmesi The Assessment of Ground Engineering Properties of Soils in The Natural Drainage Network in The Coastal Line of Tekirdag Central District.....	47-56
T. Cengiz, S.Doğtaş İlköğretim Çağındaki Çocukların Açık Yeşil Alan Kullanım Alışkanlıklarının Belirlenmesi: Çanakkale Örneği Determination of The Public Green Space Usage Habits of Elementary Age Children: Sample of Çanakkale	57-66
F. Eryılmaz Açıkgoz, T. Aktaş, F. Hastürk Şahin Komatsuna (<i>Brassica Rapa</i> L. Var. <i>Perviridis</i>) Bitkisine Ait Bazı Fiziko-Mekanik ve Yapısal Özelliklerin Belirlenmesi Determination of Some Physico-Mechanical and Structural Features of Komatsuna (<i>Brassica rapa</i> L. var. <i>perviridis</i>) ...	67-77
Ö. C. Niyaz, Ni Demirbaş Identifying The Factors Affecting Fresh Fruit Production and Marketing in Canakkale-Turkey Türkiye’nin Çanakkale İlinde Yaş Meyve Üretim ve Pazarlamasını Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi	78-85
S. Işık, A. Adiloğlu Kocaeli İli İzmit İlçesi Park ve Bahçelerindeki Bazı Süs Bitkilerinin Beslenme Durumlarının Bitki Analizleriyle Belirlenmesi Determination of Nutrient Status of Some Ornamental Plants with Plant Analysis in Public Garden of İzmit District, Kocaeli	86-91
İ. Kocaman, A. İstanbulluoğlu, H.C. Kurç, G. Öztürk Edirne-Uzunköprü Yöresindeki Tarımsal İşletmelerde Ortaya Çıkan Hayvansal Atıkların Oluşturduğu Çevresel Sorunların Belirlenmesi Investigation of Environmental Problems in Farms Caused by Animal Wastes in Agribusiness of Edirne-Uzunköprü Region	92-98
O. Yorgancılar, I. Kutlu, A. Yorgancılar, P. Uzun Anther Culture Response to Different Media in F2 Progenies of Bread Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) The Effect of Ekmeklik Buğdayın (<i>Triticum aestivum</i> L.) F2 Dölllerinin Farklı Ortamlarda Anter Kültürüne Tepkisi	99-109
S. Adiloğlu, M.T. Sağlam Tekirdağ İli Topraklarının Krom ve Nikel İçerikleriyle Bazı Fizikokimyasal Özellikleri Arasındaki İstatistiksel İlişkiler Some Statistical Relationships Between Chrome and Nickel Contents and Some Physicochemical Properties of Tekirdağ Province Soils.....	110-119

Zeytin Pirinasının Mikrodalga Enerjisi Kullanılarak Kurutulması ve Uygun İnce Tabaka Modelinin Belirlenmesi

S. Çelen^{1*}

T. Aktaş²

S. S. Karabeyoğlu³

A. Akyıldız⁴

^{1*} Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ

² Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ

³ Kırklareli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Kırklareli

⁴ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ

Bu çalışmada mikrodalga fırında pirinanın ince tabaka kuruma kinetiği incelenmiştir. 7mm, 9mm ve 11mm kalınlıktaki pirina örnekleri; 90, 180, 360 ve 600W (2450 MHz) çıkış güçlerinde mikrodalgada kurutulmuş ve zamana bağlı olarak pirinanın nem içeriğindeki değişim belirlenmiştir. Mikrodalga çıkış gücündeki artma ile kuruma hızının arttığı saptanmıştır. Dört farklı mikrodalga çıkış gücünde nihai nem içeriklerine sırasıyla; 7mm kalınlığında pirina için 90W da 13250s, 360W da 1070s ve 600W da 820 saniyede ulaşılırken, 9mm kalınlığında pirina için 90W da 17640s, 360W da 1360s ve 600W da 990 saniyede ve 11mm kalınlığında pirina için 90W da 23440s, 360W da 1580s ve 600W da 1070 saniye sonunda ulaşılmıştır. Deneysel verileri değerlendirmek için literatürde önerilmiş olan Wang&Singh, Two Term, Two Term Exponential ve Midilli ve ark. ince tabaka kuruma modelleri kullanılmıştır. Modeller arasındaki kıyaslama R^2 , χ^2 ve e_s istatistik parametreleri kullanılarak yapılmıştır. Kullanılan modeller arasında 7mm için Two Term Exponential, 9mm için Midilli ve ark. ve 11mm için Two Term modelinin pirinanın mikrodalga kuruma davranışını temsil eden en iyi modeller olduğu saptanmıştır. Ayrıca kurutma ile ilgili modelleme çalışmaları incelendiğinde efektif difüzyon katsayısının ve aktivasyon enerjisinin sırasıyla $1,17 \cdot 10^{-5}$ - $4,11 \cdot 10^{-6}$ m²/s ve 0,1190kJ/mol-0,3577 kJ/mol arasında değiştiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Pirina, mikrodalga, kurutma modeli, difüzyon katsayısı

Drying of Prina Using Microwave Energy and Determination of Appropriate Thin Layer Drying Model

This study examined the thin layer drying kinetics of the prina in the microwave. Prina samples with 7mm, 9mm and 11mm thickness were dried using 90, 180, 360 and 600 W (2450 MHz) microwave output powers and changing of moisture content of samples depend on time were determined. The drying rate increased with the increase in microwave power output. The final moisture content was determined at the end of 13250s for 90W, at the end of 1070s for 360W, at the end of 820s for 600W for prina of 7mm thickness, at the end of 17640s for 90W, at the end of 1360s for 360W, at the end of 990s for 600W for prina of 9mm thickness and at the end of 23440s for 90W, the end of 1580s for 360W, at the end of 1070s for 600W for prina of 11mm thickness in four different microwave powers. To evaluate the experimental data, Wang & Singh, Two Term, Two Term Exponential and Midilli et al. thin layer drying models suggested in the literature were used. Comparison between models was performed using the statistical parameters as R^2 , χ^2 and e_s . Among used the models, Two Term Exponential for 7mm, Midilli et al. for 9mm, Two Term for 11mm were found to be the best models representing the microwave drying behavior of prina samples. Also, according to modelling results, it was determined that the effective diffusion coefficient and activation energy changed between $1,17 \cdot 10^{-5}$ - $4,11 \cdot 10^{-6}$ m² s and 0,1190kJ/mol-0.3577 kJ/mol, respectively.

Keywords: Prina, microwave, drying model, diffusion coefficient

Giriş

Dünya'da ve ülkemizde, zeytin işleme ve zeytinyağı sektörü büyük ekonomik öneme sahiptir. Zeytin ve zeytinyağı endüstrisi, gerek zeytinyağı olarak gerekse sofralık zeytin olarak insanların beslenme zincirinin en özel ve önemli halkalarındandır. 2009 yılı verilerine göre ülkemizde üretilen zeytin miktarı 1 290 654

tondur. Üretilen miktarın 389.120 tonu sofralık 737.244 tonu da yağlık olarak değerlendirilmiştir (Başkan, 2010).

Pirina, zeytinden yağ çıkartılması sırasında elde edilen çekirdek ve etli kısımdan oluşan, %3-6 oranında zeytinyağı ve %40-65 oranında nem içeren katı atıktır (Kurtuluş 2003; Öcal 2005; Başkan 2010). Yağlı pirina ya da diğer bir adı ile

yağlı zeytin küspesi zeytinyağı elde edilme aşamasında ortaya çıkan önemli zeytin yan ürünüdür (Tunalıoğlu ve Armağan, 2008). Eski Roma zamanlarında yabancı otların büyümesine engel olan doğal bir ilaç olarak kullanılmasına rağmen günümüzde kullanım alanı oldukça geniştir. Yakıt, gübre, büyükbaş hayvanlar için yem olarak (Tunalıoğlu ve Armağan, 2008; Keser ve Bilal, 2010), hatta bitümlerle karıştırıldığında yol yapımında katkı malzemesi olarak değerlendirilebilen pirininin en yaygın kullanım alanı sahip olduğu enerji içeriği nedeniyle “yakıt amaçlı” kullanımınıdır (Koçer, 2013).

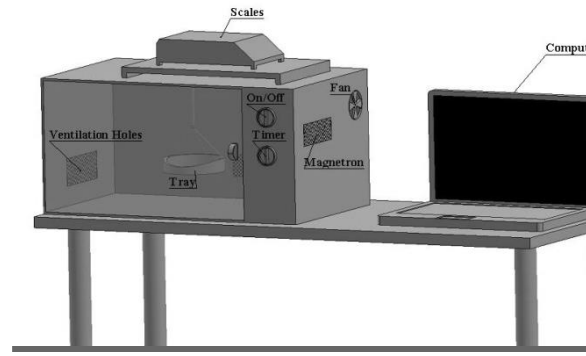
Bu kullanım alanlarına ilave olarak zeytin pirinasının tekrar kullanılması amacıyla, artıkların plastik malzemeler ile katılaştırılarak polimer sektöründe kullanılan kompozit malzeme üretiminde kullanılması günümüzde yaygınlaşmaktadır. Plastik matrisin zeytin atık malzemelerle karışımlarının kullanılması hem dayanım hem de ekonomik olması açısından olumlu kazanımlar sağlamaktadır.

Kullanım amacı ne olursa olsun bünyesindeki yağ asit değeri bekletme sırasında artış göstereceğinden dolayı pirininin mümkün olan en kısa zamanda uygun kurutma yöntemleri ve kurutma şartları kullanılarak kurutulması önem taşımaktadır. Bu sebeple bu çalışmanın temel amacı; zeytinyağı fabrikalarında zeytinlerin sıkılmasından sonra arta kalan zeytin küspesi olan pirininin mikrodalga yöntemi kullanılarak kurutulması, kurutma kinetiğinin incelenmesi, farklı kalınlıklarda kurutulmuş örneklerin ince tabaka kurutulmasında en uygun modelin saptanması ve bu modelleme sonuçlarına bağlı olarak difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerji değerlerinin belirlenmesidir.

Materyal ve Yöntem

Deneylerde kullanılmış olan pirina Balıkesir’ den bir zeytinyağı işleme fabrikasından temin edilmiştir. Pirina örneklerinin kurutulması amacıyla kullanılmış Beko marka, 2450MHz frekanslı, 800W’ luk enerji değerli, 19 litrelik iç hacimli, döner tabanlı mikrodalga fırın denemelere uygun şekilde düzenlenmiştir (Şekil 1).

Mikrodalga kurutmada deneyler süresince oluşan nem kayıpları Presica XB 620 M marka hassas terazi aracılığıyla ölçülmüştür. Terazi mikrodalga fırının üstüne konulmuştur. Ağırlık kayıpları terazinin alttan tartma özelliği sayesinde ölçülmektedir.



Şekil 1. Mikrodalga Kurutma Sistemi

Figure 1. Microwave Drying System

Tarım ürünlerinin nem içeriğini ifade etmede “yaş baz” (y.b.) ve “kuru baz” (k.b.) olmak üzere iki tanımdan biri kullanılmaktadır. Yaş baza göre nem içeriği ürünlerdeki su ağırlığının ürünün tüm ağırlığına oranı olarak tanımlanmaktadır (Kahveci ve Cihan, 2008). Deneyler kurutulmuş pirininin nem oranı %22±0.5 ye (yaş baz) gelinceye kadar devam ettirilmiştir.

Yaş baza göre nem içeriğini hesaplamak amacıyla 1 numaralı eşitlik kullanılmıştır.

$$\%m_{yb} = \frac{M_s}{M_s + M_k} \cdot 100 \quad (1)$$

Boyutsuz nem oranı:

$$mr = \frac{m - m_e}{m_o - m_e} \quad (2)$$

şeklinde tanımlıdır. Mikrodalga kurutma için bu formül aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$mr = m / m_o \quad (3)$$

Bu eşitliklerde:

M_k : ürünün kuru kütlesi (g),

M_s : ürünün sıvı kütlesi (g),

m_r : boyutsuz nem oranı,

m : ürünün belli bir zamandaki nem içeriği,

m_e : denge nem içeriği,

m_o : ilk nem içeriği,

m_{yb} : yaş baza göre nem içeriğidir.

Mikrodalga fırın içinde denge nem içeriği (m_e) sıfır kabul edilmiştir (Maskan, 2000).

Mikrodalga kurutma deneylerinde, pirina tabaka kalınlıkları 7, 9, 11mm olarak alınmış ve ilk nem değerlerinin saptanması amacıyla etüvde 24 saat 105°C ' de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Yaş baza göre ilk nem değeri $49 \pm 0,01$ olarak bulunmuştur. Kurutma için örnek ağırlıkları her bir kalınlık için farklı alınmıştır. Bu ağırlıklar, 7mm için 150 g, 9mm için 200 g, 11mm için 250 g'dır. Bu amaçla hazırlanmış her bir örneğin kuru ağırlıkları bulunmuştur.

Transport mekanizmalarının karmaşıklığından dolayı gıda maddelerinin kuruma davranışları genellikle ampirik ve yarı-ampirik modeller ile simüle edilmektedir (Kahveci ve Cihan, 2008). Bu amaçla sıkça kullanılan modeller Çizelge 1' de verilmiştir. Ampirik ve yarı-ampirik modeller teorik modellere göre daha az karmaşık olmakla birlikte, içerdikleri parametrelerin, yalnızca ele alınan ürün ve prosesle ilgili olması, yaygın kullanım alanı bulmalarını engellemektedir.

Çizelge 1. Biyolojik malzemelerin kuruma davranışını ifade etmede sıkça kullanılan ampirik ve yarı-ampirik modeller (Cihan ve Ark., 2007)

Table 1. Emprical and semi-emprical models that are often used to express the drying behaviour of biological materials (Cihan et al., 2007)

Model adı	Model denklemleri
Wang&Singh	$mr = 1 + at + bt^2$
Two term	$mr = a_1 \exp(-k_1 t) + a_2 \exp(-k_2 t)$
Two term exponential	$mr = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kat)$
Midilli ve ark.	$mr = a \exp(-kt^n) + bt$

Modelleme lineer olmayan regresyon analiz yöntemi yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla Fortran programı kullanılarak bir kod hazırlanmıştır. Modelin deneysel verileri ifade etmedeki uygunluğuna korelasyon katsayısının (r) aldığı değere göre karar verilmiştir. Modelin uygunluğunu tespit etmek amacıyla ayrıca standart hata (e_s) ve chi-kare (χ^2) değerleri de hesaplanmıştır. Bu büyüklükler aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır (McMinn, 2006; Sacılık ve ark., 2006)

$$r = \frac{n_o \sum_{i=1}^{n_o} mr_{teo,i} mr_{den,i} - \sum_{i=1}^{n_o} mr_{teo,i} \sum_{i=1}^{n_o} mr_{den,i}}{\sqrt{\left(n_o \sum_{i=1}^{n_o} (mr_{teo,i})^2 - \left(\sum_{i=1}^{n_o} mr_{teo,i} \right)^2 \right) \left(n_o \sum_{i=1}^{n_o} (mr_{den,i})^2 - \left(\sum_{i=1}^{n_o} mr_{den,i} \right)^2 \right)}} \quad (4)$$

$$e_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_o} (mr_{teo,i} - mr_{den,i})^2}{n_o}} \quad (5)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_o} (mr_{teo,i} - mr_{den,i})^2}{n_o - n_c} \quad (6)$$

Bu eşitliklerde;

- a, b, k, k_1, k_2, n : kurutma sabitleri,
- n_o : ölçüm sayısı,
- e_s : standart hata,
- t : zaman (s),
- m : kuru baza göre nem içeriği,
- m_r : boyutsuz nem oranı,
- teo : teorik,
- n_c : kurutma modelindeki sabit sayısı,
- χ^2 : Chi kare,
- φ : bağıl nem,
- T : sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$),
- e : denge nem durumu,
- o : başlangıç durumu,
- den : deneysel,
- r : korelasyon katsayısıdır.

Model sonuçları ile deneysel veriler arasındaki uygunluk ne kadar iyi ise korelasyon katsayısı 1' e o kadar yakın, standart hata ve chi-kare ise 0' a o kadar yakın olmaktadır.

Mikrodalga kurutucuda kurutma için efektif difüzyon katsayıları tespit edilmiştir. Çoğu gıdalarda nem difüzyonu kurutma sıcaklığındaki artış ile artmaktadır. Genellikle, difüzyon katsayısının sıcaklıkla ilişkisi aşağıda verilen Arrhenius tipi bir ilişkidir ve aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$D_{\text{eff}} = D_o \cdot e^{-E/R \cdot T} \quad (7)$$

D_o : Sabit katsayı (m^2/s),

E : Aktivasyon enerjisi ($J/kg \text{ mol K}$),

R : Üiversal gaz sabiti ($8314.34 J/kg \text{ mol K}$)

T : Kurutma ortamı sıcaklığı (K)

Mikrodalga kurutmada sıcaklık doğrudan ölçülemez. Arrhenius denklemi değiştirilerek aktivasyon enerjisi hesaplanabilir. Aktivasyon enerjisi efektif difüzyon katsayısı ile ilişkilidir ve mikrodalga gücün ürün ağırlığına oranı (m/P) aşağıdaki denklemdeki gibidir (Demirhan ve Özbek, 2008; Abano ve Ark., 2012).

$$D_{\text{eff}} = D_o \cdot e^{-E \cdot m/P} \quad (8)$$

Bu eşitlikte :

m : pirinanın ilk yaş ağırlığı (g),

P : mikrodalga gücüdür (W).

İkinci Fick yasasının belirtilen şartlar altında bazı basit geometriler için analitik çözümleri vardır. Çalışmamızda kullanılan tabaka sonsuz slab olarak kabul edilmiştir. $\ln \frac{m - m_e}{m_o - m_e}$ nin zamana bağlı

olarak değişim grafiği çizilerek her deney şartındaki difüzyon katsayıları hesaplanabilmektedir. Bunun için (9) eşitliği kullanılmıştır.

$$\frac{m - m_e}{m_o - m_e} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{\pi^2 D_{\text{eff}}}{4L^2} t\right) \quad (9)$$

$$\ln \frac{m - m_e}{m_o - m_e} = \ln \frac{8}{\pi^2} - \frac{\pi^2 D_{\text{eff}}}{4L^2} t \quad (10)$$

elde edilir. Bu bir doğru bağıntısıdır. L tabaka kalınlığıdır.

$$A = \ln \frac{8}{\pi^2} \quad (11)$$

$$c = -\frac{\pi^2 D_{\text{eff}}}{4L^2} \quad (12)$$

olmak üzere:

$$\ln \frac{m - m_e}{m_o - m_e} = a + ct \quad (13)$$

şeklinde ifade edilebilir. $\ln \frac{m - m_e}{m_o - m_e}$ ile t arasında

bir grafik çizildiğinde doğrunun eğimi $-\frac{\pi^2 D_{\text{eff}}}{4L^2}$ dir.

Bu eğimlerden difüzyon katsayısı D_{eff} hesaplanabilmektedir.

$$D_{\text{eff}} = -\frac{4L^2 c}{\pi^2} \quad (14)$$

Bulgular ve Tartışma

Farklı tabaka kalınlıklarında örneklerin mikrodalga sistemi ile kurutulması sırasında gösterdiği kuruma davranışları Şekil 3, 4 ve 5' de gösterilmiştir. Şekil 3, 4 ve 5'den de görüldüğü gibi pirinanın kurutulmasında mikrodalga gücünün büyük bir önemi vardır. Doğal olarak en uzun kuruma süresi 90W' da, en kısa kuruma süresi ise 600W' da söz konusu olmaktadır. Yüksek güç hızlı kuruma sağlamaktadır. Bunun bir avantaj olduğu düşünülebilir ama kalite yönünden incelendiğinde bu istenmeyen bir durumdur. Denemeler sırasında pirinanın içinde bulunan çekirdek parçaları, 600W güçte bölgesel olarak yanmalara sebep olmuştur. Homojen bir kuruma sağlanamamıştır. 7mm kalınlığında pirina 90W'da 13250s, 360W'da 1070s ve 600W'da 820 saniyede %22±0.5 neme kadar düşürülerek kuruma sağlanmıştır. 9mm kalınlığında pirina 90W da 17640s, 360W da 1360s ve 600W da 990 saniyede %22±0.5 neme kadar düşürülerek kuruma sağlanmıştır. 11mm kalınlığında pirina 90W'da 23440s, 360W'da 1580s ve 600W'da 1070 saniyede %22±0.5 neme kadar düşürülerek kuruma sağlanmıştır.

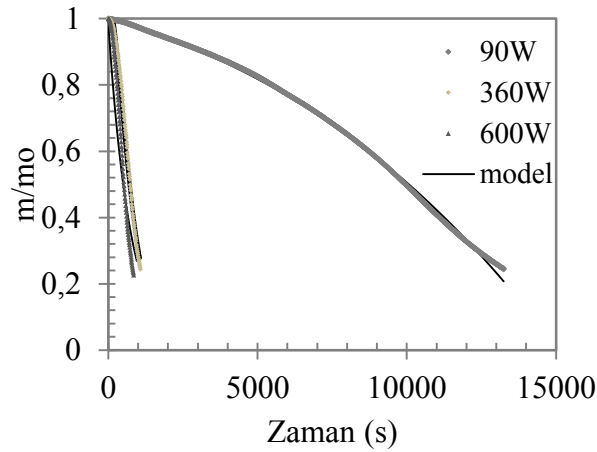
Mikrodalgada kurutulan pirina numunelerinin kuruma davranışını ifade etmede Çizelge 1'de verilen modellerin uygunluğu gerçekleştirilen istatistiksel analiz sonuçlarına göre 7, 9 ve 11mm tabaka kalınlığında hazırlanan pirina örnekleri için sırasıyla Çizelge 2, 3 ve 4' de verilmiştir.

Sonuçlardan da görülebileceği gibi ele alınan değişik mikrodalga güçleri için Şekil 2' de modelin deneysel veriler ile uygunluğu çözülmüştür. 90W için Two Term Exponential model, 360W ve 600W için Midilli ve ark. Modelinin uygun olduğu görülmektedir. Two Term Exponential modele dayalı olarak kuruma eğrileri

Çizelge 2. 7mm kalınlığındaki Pirina için mikrodalga kurutmada ampirik ve yarı-ampirik modellerin uygunluğu

Table 2. Appropriateness of empirical and semi-empirical models for prina with 7 mm thickness for microwave drying

Model	M.G.	Sabitler	r	e _s	χ ²
Wang and Singh	90W	a=-0,000049 b=0,000201	0,9720	0,0563	0,00317
	360W	a=-0,000309 b=0,008152	0,9814	0,0648	0,00421
	600W	a=-0,000728 b=-1,83.10 ⁻¹⁰	0,9887	0,0444	0,00197
Midilli ve ark.	90W	a=1,054548 k=-0,00174 n=0,440172 b=-0,00006	0,9791	0,03343	0,001117
	360W	a=0,399561 k=-0,75580 n=0,06666 b=-0,00105	0,9957	0,01689	0,000285
	600W	a=1,07589 k=-0,00034 n=0,73856 b=-0,00112	0,9916	0,02377	0,000565
Two term	90W	a=3,203771 k ₀ =0,000157 b=-2,267705 k ₁ =0,000253	0,9799	0,03300	0,001089
	360W	a=4,557828 k ₀ =0,002346 b=-3,616446 k ₁ =0,003300	0,9955	0,01765	0,000311
	600W	a=1,180290 k ₀ =0,001645 b=-13,76064 k ₁ =0,442478	0,9600	0,05452	0,002972
Two term exponential	90W	a=2,437169 k=-0,000024	0,9987	0,00830	0,000068
	360W	a=2,194453 k=0,001882	0,9908	0,02507	0,000628
	600W	a=0,001283 k=1,052386	0,9723	0,09016	0,008129



Şekil 2. 90W, 360W ve 600W güçte kurutulan 7mm kalınlığındaki Pirina için Two term exponential modeline dayalı kuruma eğrileri

Figure 2. Drying curves of pirina that were dried using 90, 360 and 600 W power levels with 7 mm thickness based on Two term exponential model

Çizelge 3 incelendiğinde 9mm kalınlığında hazırlanmış pirinanın mikrodalga sisteminde kurutulmasında kuruma davranışına r , e_s ve χ^2 sonuçlarının birlikte değerlendirilme sonucunda uygun modelin Midilli ve ark. modeli olduğu görülmektedir.

DeneySEL veriler ile en iyi uygunluğu veren Midilli ve ark. modeline dayalı olarak kuruma eğrileri değişik mikrodalga güçleri ve 9mm pirina tabakası kalınlığı için Şekil 3' de çizilmiştir.

Çizelge 4 incelendiğinde 11mm kalınlığında hazırlanmış pirinanın mikrodalga sisteminde kurutulmasında kuruma davranışına en uygun modelin yine Two Term modeli olduğu görülmektedir.

DeneySEL veriler ile iyi uygunluğu veren Two Term modeline dayalı olarak kuruma eğrileri değişik mikrodalga güçleri için Şekil 5' de çizilmiştir.

Eldedilen bu sonuçlar uygulanan üç farklı mikrodalga gücünde üç farklı uygun model ortaya koymaktadır. Vega-Galvez ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada taşınım ile pirinanın kurutulmasında The Modified Henderson and Pabis modelin, Meziane (2011) ise akışkan yataklı kurutucuda kurutulan

pirina için Midilli ve ark. modelinin uygun olduğunu göstermişlerdir.

Şekil 5'de $\ln \frac{m - m_e}{m_o - m_e}$ nin zamana bağlı olarak değişimi mikrodalga kurutma yöntemi için verilmiştir.

Şekil 6'da farklı mikrodalga güç seviyeleri için $\ln Deff$ 'nin birim güce düşen ağırlık miktarına (m/P) bağlı olarak değişimi ve bu değişimin denklemleri verilmiştir.

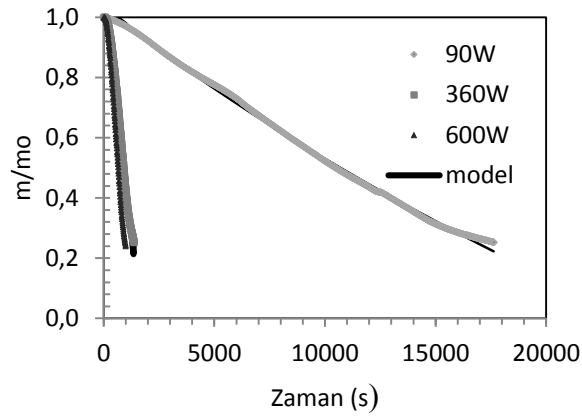
Şekil 6 'da verilmiş olan grafiklerden faydalanarak her deney şartındaki difüzyon katsayıları Eşitlik (9) kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan difüzyon katsayıları ve aktivasyon enerjileri pirina tabaka kalınlığı ve mikrodalga gücüne bağlı olarak Çizelge 5'de verilmiştir.

Vega-Galvez vd. (2010), pirinanın beş farklı sıcaklıkta taşınım ile kurutulmasında efektif difüzyon katsayıları ve aktivasyon enerjilerini de sırasıyla $2.03.10^{-9}$ - $1.71.10^{-9}$ m^2/s ve $12.43kJ/mol$ olarak belirlemişlerdir. Meziane (2011) yaptığı çalışmada pirinanın akışkan yataklı kurutucuda kurutulmasında difüzyon katsayısının hava sıcaklığına bağlı olarak 0.68 - $2.15.10^{-7}$ m^2/s ve aktivasyon enerjisinin 34.05 , 36.84 ve 38.10 kJ/mol olarak bulunmuştur.

Çizelge 3. 9mm kalınlığındaki Pirina için mikrodalga kurutmada ampirik ve yarı-ampirik modellerin uygunluğu

Table 3. Appropriateness of empirical and semi-empirical models for prina with 9mm thickness for microwave drying

Model	M.G.	Sabitler	r	e _s	χ ²
Wang and Singh	90W	a=-0,0000456 b=2,2.10 ⁻¹²	0,9950	0,01633	0,000266
	360W	a=-0,0005417 b=0,0007674	0,9851	0,05868	0,003443
	600W	a=-0,0007885 b=0,0058754	0,9899	0,05231	0,002736
Midilli ve ark.	90W	a=1,031251 k=0,000044 n=0,981044 b=-0,000017	0,9982	0,00985	0,000097
	360W	a=1,097892 k=-0,000129 n=0,941906 b=-0,000749	0,9853	0,03133	0,000982
	600W	a=1,090949 k=-0,000205 n=0,936219 b=-0,001047	0,9908	0,02508	0,000629
Two term	90W	a=1,081887 k ₀ =0,000075 b=-8,513370 k ₁ =0,464394	0,9852	0,02863	0,000819
	360W	a=1,172467 k ₀ =0,000942 b=-61,86524 k ₁ =1,180369	0,9402	0,06420	0,004122
	600W	a=4,063010 k ₀ =0,002529 b=-3,100287 k ₁ =0,003623	0,9981	0,01158	0,000134
Two term exponential	90W	a=1,881758 k=0,000109	0,9990	0,00707	0,000050
	360W	a=0,001245 k=0,584398	0,9537	0,09369	0,008777
	600W	a=0,001224 k=0,838124	0,9623	0,08955	0,008020



Şekil 3. 90W, 360W ve 600W güçte kurutulan 9mm kalınlığındaki Pirina için Midilli ve ark. modeline dayalı kuruma eğrileri

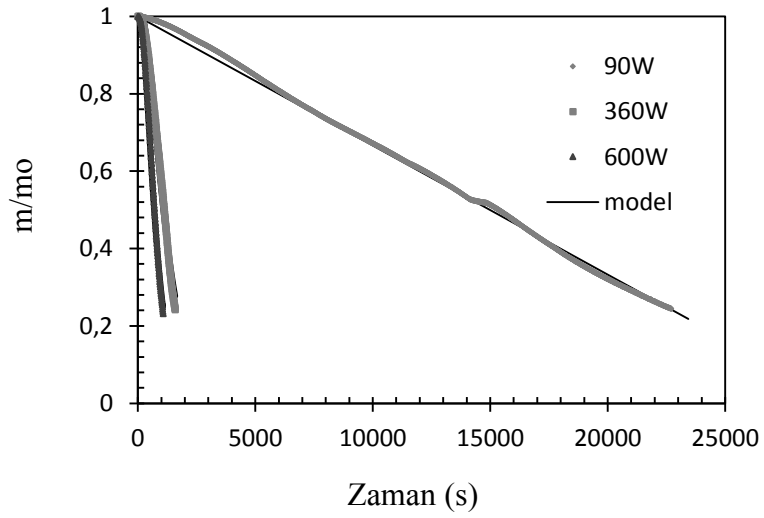
Figure 3. Drying curves of prina that were dried using 90, 360 and 600 W power levels with 9mm thickness based on Midilli et al. model

Çizelge 4. 11mm kalınlığındaki Pirina için mikrodalga kurutmada ampirik ve yarı-ampirik modellerin uygunluğu

Table 4. Appropriateness of empirical and semi-empirical models for prina with 11mm thickness for microwave drying

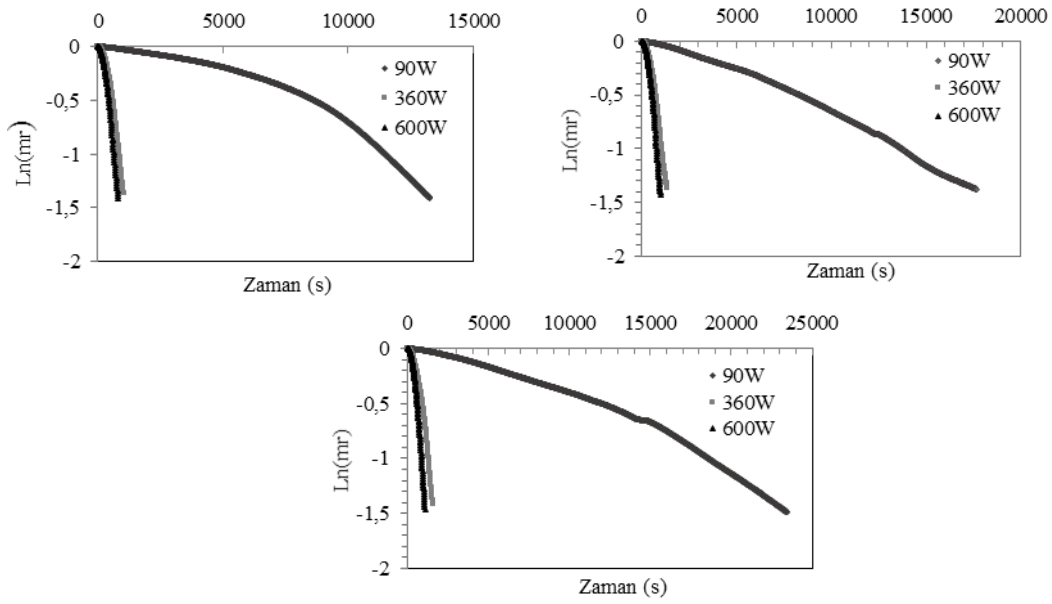
Model	M.G.	Sabitler	r	e _s	χ ²
Wang and Singh	90W	a=-0,0000333 b=-8,5.10 ⁻¹¹	0,9993	0,01061	0,000112
	360W	a=-0,0004955 b=0,0071163	0,9858	0,05829	0,003397
	600W	a=-0,0007377 b=0,0066127	0,9901	0,05195	0,002699
Midilli ve ark.	90W	a=1,019523 k=6,323119 n=0,973576 b=-0,000029	0,9993	0,00595	0,000035
	360W	a=1,098083 k=-0,000143 n=0,7947020 b=-0,000576	0,9875	0,02809	0,000789
	600W	a=1,0901277 k=-0,000148 n=0,939548 b=-0,000933	0,9911	0,02453	0,000601
Two term	90W	a=3,675954 k ₀ =0,000080 b=-2,664026 k ₁ =0,000099	0,9992	0,00343	0,000011
	360W	a=2,871580 k ₀ =0,001394 b=-1,919944 k ₁ =0,002453	0,9942	0,01958	0,000383

	600W	a=3,0570587 k ₀ =0,002189 b=-2,096946 k ₁ =0,003636	0,9980	0,01167	0,000136
	90W	a=8,0210105 k=6,5410 ⁻⁷	0,9988	0,00878	0,000077
Two term exponential	360W	a=2,1655613 k=0,0012442	0,9910	0,02408	0,000857
	600W	a=2,151426 k=0,001927	0,9959	0,01668	0,000278



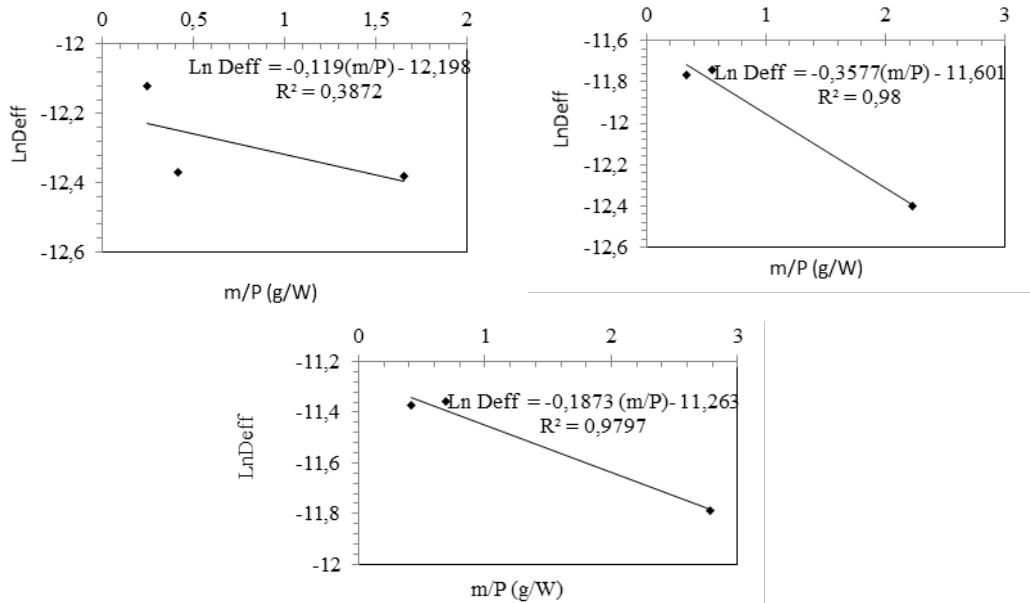
Şekil 4. 90W, 360W ve 600W güçte kurutulan 11mm kalınlığındaki Pirina için Two Term modeline dayalı kuruma eğrileri

Figure 4. Drying curves of prina that were dried using 90, 360 and 600W power levels with 11mm thickness based on Two term model



Şekil 5. 7mm, 9mm ve 11mm kalınlığındaki pirinanın farklı mikrodalga güçlerinde $\ln(m_r)$ ve kuruma zamanı arasındaki lineer ilişki

Figure 5. Linear relationship between drying time and $\ln(m_r)$ determined at different microwave power levels for pirina with 7, 9 and 11mm thicknesses



Şekil 6. 7mm, 9mm ve 11mm kalınlığındaki pirina için farklı mikrodalga güçlerindeki $\ln(D_{eff})$ ve kuruma zamanı arasındaki lineer ilişki

Figure 6. Linear relationship between drying time and $\ln(D_{eff})$ determined at different microwave power levels for pirina with 7, 9 and 11mm thicknesses

Çizelge 5. Farklı güçlerdeki kurutulan pirinanın D_{eff} ve aktivasyon enerjisi değerleri

Table 5. D_{eff} and activation energy values for prina that were dried using different microwave power levels

Pirina Kalınlığı	Mikrodalga Gücü (W)	D_{eff} (m^2/s)	E (kJ/mol)
7mm	90	$4,11.10^{-6}$	0,1190
	360	$7,94.10^{-6}$	
	600	$7,74.10^{-6}$	
9mm	90	$4,20.10^{-6}$	0,3577
	360	$4,25.10^{-6}$	
	600	$5,45.10^{-6}$	
11mm	90	$7,60.10^{-6}$	0,1873
	360	$1,17.10^{-5}$	
	600	$1,15.10^{-5}$	

Sonuçlar

Bu çalışmada pirinanın mikrodalga kuruma davranışı deneysel olarak araştırılmış ve deneyler 90 W, 360 W, 600 W güçlerinde gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar sırasıyla: (1) Mikrodalga gücünün artmasıyla kuruma zamanı azalmıştır. (2) Pirinanın kuruma davranışının tanımlanmasında 7mm için Two Term Exponential, 9mm için Midilli ve ark. ve 11mm için Two Term Modeli en uygun model olarak tespit edilmiştir. (3) Kurutma ile ilgili modelleme çalışmaları incelendiğinde efektif difüzyon katsayısının ve aktivasyon enerjisinin sırasıyla $1,17.10^{-5}$ - $4,11.10^{-6}$ m^2/s ve $0,1190$ kJ/mol- $0,3577$ kJ/mol aralarında değiştiği görülmüştür.

Teşekkür

Bu çalışmanın yapılmasında Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu desteklerinden dolayı teşekkür ederiz (NKUBAP.00.17.AR.12.04).

Kaynaklar

- Abano, E.E., Ma, H. Ve Qu, W., 2012. Influence of combined microwave-vacuum drying on drying kinetics and quality of dried tomato slices. Journal of Food Quality, 35: 159-168.
- Başkan, A. E., 2010. Zeytinyağı işletmelerinin atıkları ve değerlendirme yolları, T.C. Güney Ege Kalkınma Ajansı, Denizli.
- Cihan, A., Kahveci, K. and Hachafizoğlu, O. 2007. Modelling of intermittent drying of thin layer rough rice. J. Food Eng., 79(1): 293-298.
- Demirhan, E. Ve Özbek, B., 2008. Microwave-drying characteristics of basıl. Journal of Food Processing and Preservation, 34: 476-494.

- Kahveci K ve Cihan A, 2008. Drying of Food Materials: Transport Phenomena, Nova Science, New York, part 1, 13-163.
- Keser, O. Ve Bilal, T., 2010. Zeytin Sanayi Yan Ürünlerinin Hayvan Beslemede Kullanım Olanakları , Hayvansal Üretim, 51(1): 64-72.
- Koçer, O., 2013. Zeytin Posası (Pirina) Üzerine Malaşit Yeşilinin Sulu Çözeltilen Adsorpsiyonu, Yüksek lisans tezi. Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 67 s.
- Kurtuluş, E ., 2003. prinanın bir yakıt olarak kullanımı ve eldesi. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı, Kayseri, 3-4 Ekim, 2003, s. 105-108.
- Maskan, M., 2000. Microwave/air and microwave finish drying of banana, Journal of Food Engineering, 44: 71-78.
- Meziane, S., 2011. Drying kinetics of olive pomace in a fluidized bed dryer, Energy Conversion and Management 52,1644-1649.
- Mcminn W.A.M., 2006. Thin-layer modelling of the convective, microwave, microwave-convective and microwave-vacuum drying of lactose powder, Journal of Food Engineering, 72(2): 113-123.
- Öcal, A, 2005. Zeytinyağı Atıksuyu ve Pirinanın Bitki Yetiştirilmesinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 58 s.
- Sacılık, K., Keskin, R. and Elicin, A. K., 2006. Mathematical modelling of solar tunnel drying of thin layer organic tomato, Journal of Food Engineering, 73 (3): 231-238.
- Tunalıoğlu, R. ve Armağan, G., 2008. Aydın ilindeki zeytinyağı işletmelerinde elde edilen yan ürünlerin tarım-sanayi çevre ilişkileri boyutunda değerlendirilmesi, Türkiye 8. Tarım Ekonomisi Kongresi Bildiri Kitabı, Cilt 2, Bursa, s 135-143.
- Vega-Galvez A, Miranda M, Diaz L P, Lopez L, Rodriguez K ve Scala K D, 2010. Effective moisture diffusivity determination and mathematical modelling of the drying curves of the olive-waste cake, Bioresource Technology, 101, 7265-7270.