

POLİTEKNİK DERGİSİ

*JOURNAL of POLYTECHNIC*

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



GAZİ ÜNİVERSİTESİ

# Rende ve dilimlenmiş kırmızıturp (*raphanus sativus*) kuruma kinetiğinin belirlenmesi ve enerji analizi

## *Determination of kinetics of drying grated and sliced red radish (*raphanus sativus*) and energy analysis*

Yazar(lar) (Author(s)): Faruk KILIÇ

ORCID: 0000-0002-9978-1972

**Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article):** Kılıç F., "Rende ve dilimlenmiş kırmızıturp (*raphanus sativus*) kuruma kinetiğinin belirlenmesi ve enerji analizi", *Politeknik Dergisi*, 23(4): 1081-1087, (2020).

**Erişim linki (To link to this article):** <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

**DOI:** 10.2339/politeknik.552289

# Rende ve Dilimlenmiş Kırmızıturp (*Raphanus sativus*) Kuruma Kinetiğinin Belirlenmesi ve Enerji Analizi

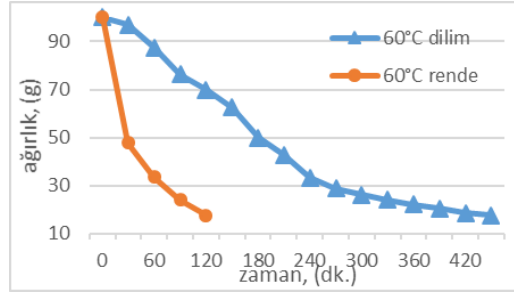
## Determination of Kinetics of Drying Grated and Sliced Red Radish (*Raphanus sativus*) and Energy Analysis

### Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Enerji analizi /Energy analysis
- ❖ Enerji tüketimi / Energy consumption
- ❖ Gıda kurutma / Food drying)
- ❖ Kırmızıturp kurutma / Red radish drying

### Grafik Özet (Graphical Abstract)

Yapılan bu çalışmada kırmızıturp 60 °C'de dilimlenerek ve rendelenerek iki farklı yöntemle kurutulmuştur. Dilimlenerek ve rendelenerek kurutulmuş kırmızıturp'un kurutma süreleri sırası ile 450 dakika ve 120 dakika olarak belirlenmiştir. / In this study, red radish was dried in two different methods by slicing and grating at 60 °C. Drying time of sliced and grated dried red radish was determined as 450 min and 120 min, respectively.



Şekil A. Kırmızıturp ağırlık-zaman grafiği/ Figure A. Red radish weight-time graph)

### Amaç (Aim)

Bu çalışmanın amacı gıda kurutma fırınında kırmızıturp (dilimlenmiş, rende) kurutma sürecinde kurutma işleminin enerji analizlerini yapmak, kurutma süresince tüketilen elektrik enerjisini tespit etmek ve kuruma kinetiğini belirlemektir. / The aim of this study is to make energy analysis of the drying process in the process of drying the red radish (sliced, grater) in the food drying oven, to determine the electrical energy consumed during the drying and to determine the drying kinetics.

### Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Kurutma işlemleri rezistanslı gıda kurutma fırınında gerçekleştirilmiştir. / (These drying processes were carried out in a resistance drying food oven.)

### Özgünlük (Originality)

Gıda kurutma fırını içerisinde kurulan elektronik düzenek sayesinde ölçümlerin tamamı fırın içerisinde gerçekleştirilmiştir. / Thanks to the electronic device installed in the food drying oven, all of the measurements were made in the oven.

### Bulgular (Findings)

60 °C de kurutulan kırmızıturp deneyinde dilimlenmiş kırmızıturp 450 dakika ve yine 60 °C de kurutulan rendelenmiş kırmızıturp deneyi 120 dakika sürmüştür. / (Sliced red radish in the red radish experiment dried at 60 °C took 450 minutes and the grated red radish experiment dried at 60 °C lasted 120 minutes.

### Sonuç (Conclusion)

Rendelenmiş kırmızıturp SEC değeri en fazla 17,7 (kWh/kg su), dilimlenmiş kırmızıturp en fazla 58,2 (kWh/kg su) değerini almıştır. Dilimlenmiş kırmızıturp SMER değeri en fazla 0,16 (kWh/kg su), rendelenmiş kırmızıturp SMER değeri en fazla 0,29 (kg su/kWh) değerini almıştır. / Grated red radish SEC has a maximum value of 17.7 (kWh / kg water) and sliced red radish has a maximum value of 58.2 (kWh / kg water). Sliced red radish SMER value is maximum 0,16 (kWh / kg water) and grated red radish SMER value is maximum 0,29 (kg water / kWh).

### Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

# Rende ve Dilimlenmiş Kırmızıturp (*Raphanus sativus*) Kuruma Kinetiğinin Belirlenmesi ve Enerji Analizi

*Araştırma Makalesi / Research Article*

Faruk KILIÇ\*

Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metel Teknolojileri Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye  
(Geliş/Received : 11.04.2019 ; Kabul/Accepted : 14.10.2019)

## ÖZ

Yapılan bu çalışmada kırmızıturp 60 °C de dilimlenerek ve rendelenerek iki farklı yöntemle kurutulmuştur. Dilimlenerek ve rendelenerek kurutulmuş kırmızıturp'un kurutma süreleri sırası ile 450 dakika ve 120 dakika olarak belirlenmiştir. Kurutma boyunca tüketilen elektrik enerjisi ölçülmüştür. Rendelenmiş kırmızıturp dilimlenmiş kırmızıturp'a göre % 53,09 daha az enerji tüketmiştir. Rendelenmiş kırmızıturp SEC değeri en fazla 17,7 (kWh/kgsu), dilimlenmiş kırmızıturp en fazla 58,2 (kWh/kgsu) değerini almıştır. Dilimlenmiş kırmızıturp SMER değeri en fazla 0,16 (kWh/kgsu), rendelenmiş kırmızıturp SMER değeri en fazla 0,29 (kg/kWh) değerini almıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji analizi, enerji tüketimi, gıda kurutma, kırmızıturp kurutma.

# Determination of Kinetics of Drying Grated and Sliced Red Radish (*Raphanus sativus*) and Energy Analysis

## ABSTRACT

In this study, red radish was dried in two different methods by slicing and grating at 60 °C. Drying time of sliced and grated dried red radish was determined as 450 min and 120 min, respectively. The electrical energy consumed during drying was measured. The shredded red radish consumed 53,09 % less energy than the sliced red radish. The shredded red radish SEC had a maximum value of 17,7 (kWh/kgsu) and the sliced red radish had a maximum of 58,2 (kWh/kgsu). The maximum SMER value of sliced red radish was 0,16 (kWh/kgsu) and the maximum SMER value of grated red radish was 0,29 (kg/kWh).

**Keywords:** Energy analysis, energy consumption, food drying, red radish drying.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Turp yenilebilir bir kök sebzedir [1]. Büyüklüğü ve rengi farklı olan birçok turp çeşidi vardır [2]. Olgun bir turp kökünün çapı 1 cm'den 30 cm'ye kadar değişmektedir [3]. Sağlıklı ve taze ürünlere yönelik tüketici talebi, yemeye hazır ve en az işlenmiş sebzelerin tercih edilmesine yol açmıştır [4-6]. Bu tercihlerden en kuvvetli olanlarından biri de kurutmadır.

Kurulmuş uyarlıkların tamamı et, balık, meyve, bitki ve diğer bitkisel gıdaları kurutarak tüketmişlerdir. Kurutma gıda bünyesindeki su oranını %75-95 den %10-20'ye düşürme işlemine denir. Buna ek olarak kurutma boyunca aroma, renk, besin değeri, bozulma ömrü gibi kalite özelliklerini mümkün olduğunca az değişimine sebebiyet verilmelidir [7]. Kurutma, ürünlerin nem içeriğini azaltmakla kalmaz aynı zamanda antioksidan kapasite, aroma, enzimatik aktivite, vb. gibi diğer fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri de değiştirir [8]. Son zamanlarda konserve ya da dondurarak saklamaya göre birincil yöntem olarak kullanılan kurutma gıda teminini kolaylaştırma tekniklerinden biri olarak ön plana çıkmaktadır [9]. Kurutma işlemi; dondurma, mevsim dışı kullanım veya hiç üretimi

yapılmayan ülkelerde tüketim amacıyla da kullanılmaktadır [10].

Türk Standart Enstitüsünün Nisan 2010 tarihli Turp standardı vardır. Fakat turp kurutma standardı ile ilgili yayınlanmış bir standart yoktur. Konu ile ilgili en büyük örgüt olan Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO) turp verilerini kayıt altında tutmadığı görülmüştür [11].

Gou R. ve ark. fotoperiyodun (photoperiod) kiraz turp'u kök oluşumuna etkisini araştırmıştır [12]. Adekiya A O, ve ark. Biochar (oksijeniz ve yüksek sıcaklıkta organik maddelerin piroliz ürünüdür [13]) ve kanatlı gübrelerinin toprak özellikleri ve turp verimi üzerine etkileri hakkında çalışma yapmıştır [14].

Bang J ve ark. turp tohumunu kurutma yöntemleri hakkında çalışma yapmıştır [15]. Japon turpu üzerine yapılan çalışma ön işlemin kurutma oranındaki değişiklikleri incelenmiştir [16]. Isıtma dondurma çözünme süreçlerinin turp hücrelerine verdiği zararları araştırılmıştır.

Asya beyaz turp'unu tuzlamanın kurutmaya etkisi üzerine çalışma yapılmıştır. Hava kurutucusu ile dört farklı sıcaklıkta (40 °C, 50 °C, 60 °C ve 70 °C) kurutma yapılmıştır. Hava kurutucusuna ek olarak ısı pompası ile

\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)  
e-posta : farukkilic@gazi.edu.tr

dört farklı sıcaklıkta (35 °C, 40 °C, 45 °C ve 50 °C) ve son olarak da dondurarak kurutma yapılmıştır [17].

Lee J. H. ve Kim H. J. beyaz asya turp'unu vakumla üç farklı sıcaklıkta (40 °C, 50 °C ve 60 °C) kurutmuş ve kuruma kinetiğini elde etmiştir. Asya turp'u iki farklı dilim kalınlığı seçilerek 4mm ve 6mm de çalışılmıştır. Yapılan bu çalışmada 4mm üç farklı sıcaklık için 300-480 dakika, 6 mm'de 450-700 dakika çıkmıştır [18].

Bu çalışmanın amacı gıda kurutma fırınında kırmızıturp (dilimlenmiş, rende) kurutma sürecinde kurutma işleminin enerji analizlerini yapmak, kurutma süresince tüketilen elektrik enerjisini tespit etmek, özgül enerji tüketimi ile özgül nem çekme oranını hesaplamak ve kuruma kinetiğini belirlemektir.

## 2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

Deneylerde Osmaniye menşeli, ekstra sınıf özelliğine sahip, 3-12 cm çap aralığında, çatlaksız ve sıyrıksız ince ucu çatal yapmamış kırmızı kabuklu içi beyaz renkli yuvarlak şekilli kırmızıturp kullanılmıştır [19].



Şekil 1. Deneylerde kullanılan kırmızıturp (Red radish used in experiments)

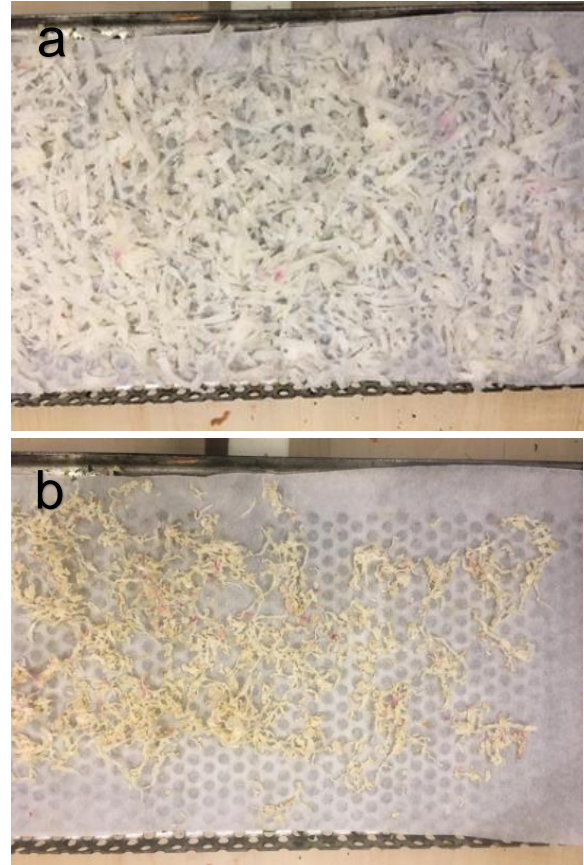
Kırmızıturp 3 mm kalınlıkta dilimleme makinesi ile dilimlenmiş ve mutfak tipi iri rende yüzeyi ile rendelenerek kurutulmuştur. Rende kalınlıkları 3 mm ( $\pm 0,5$  mm) eninde ve 5-8 mm boyunda yapılmıştır.

Deney numunesi için ard arda yapılan iki tartım arasında kütle farkı % 1'den az ise numune tam kuru hale gelmiş olur [20]. Dikmen E. ve arkadaşları "Türk standardı TS 4087'ye göre birbirini izleyen iki tartım arasında kütle farkının, her bir deney için % 1'den az olması halinde tam kuru hale gelmiş olur" kuru hal tanımına uygun çalışmıştır [21].

Kırmızıturp deneylerinde deney bulguları dakika başı alınmıştır. Kuru kütle belirlemek için yapılan deney ard arda iki ölçüm arasında ağırlıkça % 1'den daha az fark oluşuncaya kadar devam etmiştir [20]. % 1 den daha az fark oluştuğunda deney sonlandırılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda kırmızıturp normalize kuru kütlesi 15,53 g olarak tespit edilmiştir.

Türk Standart Enstitüsü turp başlıklı TS 1815 kodlu standarda sahiptir. Ancak kurutma ile ilgili bir standart olmadığından kırmızıturp hücre yapısının havuç'a yakın olmasından dolayı son üründe % 12 nem içeriği olmasına karar verilmiştir. Kuru kütle 15,53 g olarak tespit edilmiş toplam ağırlık % 12 nem ile birlikte 17,4 g olmuştur. 30 dakika ölçüm aralıkları ile grafiklendirilen kurutma deneyleri 17,4 g değerine geldiğinde kurutma işlemi durdurulmuştur. Gıda kurutma fırınında rendelenmiş ve dilimlenmiş olarak iki farklı durumda fiziksel durum karşılaştırması yapabilmek için her iki deneyde 60 °C de yapılmıştır. Ölçümün güvenilirliği için her sıcaklık için deney üç defa tekrarlanmış toplamda kuru kütle tayini için yapılan deneyle birlikte yedi deney yapılmıştır.

Kırmızıturp rende ve dilimlenmiş halleri ne ek olarak son halleri de Şekil 2 de verilmiştir.

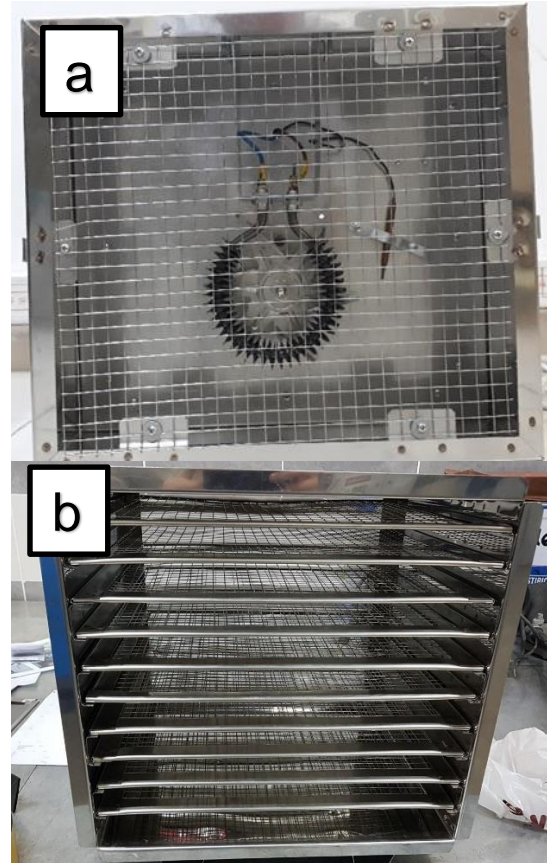






**Şekil 2.** a: rendelenmiş kırmızıturp yaş hali b: rendelenmiş kırmızıturp kurutulmuş c: dilimlenmiş kırmızıturp yaş hali d: dilimlenmiş kırmızıturp kurutulmuş (a: shredded red radish wet state b: shredded red radish dried c: sliced red radish wet state d: sliced red radish dried)

Kırmızıturp Gıda Kurutma Fırınında kurutulmuştur (Şekil 3). Kurutma yöntemlerinden biri olan rezistanslı ısı kaynağı ile kurutma ortamı ısıyı artırılarak kurutma hacmi istenilen sıcaklıkta tutulmuştur. 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 uygun şartlardaki paslanmaz çelik 304 sac tercih edilmiştir. Zaman rölesi sayesinde istenilen sürede çalışması kontrol edilebilen GKF imal edilmiştir. Termostat kontrolünü sağlayan bakır tüp ayarlanmış istenilen fırın sıcaklığı aşıldığında termostat devreyi kapatmakta ve fan-motor ikilisi eş zamanlı olarak durmaktadır. Fırın sıcaklığı düştüğünde ise termostat devreyi açmakta ve fan-motor ikilisi eş zamanlı olarak çalışmakta ve fırın içi sıcaklığını artırmaktadır.



**Şekil 3.** Deneilerde kullanılan kırmızıturp a: ısıtma düzeneği b: raflar ve kabin (Red radish used in experiments a: heating device b: shelves and cabinet)

GKF düzeneği kullanılan cihaz özellikleri ve ölçüm değer aralıkları Çizelge 1 de verilmiştir. Kuruma boyunca kırmızıturp kuruma kinetiği parametrelerini belirleyebilmek için gıdanın ağırlığı kurutma boyunca hassas terazi (load cell) sayesinde kaydedilmiştir. Termokupl ortam sıcaklığını, DHT11 (nem sensörü) ise hem fırın içi sıcaklığını hem de bağıl nemi ölçmektedir.

**Çizelge 1.** Gıda kurutma fırınının özellikleri (Features of food drying oven)

kullanılan cihaz	özellik	değer aralığı
termokupl	ölçüm aralığı	20 °C ~ 85°C
	hassasiyet	0.25 °C
mekanik termostat	ölçüm aralığı	30-90 °C
yük hücresi	ağırlık kapasitesi (en fazla)	1 kg
	operasyon sıcaklık aralığı	20 ~ +60 °C
HX711	çalışma gerilimi	5 V
amplifikatör kartı		
DHT11	ölçüm aralığı	% 20-90 bağıl nem
zaman rölesi	ortam / depolama sıcaklığı	0~50°C/-25~70 °C

X (moisture content) t anındaki nem içeriği, t zaman [22].

$$X_{kb} = \left( \frac{Y_A - K_A}{K_A} \right) \quad (1)$$

$$X_{yb} = \left( \frac{Y_A - K_A}{Y_A} \right) \quad (2)$$

Termodinamiğin 1. kanunu dikkate alındığında, sisteme geleneksel rezistansa elektrik enerjisi verilerek (Wr) fırın içi ısı kontrol edilmiştir. Bu ısının fırın içinde homojen dağılım sağlayabilmesi için rezistansla eş zamanlı çalışan fan enerji tüketmiştir (Wf). Kapalı sistem çalışan gıda kurutma fırını içinde oluşan ısı kaçaklar (Qk) ve fırın duvarı (Qd) (paslanmaz çelik) sayesinde ısı sistem dışına iletilmiştir. Kırmızıturp'un (Qü) istenilen sıcaklığa kadar ısıtılması için ve fırın iç havasının (Qh) ısıtılması için gerekli ısı miktarı göz önünde bulundurulursa. Dengeli halindeki bir sistem için

$$E_{giren} = E_{çıkan} \quad (3)$$

genel formülü düzenlenir [23].

$$W_r + W_f - Q_k - Q_{\dot{u}} - Q_h - Q_d = 0 \quad (4)$$

olarak düzenlenmiştir.

Duvarlar sıcaklığını artırmak için gerekli olan ısı

$$Q_k = m_k c_p \Delta T \quad (5)$$

$$Q_{\dot{u}} = m_{\dot{u}} c_p \Delta T \quad (6)$$

$$Q_h = m_h c_p \Delta T \quad (7)$$

$$Q_d = m_d c_p \Delta T \quad (8)$$

olarak bilinmektedir.

Fırın duvarlarından çıkan ısı, fırın iç havası sıcaklığını artırmak için gerekli olan ısı, ısı kaçakların tespiti Eş. 5 düzenlenirse

$$W_r + W_f = Q_k + Q_{\dot{u}} + Q_h + Q_d \quad (9)$$

olarak elde edilir. Eş. 4'te verilen denklemdeki tüm enerjiler tek tek hesaplanarak bir kıyas yapılabilir. Ancak burada bu kıyaslama dolaylı olarak yapılmıştır. Elektrik tüketimi ölçülerek fırının enerji tüketimi hakkında yorum yapılmıştır.

Rezistans (Wr) ve fanın harcadığı elektrik enerjisi (Wf) sistemin harcadığı toplam elektrik enerjisine eş olduğundan fırının harcadığı enerji tespiti yapılarak sistem hakkında bir sonuca ulaşılabilir.

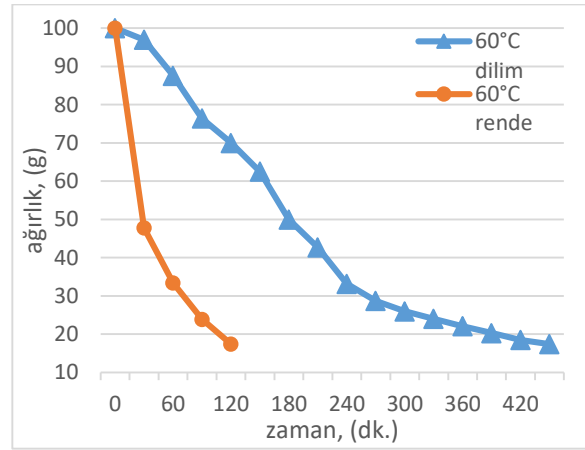
SEC (Specific Energy Consumption), kırmızıturp kurutmak için harcanılan enerji (kWh) değerinin kırmızıturp'tan buharlaştırılan su kütlesine (kg) oranı olarak tanımlanır.

SMER (Specific Moisture Extraction Rate), kırmızıturptan buharlaştırılan su kütlesinin (kg) kırmızıturpu kurutmak için harcanılan enerji (kWh)'ye oranı olarak tanımlanır.

### 3. BULGULAR ve TARTIŞMA (RESULTS and DISCUSSION)

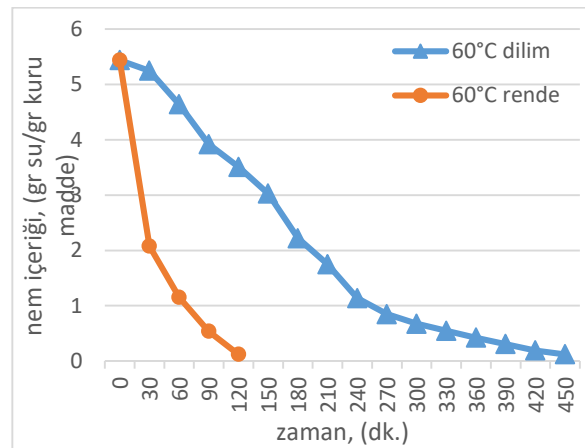
Dilimlenmiş ve rendelenmiş kırmızıturp ile yapılan deneylerde rezistanslı ısıtıcı kullanılarak kurutma yapılmıştır. Yapılan ısıtma sayesinde kırmızıturp

bünyesinde bulunan su buharlaştırılarak nem ve dolayısı ile ağırlık kaybı yaşanmıştır. Şekil 4'te yatay eksenle zaman dakika biriminde, dikey eksenle ise ağırlık gram biriminde verilmiştir. 60 °C de kurutulan kırmızıturp deneyinde dilimlenmiş kırmızıturp 450 dakika ve yine 60 °C de kurutulan rendelenmiş kırmızıturp deneyi 120 dakika sürmüştür. Tüm deneyler boyunca ısıtma ve fan sayesinde fırın içi bağıl nemi % 1 de tutulmuştur. Kırmızıturp rendelendikten sonra avuç içinde kısa bir süre suyu sıkılmıştır. Zaten hava ile temas yüzeyi rendelenme sebebiyle artan kırmızıturp yaklaşık olarak yarı yarıya bir sıvı atmıştır. Atılan bu sıvı ciddi bir zaman ve enerji kazancı sağlamıştır.



Şekil 4. Kırmızıturp ağırlık-zaman grafiği (Red radish weight-time graph)

Kırmızıturp için yapılan deneyde yatay eksenle zaman dakika biriminde, dikey eksenle ise nem içeriği (kb) gr su/gr kuru madde biriminde verilmiştir (Şekil 5). Kırmızıturp içindeki kuru bazlı nem içeriği 60 °C için 5,44-0,12 aralığında değer almıştır.



Şekil 5. Kırmızıturp nem içeriği kb-zaman grafiği (Red radish moisture content kb-time graph)

Fırın içi hava sıcaklığı, fırın sıcaklığı ve kurutulacak ürün sıcaklığı kurutma denge sıcaklığından düşük olmasından dolayı başlangıçtaki elektrik tüketimi denge halindeki elektrik tüketiminden yüksektir (Çizelge 2). Bahsedilen

sıcaklıklar 60 °C kurutma sıcaklığına ulaştıktan sonra elektrik tüketimi yaklaşık olarak yakın değerler almaktadır. 0-30 dakika boyunca rendelenmiş kırmızıturp dilimlenmiş kırmızıturpa göre % 50 fazla enerji tüketimi yapmıştır. Daha sonra rendelenmiş kırmızıturp 0,12 kWh değeri yakınlarında seyretmiş dilimlenmiş kırmızıturp ise ilk 60 dakikadan sonra 0,08 kwh değerini almış ilerleyen dakikalarda ise 450. dakikaya kadar azalarak 0,06 kWh değerine kadar düşüş gözlenmiştir. Rendelenmiş kırmızıturp dilimlenmiş kırmızıturpa göre daha yüksek bir enerji tüketimi seyrinde olsa da 120. dakikada kuruma değerlerine ulaşmıştır. Ancak bu durum dilimlenmiş kırmızıturpta 450 dakika sürmüştür. Burada toplam enerji tüketimini ilk andan beri değerlendirmek istersek tüketim miktarlarını üst üste bindirmeli olarak inceleme ihtiyacı doğar.

**Çizelge 2.** Kırmızıturp tüketilen enerji-zaman çizelgesi (Red radish consumed energy-time table)

zaman, (dk.)	Tüketilen enerji, (kWh)	
	60°C dilim	60°C rende
0	0	0
30	0.125	0.183
60	0.080	0.111
90	0.085	0.122
120	0.077	0.115
150	0.071	
180	0.079	
210	0.074	
240	0.075	
270	0.070	
300	0.067	
330	0.066	
360	0.068	
390	0.065	
420	0.066	
450	0.064	

Çizelge 3'te 30 dakika aralıklarla tüketilen enerji üst üste bindirilerek toplam tüketilen enerji miktarı hesaplanarak gösterilmiştir. 60 °C de yapılan rendelenmiş kırmızıturp deneyleri dilimlenmiş kırmızıturp deneylerinden daha fazla enerji tüketimine sebep olsa da daha kısa zamanda bitmiştir. Dilimlenmiş kırmızıturp deneyi uzun sürmesine karşın rendelenmiş kırmızıturpa göre daha az enerji tüketmiştir. Burada zaman ve enerji maliyeti karşılaştırması yapılarak ihtiyaca göre tercih

yapılmalıdır. Rendelenmiş kırmızıturp toplamda 0,531 kWh enerji tüketimi yaparken dilimlenmiş kırmızıturp toplamda 1,132 kWh enerji tüketmiştir. Rendelenmiş kırmızıturp dilimlenmiş kırmızıturpa göre % 53,09 daha az enerji tüketmiştir.

**Çizelge 3.** Kırmızıturp tüketilen enerji (bindirilmiş)-zaman çizelgesi (Red radish consumed energy table (cumulative))

zaman, (dk.)	Tüketilen enerji, (kWh)	
	60°C dilim	60°C rende
0	0	0
30	0.125	0.183
60	0.205	0.294
90	0.290	0.416
120	0.367	0.531
150	0.438	
180	0.517	
210	0.591	
240	0.666	
270	0.736	
300	0.803	
330	0.869	
360	0.937	
390	1.002	
420	1.068	
450	1.132	

Kırmızıturp kurutmada birim kütle için harcanan enerji miktarı (SEC) hesaplanarak zamanla değişimi Çizelge 4'te gösterilmiştir. İlk anda dilimlenmiş kırmızıturp keskin bir yükseliş yapmış ancak daha sonra sabit bir aralıkta seyretmiştir (Çizelge 4). Değerlerin daha sonra yükselmeye geçişinin sebebi turp 'un yapısı gereği su atmaya karşı direnç göstererek birim su buharlaşma miktarının azalması ve buna ek olarak enerji tüketiminin aynı kalması SEC değerlerinin 210. dakikadan sonra yükselişe geçmesine sebep olmuştur. Normalde ilk başta buharlaşma hızı yüksek olduğundan ve fırın içi ısının deney sıcaklığına ulaşmaya dek rezistansın durmadan çalışması sebebiyle keskin bir yükseliş elde edilmesi gerekir. Ancak rendelenmiş kırmızıturpun kg su miktarının mekanik olarak sıkılması sebebiyle ilk 30 dakika keskin bir artış gerçekleşmemiştir. Özgül enerji tüketiminin yükselmemesi de kuru gıda üreticileri için büyük bir avantajdır.

**Çizelge 4.** Kırmızıturp SEC-zaman çizelgesi (Red radish SEC-time table)

SEC (kWh/kgwater)		
zaman, (dk.)	60°C dilim	60°C rende
0	0	0
30	41.7	3.5
60	8.5	7.7
90	7.6	12.8
120	12.0	17.7
150	9.5	
180	6.3	
210	10.1	
240	7.9	
270	15.6	
300	24.8	
330	33.0	
360	35.8	
390	36.1	
420	36.7	
450	58.2	

Kırmızıturp kurutmada birim enerjide özgül nem çekme oranı (SMER) kapasitesi görülmektedir (Çizelge 5). Rende kırmızıturp SMER değerinin ilk anda keskin bir yükseliş eğrisi göstermesinin sebebi rendelenen kırmızıturp'un mekanik olarak suyunun sıkılması ile % 50 su kaybetmesidir. Dilimlenmiş kırmızıturp SMER değerinin 210. dakikadan sonra azalarak gitmesinin sebebi Çizelge 2'deki enerji tüketiminin sabit olması hasebiyle buharlaşan su miktarının azalması olarak açıklanabilir.

**Çizelge 5.** Kırmızıturp SMER-zaman çizelgesi (Red radish SMER- time table)

SMER(kgwater/kWh)		
zaman, (dk.)	60°C dilim	60°C rende
0	0	0
30	0.02	0.29
60	0.12	0.13
90	0.13	0.08
120	0.08	0.06
150	0.11	

180	0.16
210	0.10
240	0.13
270	0.06
300	0.04
330	0.03
360	0.03
390	0.03
420	0.03
450	0.02

#### 4. SONUÇLAR (RESULTS)

Yapılan bu çalışmada geleneksel kırmızıturp ağırlık, nem içeriği, nem oranı, kuruma oranı gibi kurutma parametrelerine ek olarak özgül enerji tüketimi (SEC) ve özgül nem çekme oranları (SMER) tespit edilmiştir. Ağırlık tespiti cihaz ve donanım kullanımı hatasını azaltmak amacı ile mikro-denetleyici içeren arduino kartı yük hücresi (load cell) yönetimi yapmış ve gıda kurutma fırınında hassas ölçüm yapabilmıştır. Arduino kartı kontrol etmek için açık kaynak kodlu yazılım ile ölçümleri bilgisayar ortamına kaydedilmiştir.

Her iki önışlemi (dilimleme ve rendeleme) değerlendirebilmek amacı ile deneyler 60 °C'de yapılmıştır. Yapılan bu deneylerin sonucunda 60 °C de kurutulan dilimlenmiş kırmızıturp deneyi 420 dakika rendelenmiş kırmızıturp deneyi 120 dakika sürmüştür. Toplam özgül enerji tüketim değerleri SEC göz önünde bulundurduğunda kırmızıturpu rendeleyerek kurutma toplamda hem daha az enerji harcamış hem de daha kısa zamanda kurutmuştur.

Rendelenmiş kırmızıturp SEC değeri en fazla 17,7 (kWh/kgsu), dilimlenmiş kırmızıturp en fazla 58,2 (kWh/kgsu) değerini almıştır. Dilimlenmiş kırmızıturp SMER değeri en fazla 0,16 (kWh/kgsu), rendelenmiş kırmızıturp SMER değeri en fazla 0,29 (kg/kWh) değerini almıştır.

Bundan sonra yapılacak deneylerde;

- ✓ Kırmızıturp için fiziksel ön işleme ek olarak kimyasal ön işlemler yapılabilir.
- ✓ Enerji tüketimini azaltacak fırın duvarı yalıtımı çalıştırılabilir.
- ✓ Farklı ısı kaynakları ile kurutma yapılarak karşılaştırılabilir.

#### Kısaltmalar (Abbreviations)

Egiren = sisteme giren enerji (kJ)

Eçıkan = sistemden çıkan enerji (kJ)

$\Delta T$  = sıcaklıklar arasındaki fark (°C)

Wf = fan işi (kJ)



Wr	= rezistans işi (kJ)
Qk	= ısıtma kayıpları (kJ)
Qü	=kurutulacak ürünün istenilen sıcaklığa kadar ısıtılması için gerekli ısı (kJ)
Qd	= firm duvarından çıkan ısı (kJ)
m	= kütle (kg)
md	= duvarın kütlesi (kg)
mk	= kaçak havanın kütlesi (kg)
mü	= kurutulmuş ürünün kütlesi (kg)
mh	= havanın kütlesi (kg)
cp	= sabit basınçtaki özgül ısı (kJ/kgK)
KA	= kuru ağırlık
YA	= yaş ağırlık
kb	= kuru baz
yb	= yaş baz

#### ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Hall B., "Relation of light intensity to radish root shape", *Proceeding of the Florida State Horticultural Society*, 103: 100-101, (1990).
- [2] Kaymak H. C., Ercisli S., Kalkan F., Ozturk I., "Some Physico-Mechanical Properties of Radish (*Raphanus Sativus* L.) Cultivars". *Comptes Rendus De L Acad. Bulgare Des Sci.*, 69: 945-952, (2016).
- [3] Mitsui Y., Shimomura M., Komatsu K., Namiki N., Shibata-Hatta M., Imai M., Katayose Y., Mukai Y., Kanamori H., Kurita K., "The radish genome and comprehensive gene expression profile of tuberous root formation and development". *Sci. Rep.*, 5: (2015).
- [4] Fajardo V., Alonso-Aperte E., Varela-Moreiras G., "Folate content in fresh-cut vegetable packed products by 96-well microtiter plate microbiological assay", *Food Chem.*, 169: 283-288, (2015).
- [5] Queded T.E., Cook P.E., Gorris L.G.M., Cole M.B., "Trends in technology, trade and consumption likely to impact on microbial food safety", *Int. J. Food Microbiol.*, 139: 29-42, (2010).
- [6] São José J.F.B.D., Medeiros H.S.D., Bernardes P.C., Andrade N.J.D., "Removal of Salmonella enterica Enteritidis and Escherichia coli from green peppers and melons by ultrasound and organic acids", *Int. J. Food Microbiol.*, 190: 9-13, (2014).
- [7] Kılıç F., Köse A., "Meyve-Sebze Kurutma Makineleri İçin Arduino Tabanlı Neme Duyarlı Fan Kontrol Tasarımı", *1st International Turkish World Engineering and Science Congress*, Antalya, Türkiye, 7-10 Aralık (2017).
- [8] Jiang N., et al. "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, (2017).
- [9] Bradford K.J., et al. "The dry chain: Reducing postharvest losses and improving food safety in humid climates", *Trends in Food Science & Technology*, 71: 84-93, (2018).
- [10] Aktaş M., ve Gönen E., "Isı Pompalı Nem Kontrollü Bir Kurutucuda Defne Yaprığı Kurutulması", *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 29(2): 433-441, (2014).
- [11] <http://www.fao.org/statistics/en>, "Food and Agriculture Organization of the United Nations", (2019).
- [12] Guo R., Li W., Wang X., Chen B., Huang Z., Liu T., et al., "Effect of photoperiod on the formation of cherry radish root", *Scientia Horticulturae*, 244: 193-199, (2019).
- [13] Thies J.E., Rilling M.C., "Characteristics of Biochar: Biological Properties", *Biochar for Environmental Management Science and Technology, Earthscan, UK*, 85-106, (2009).
- [14] Adekiya A.O., Agbede T.M., Aboyeji C.M., Dunsin O., Simeon V.T., "Effects of biochar and poultry manure on soil characteristics and the yield of radish", *Scientia Horticulturae*, 243: 457-463, (2019).
- [15] Bang J., Kim H., Kim H., Beuchat L.R., and Ryu J-H., "Inactivation of Escherichia coli O157:H7 on Radish Seeds by Sequential Treatments with Chlorine Dioxide, Drying, and Dry Heat without Loss of Seed Viability", *Applied And Environmental Microbiology*, 77(18): 6680-6686, (2011).
- [16] Ueno S., Izumi T., and Fujii T., "Estimation of Damage to Cells of Japanese Radish Induced by High Pressure with Drying Rate as Index", *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 73(8): 1699-1703, (2009).
- [17] Coogan R.C., and Wills R.B.H., "Effect of drying and salting on the flavour compound of Asian white radish", *Food Chemistry*, 77(3): 305-307, (2002).
- [18] Lee J.H. and Kim H.J., "Vacuum drying kinetics of Asian white radish (*Raphanus sativus* L.) slices", *LWT - Food Science and Technology*, 42(1): 180-186, (2009).
- [19] TS 1815, "Turp", Türk Standart Enstitüsü, Ankara, Türkiye, (2010).
- [20] Official Method of Analysis, "Association of Official Analytical Chemist". IAC, Arlington, Virginia, (1990).
- [21] Dikmen E., Sahin A.Ş., ve Yakut A.K., "Deneyel Bir Kurutma Sistemi Tasarımı ve Çalışma Parametrelerinin İncelenmesi", *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 32(2): 81-88, (2011).
- [22] Simpson R., Ramirez C., Nuñez H., Jaques A., and Almonacid S., "Understanding the success of Page's model and related empirical equations in fitting experimental data of diffusion phenomena in food matrices", *Trends in Food Science & Technology*, 62: 194-201, (2017).
- [23] Halıcı F., Gündüz M., "Örneklerle Isı Geçiş İki Transferi", *Birsen Yayınevi*, (2013).