



SİKLON TİPİ BİR KURUTUCUDA ELMANIN KURUMA KARAKTERİSTİKLERİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Ebru KAVAK AKPINAR*, Yaşar BİÇER

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 23279, Elazığ.

E-Mail: eakpinar@firat.edu.tr; ybicer@firat.edu.tr

(Geliş Tarihi: 18.04.2002)

Özet: Bu çalışmada siklon tipi bir kurutucu kullanılarak, farklı kurutma havası sıcaklıkları, hızları ve kurutulan ürün büyüklüğünün elmanın kuruma karakteristikleri üzerine olan etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Deneyler, farklı boyutlardaki elma örnekleri için kurutucu havası hızları 1 ile 1.5 m/s ve giriş sıcaklıkları 60, 70, 80 °C alınarak yapılmıştır. Deneysel çalışma sonucunda bulunan kuruma hızı-nem içeriği eğrileri üssel fonksiyon esas alınarak modellenmiş ve kuruma hızı eğrilerinin matematiksel modellenmesinde lineer olmayan regresyon analizi metodu kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kurutma, Kurutucu, Matematiksel Modelleme, Elma, Regresyon analizi

THE FACTORS AFFECTING ON THE DRYING CHARACTERISTICS OF APPLE IN CYCLONE TYPE DRYER

Abstract: In this study, the effects of different temperatures, air velocities and product size on the drying characteristics of apple were determined by using a cyclone type dryer. Experiments under conditions of drying air inlet temperature, 60, 70, 80 °C and drying air velocity 1, 1.5 m/s for apple samples in various sizes were conducted. The curves of drying rate-moisture content obtained by experiments were simulated to the power functions. The mathematical modeling of experimental drying curves was obtained by non-linear regression analysis.

Key Words: Drying, Dryer, Mathematical Modeling, Apple, Regression analysis

SEMBOLLER

a, b	Katsayı
c, c ₁ , c ₂ , c ₃	Katsayı
A	Örneğin alanı (m ²)
D _d	Deneysel kuruma hızı
D _{dort}	Ortalama deneysel kuruma hızı
D _a	Ampirik kuruma hızı
EF	Modelin modelleme yeterliliği
n	Kullanılan modeldeki katsayı sayısı
N	Deneysel veri sayısı
dM/dt	Kuruma hızı (g su/g katı madde.dak)

M _t	t anındaki nem içeriği (g su/g katı madde)
M _{t+dt}	t+dt anındaki nem içeriği (g su/g katı madde)
R	Regresyon katsayısı
RMSE	Tahminin standart hatası
t, dt	Zaman (dak)
T	Sıcaklık (°C)
V	Hız (m/s)
W _s	Su ağırlığı (g su)
W _k	Ürünün kuru ağırlığı (g katı madde)
χ ²	khi-kare

*İletişim kurulacak yazar

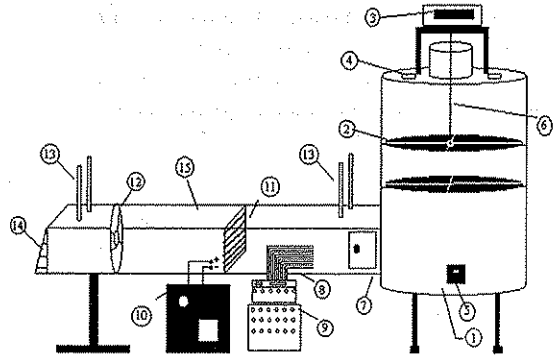
GİRİŞ

Kurutma, genel olarak bir madde içerisindeki su veya sıvının uzaklaştırılması işlemidir (Dinçer, 1996). Ülkemizde tarım ürünlerinin önemli bir kısmı kurutulmuş olarak saklanmak ve depolanmak durumundadır. Tüm meyve, sebze ve baharat dış satışımızın büyük bir kısmını kurutulmuş sebze, meyve ve baharat oluşturmaktadır. Bu kurutulmuş sebze, meyve ve baharatlardan elde edilen gelir, toplam gelirin %80'i kadardır (Ertekin ve Yıldız, 2001). Türkiye'de çok yaygın olarak kullanılan güneş sererek kurutma yöntemi ürünün kalitesinde azalmaya ve hatta bazen kuru ürün olarak tüketilememesine, bu da ülke ekonomisinde olumsuzluğa neden olmaktadır. Bu nedenle, tarımsal ürünlerin kontrollü koşullar altında kurutulması oldukça büyük öneme sahiptir. Kurutma sistemlerinin tasarlanması ve tasarım geliştirilmesi amacıyla ürünlerin kuruma davranışlarının açıklanması gerekmektedir. Literatürde kurutma sırasında hava sıcaklığı, nem ve akış hızı gibi kurutucu ortam koşulları ile kurutulan materyale ait özelliklerin kuruma karakteristiğine etkilerinin incelendiği çok sayıda araştırma vardır. Mulet vd. (1987) havucun, Diamante ve Munro (1991) patatesin, Üretir (1995) elmanın, Puiggali vd. (1987), Özdemir ve Devres (1999) fındığın, Sarsavadia vd. (1999) soğanın, Midilli vd. (1999) polen ve mantarın, Ertekin ve Yıldız (2001) patlıcanın, Yıldız vd. (2001) üzümün, Panchariya vd. (2002) çayın, ince sergide kuruma karakteristiğini farklı kurutma havası özelliklerinde incelemişlerdir. Bu çalışmalar da araştırmacılar deneysel verilere dayanarak elde ettikleri boyutsuz nem oranının zamanla değişimini çeşitli modellerle açıklamaya çalışmışlardır. Boyutsuz nem oranının zamanla değişimini en iyi şekilde açıklayan modeldeki kuruma hızı sabiti ve katsayılara kurutma havası özelliklerinin etkilerini çoklu regresyon yöntemiyle araştırmışlardır. Ancak, bu çalışmalar arasında elmanın kuruma hızının nem içeriğiyle değişiminin modellenmesiyle ilgili olanlara rastlanmamıştır.

Bu çalışmada, elmanın farklı kurutma koşullarındaki kuruma davranışı, yeni geliştirilen siklon tipi bir kurutucuda yapılan deneyler ile incelenmiş, kuruma hızı ile nem içeriği değişiminin etkisi açıklanmaya çalışılmıştır.

DENEYSEL ÇALIŞMA VE DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ

Şekil 1'de deney setinin şematik resmi görülmektedir (Kavak Akpınar, 2002). Deneysel çalışmada yaş gıda halindeki tarımsal ürünlerin kurutulması için geliştirilen siklon tipi bir kurutucu kullanılmıştır. Bu kurutucuda konveksiyonel kurutma sistemlerinden farklı olarak, yaş gıdanın ısıtılmış hava ile teması, düz akış ortamı yerine dönel akış ortamında gerçekleşmiştir. Dönel akış havanın kurutma odasına teğetsel olarak verilmesiyle sağlanmıştır. Bu da geliştirilen kurutucuyu normal bir tepsili kurutucudan ayıran ana parametre olmuştur. Bu nedenle geliştiren kurutucu siklon tipi bir kurutucu olarak tanımlanmıştır. Deneylerde yaş gıda olarak 12.5x12.5x25 mm ve 8x8x18 mm ebatlarında kesilmiş elma kullanılmış ve kurutulacak ürünlerin fileli tepsilerde kurutulması sağlanmıştır. Elmanın kuruma karakteristikleri iki farklı kurutma havası hızı (1, 1.5 m/s), üç farklı giriş havası sıcaklığı (60, 70, 80 °C) ve iki farklı örnek boyutunda (12.5x12.5x25 mm ve 8x8x18 mm) incelenmiştir.



Şekil 1. Siklon tipi kurutucunun şematik gösterimi
1-Kurutma odası, 2- Tepsiler, 3- Terazi, 4- Gözetleme camları 5- İç sıcaklığı gösteren termometre, 6- Tartım çubuğu, 7- Kumanda panosu, 8- Termoelemanlar, 9- Dijital termometre ve kanal seçici, 10-Varyayak, 11- Isıtıcılar, 12-Fan, 13- Yaş ve kuru termometreler, 14- Klape, 15- Kanal

Elmanın kuruma karakteristikleri kuruma zamanına bağlı olarak değişen nem miktarı ve kuruma hızı ile karakterize edilebilmektedir. Tarım ürünlerinde bulunan nem miktarları, bünyede tutulmuş bulunan su ağırlığı olarak ele alınmaktadır. Kuru baza göre nem, ürünlerdeki su ağırlığının ürünün kuru ağırlığına oranıdır.

$$M_t = \frac{W_s}{W_k} \quad (1)$$

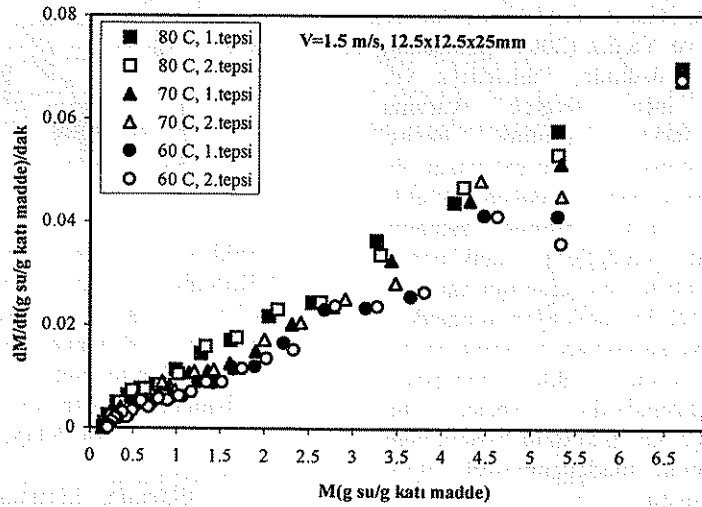
Kuruma hızı ise eşitlik (2) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\frac{dM}{dt} = \frac{M_{t+dt} - M_t}{\Delta t} \quad (2)$$

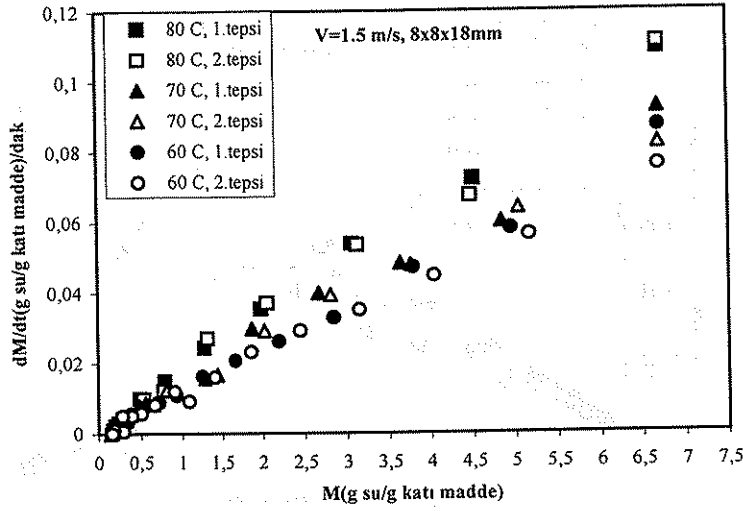
Kurutulan elmalara ait başlangıç nem miktarı 6.696 g_{su}/g_{katımadde} (ortalama değer) tespit edilmiş, nem içeriğinin sabit kaldığı 0.15 g_{su}/g_{katımadde} değerinde kurutma işlemine son verilmiştir. Kuruma hızı-nem içeriği ilişkisinde sabit kurutma havası giriş sıcaklığında kurutma havası hızının artmasıyla ve sabit kurutma havası hızında kurutma havası giriş sıcaklığının artmasıyla, aynı zamanda boyutun küçülmesiyle doğrunun eğimi artmıştır (Şekil 2-7). Deneylerde en düşük kuruma hızı 60 °C kurutma havası giriş sıcaklığında, 1 m/s kurutma havası hızında kurutulan 12.5x12.5x25 mm boyutundaki örneklerde, en yüksek kuruma hızı ise 80 °C kurutma havası giriş sıcaklığında, 1.5 m/s kurutma havası hızında kurutulan 8x8x18 mm boyutlarındaki örneklerde elde edilmiştir. Birinci ve ikinci tepsidaki nem içeriği birbirine çok yakın bir azalma göstermiştir. Bu

nedenle kurutma odası içinde üniform bir kurutma olayının gerçekleştiği kabul edilmiştir. Grafiklerden örnek boyutunun kuruma hızı üzerindeki etkisinin kurutma havası sıcaklığına ve hızına göre daha fazla olduğu gözükmemektedir. Kurutma havası hızı özellikle kuruma olayının ilk başlarında etkili olmakta ve daha sonra ise bu etki azalmaktadır (Şekil 6). Araştırmacıların bir çoğu ince tabakada kurutma verilerinin analizinde hava akış hızının etkisinin ihmal edileceğini kabul etmişlerdir. Ancak İslam ve Flink (1982) 2.5 m/s veya daha düşük hava hızlarında dış kütle transfer direncinin önemli olduğunu ve kurutma verilerinin analizinde göz önüne alınması gerektiğini ifade etmişlerdir.

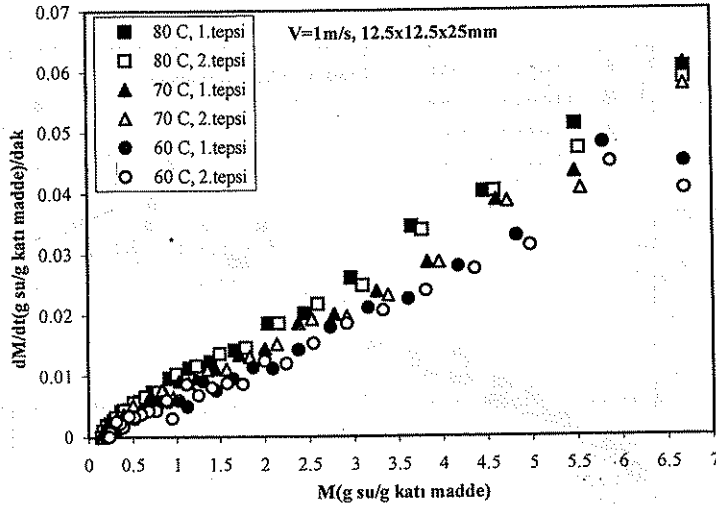
Elma kurutma deneylerinde, kuruma olayı azalan hız periyodunda meydana gelmiştir ve sabit kuruma hızı periyodu deney adımlarının hiç birinde gözlenmemiştir. Literatürden de elmaların azalan hız periyodunda kuruduğu ve özellikle iki azalan hız periyodunun meydana geldiği bilinmektedir. Elma yüksek nem oranına sahip olduğu için sabit kuruma hızı periyodunun olmaması doğaldır. Karel vd. (1975), gıda dilimlerinin kurutulmasını incelemişler ve higroskopik gıda malzemelerinin iki azalan hız periyodu göstermesi gerektiğini belirtmişlerdir. Elma kurutmada 1.azalan hız periyodundan 2. azalan hız periyoduna geçiş pek fazla belirgin değildir. Bu geçiş derece derece olduğundan grafiklerde bir açıklık söz konusu değildir.



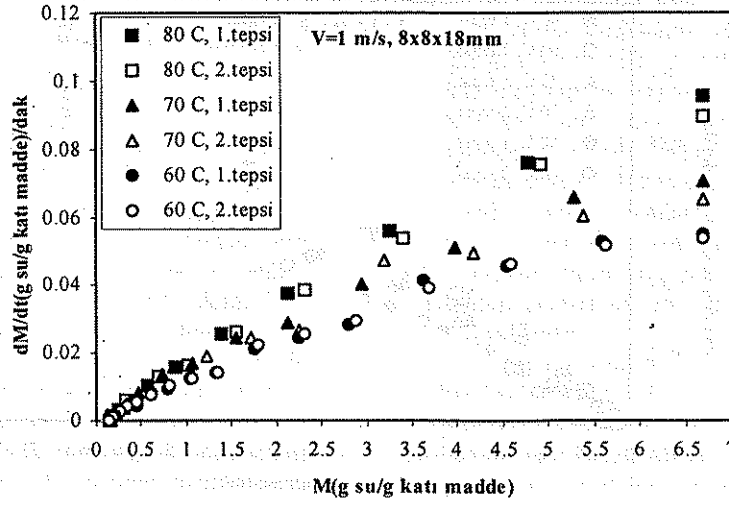
Şekil 2. 12.5x12.5x25 mm boyutlarındaki elma örneklerinin V=1.5 m/s, T= 80, 70, 60 °C sıcaklıkta kurutulmasında kuruma hızının nem içeriğiyle değişimi



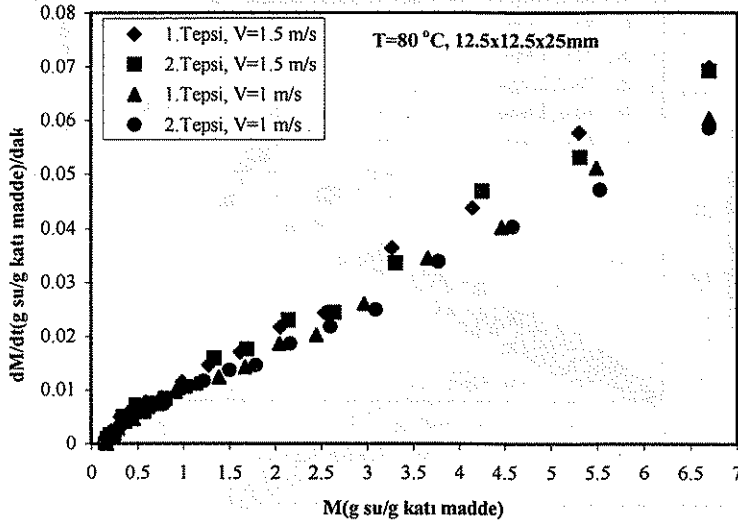
Şekil 3. 8x8x18 mm boyutlarındaki elma örneklerinin V=1.5 m/s, T= 80, 70, 60 °C sıcaklıkta kurutulmasında kuruma hızının nem içeriğiyle değişimi



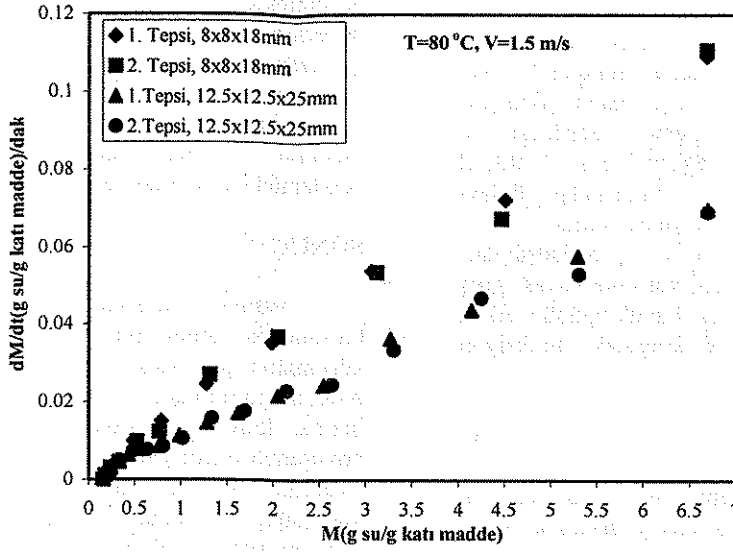
Şekil 4. 12.5x12.5x25 mm boyutlarındaki elma örneklerinin V=1 m/s, T=80, 70, 60 °C sıcaklıkta kurutulmasında kuruma hızının nem içeriğiyle değişimi



Şekil 5. $8 \times 8 \times 18$ mm boyutlarındaki elma örneklerinin $V=1$ m/s, $T=80, 70, 60$ °C sıcaklıkta kurutulmasında kuruma hızının nem içeriğiyle değişimi



Şekil 6. $12.5 \times 12.5 \times 25$ mm boyutlarındaki elma örneklerinin $T=80$ °C sıcaklıkta ve farklı hızlarda kurutulmasında kuruma hızının nem içeriğiyle değişimi



Şekil 7. T=80 °C sıcaklıkta ve V= 1.5 m/s 'de farklı boyutlarda kurutulan elma örneklerinin kuruma hızının nem içeriğiyle değişimi

KURUMA HIZI İLE NEM İÇERİĞİ DEĞİŞİMİ EĞRİLERİNİN MATEMATİKSEL MODELLEMESİ

Bu çalışmada, lineer olmayan regresyon analiz yöntemi yardımıyla deney sonuçlarından elde edilen kuruma hızı-nem içeriği değişimi eğrilerinin matematiksel modellemesi yapılmıştır. Regresyon analizlerinde STATISTICA programı kullanılmıştır. Korelasyon katsayısı (R) ürünlerin kurutma eğrilerini tanımlayan en iyi denklemi seçmek için ana kriter olarak alınmıştır. Ayrıca tahminin standart hatası (RMSE) ve khi-kare (χ^2), değerleri kullanılarak en uygun model saptanmış ve bunlara ilaveten modelin modelleme yeterliliği de (EF) belirlenmiştir (Guarte, 1996).

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^n (D_{i,d} - D_{i,dort})^2 - \sum_{i=1}^n (D_{i,a} - D_{i,d})^2}{\sum_{i=1}^n (D_{i,d} - D_{i,dort})^2} \quad (5)$$

Tahminin standart hatası, ampirik ve deneysel değerler arasındaki sapmayı gösterir. Bu değerlerin sıfıra yakın olması arzu edilmektedir. Ayrıca uyumun iyilik derecesini gösteren khi-kare değerinin azalması ile uyumun arttığı belirtilmektedir. Bunların yanında deneysel verileri açıklayan modelin modelleme yeterliliği değerinin bire yakın olması modelin kullanılabileceğinin göstergesidir.

Kuruma hızı-nem içeriği değişimini açıklayan en iyi model aşağıdaki fonksiyonlar yardımıyla araştırılmıştır.

Lineer	$Y=a+bX$
Üssel	$Y=a.X^b$
Arrhenius	$Y=a.exp(b/X)$
Logaritmik	$Y=a+b \ln(X)$
Exponansiyel	$Y=a.exp(b.X)$

Elma örneklerinin nem içeriği ile kuruma hızındaki değişimi veren eşitlikler Tablo 1' de verilmiştir. Kuruma hızı-nem içeriği değişimi eğrilerinin modellenmesinde en uygun sonuçları

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_{i,a} - D_{i,d})^2}{N}} \quad (3)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (D_{i,d} - D_{i,a})^2}{N - n} \quad (4)$$

$\frac{dM}{dt} = a.M^b$ üssel fonksiyon vermiştir. Bu model ile yapılan tahminin standart hatası 0.00094 ile 0.00321 aralığında değişmektedir. Bununla birlikte khi-kare değerleri sıfıra oldukça yakın çıkmıştır. Kullanılan modelin modelleme yeterliliği de 0.96888-0.99753 arasında değişmektedir. İstatistiksel verilerin uyumunun yüksek olmasından dolayı modelin kullanılmasında bir sakınca yoktur.

Bu modelde bulunan a ve b katsayıları üzerinde kurutma havası hızı, kurutma havası giriş sıcaklığı ve kurutulan örnek büyüklüğünün etkisi çoklu regresyon tekniğiyle aşağıdaki fonksiyon yardımıyla araştırılmıştır.

$$Y = c.V^{c1}.T^{c2}.A^{c3} \quad (6)$$

Kurutma hızının nem içeriği ile değişimi modelinde bulunan a ve b katsayılarının kurutma havası giriş sıcaklığı, hava hızı ve kurutulan örneğin alanına bağlı değişimi ve korelasyon katsayısı,

1. Tepsideki a, b katsayıları

$$a = \frac{3.538 \times 10^{-8} \cdot T^{1.640} \cdot V^{-0.0575}}{A^{0.798}} \quad (R=0.987)$$

$$b = 37.41 \cdot T^{-0.480} \cdot V^{0.232} \cdot A^{0.229} \quad (R=0.905)$$

2. Tepsideki a, b katsayıları

$$a = \frac{6.958 \times 10^{-8} \cdot T^{1.463} \cdot V^{-0.0641}}{A^{0.805}} \quad (R=0.984)$$

$$b = 26.30 \cdot T^{-0.374} \cdot V^{0.251} \cdot A^{0.245} \quad (R=0.889)$$

şeklinde elde edilmiştir. Farklı kurutma şartları için $\frac{dM}{dt} = a.M^b$ modelinin kullanılmasıyla elde edilen ampirik ve

deneysel kuruma hızı değerleri Şekil 8 ve 9' da görülmektedir. Şekiller incelendiğinde ampirik değerleri gösteren noktaların deneysel verileri gösteren eğrilere oldukça yakın bulunduğu ve bu noktaların eğrinin üzerinde veya eğrinin çok yakınında olduğu saptanmıştır. Bu da kullanılan modelin kuruma hızı nem içeriği ilişkisini açıklamada kullanılabileceğini ifade etmektedir.

SONUÇ

Yapılan çalışma sonucunda siklon tipi kurutucuda dönel akış ortamında üniform bir kurumanın gerçekleştiği ve kuruma hızının yüksek olduğu görülmüştür. Elma örneklerinin kuruma hızına, kurutma havası özelliklerinin ve örnek boyutunun önemli etkisi olmuştur. Kurutma havası sıcaklığı ve hızı arttıkça, örnek boyutu ise küçüldükçe kuruma hızı artmış ve dolayısıyla kurutma süresi azalmıştır. Kuruma hızındaki artışta örnek boyutlarının küçülmesi, kurutma havası sıcaklığı ve kurutma havası hızındaki artışa göre daha etkili olmuştur. Tepsi pozisyonunun ise kuruma hızındaki artışta pek fazla etkisi olmamıştır. Kuruma olayı azalan kuruma hızı periyodunda gerçekleşmiş, deneysel verilerde sabit kuruma hızı periyodu gözlenmemiştir.

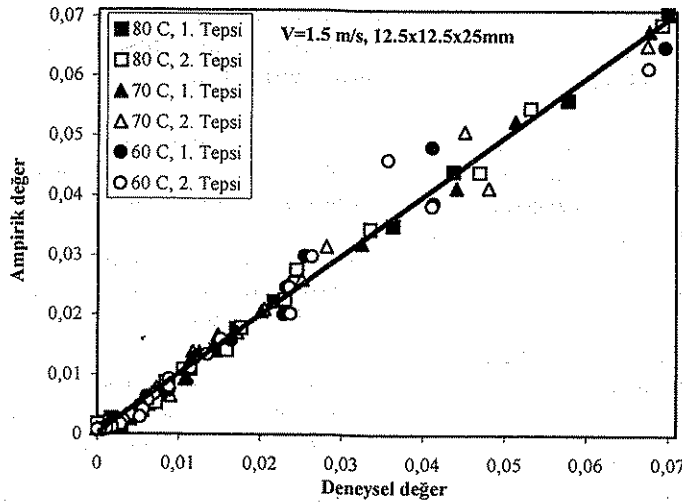
Kurutma hızı ile nem içeriği değişimi eğrileri üssel bir eşitlikle ifade edilmiştir. Ampirik değerleri gösteren noktaların deneysel verilere oldukça yakın

bulunduğu saptanmıştır. $\frac{dM}{dt} = a.M^b$ modelinin

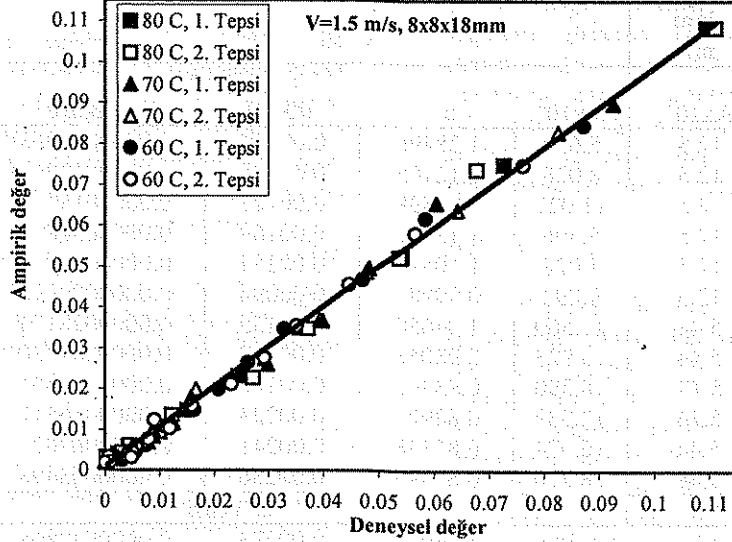
deney sonuçlarına uygulanması sonucunda yapılan istatistiksel analizde modelin modelleme yeterliliği değerlerinin yüksek, tahminin standart hatası, khi-kare değerlerinin çok düşük olduğu görülmüştür. Kullanılan modelin farklı kurutma koşulları altında elmanın kuruma hızı-nem içeriği ilişkisini açıklamada kullanılabileceği belirlenmiştir.

Tablo 1. Kuruma hızı ile nem içeriğindeki değişimi veren model ve istatistiksel değerler

Sıcaklık °C	Hava hızı m/s	Örneğin alanı m ²	1. Tepsi				
T	V	Ax10 ⁴	a x10 ³	b	RMSE	Khi-Kare	EF(R ²)
60	1.5	12.5	5.639	1.28496	0.00219	0.0000051968	0.98153
70	1.5	12.5	8.028	1.12105	0.00108	0.0000012965	0.99636
80	1.5	12.5	11.021	0.97598	0.00127	0.0000018719	0.99610
60	1	12.5	5.596	1.13777	0.00169	0.0000030893	0.98244
70	1	12.5	7.028	1.10512	0.00154	0.0000026094	0.99003
80	1	12.5	9.092	0.99989	0.00094	0.0000009990	0.99697
60	1.5	5.44	11.560	1.04650	0.00155	0.0000028174	0.99593
70	1.5	5.44	13.923	0.98058	0.00247	0.0000081730	0.99207
80	1.5	5.44	18.390	0.93342	0.00168	0.0000035664	0.99753
60	1	5.44	12.339	0.82920	0.00223	0.0000056542	0.98505
70	1	5.44	16.074	0.81138	0.00241	0.0000068621	0.98963
80	1	5.44	18.720	0.87595	0.00236	0.0000068498	0.99430
2. Tepsi							
60	1.5	12.5	5.385	1.27976	0.00273	0.0000080868	0.96888
70	1.5	12.5	7.847	1.11437	0.00234	0.0000060975	0.98228
80	1.5	12.5	10.652	0.98033	0.00145	0.0000023848	0.99463
60	1	12.5	5.559	1.09327	0.00169	0.0000030843	0.97987
70	1	12.5	6.634	1.10427	0.00148	0.0000024091	0.98936
80	1	12.5	8.886	0.98479	0.00094	0.0000009851	0.99666
60	1.5	5.44	11.309	0.99429	0.00156	0.0000028027	0.99477
70	1.5	5.44	14.100	0.93192	0.00155	0.0000031515	0.99633
80	1.5	5.44	17.400	0.96293	0.00283	0.0000098406	0.99284
60	1	5.44	12.474	0.81048	0.00208	0.0000049375	0.98642
70	1	5.44	16.080	0.77042	0.00321	0.0000121822	0.97900
80	1	5.44	17.600	0.87957	0.00256	0.0000078791	0.99238



Şekil 8. Deneyisel ve ampirik kuruma hızı değerleri (12.5x12.5x25 mm boyutlarındaki elma örneklerinin V=1.5 m/s, T= 80, 70, 60 °C sıcaklıkta kurutulmasında)



Şekil 9. Deneysel ve ampirik kuruma hızı değerleri (8x8x18 mm boyutlarındaki elma örneklerinin $V=1.5$ m/s, $T=80, 70, 60$ °C sıcaklıkta kurutulmasında)

KAYNAKLAR

Diamante, L.M. and Munro, P.A., Mathematical Modeling of Hot Air Drying of Sweet Potato Slices, *International Journal of Food Science and Technology*, 26, 99-109, 1991.

Diğer, I., Sun Drying of Sultana Grapes, *Drying Technology*, 14, 1827-1838, 1996.

Ertekin, C., ve Yıldız, O., Patlıcan Kurutmada Kurumanın Çeşitli Modeller ile Açıklanması, *Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi*, Şanlıurfa, 399-404, 13-15 Eylül 2001.

Guarte, R.C., Modeling the Drying Behavior of Copra and Development of a Natural Convection Dryer for Production of High Quality Copra in the Philippines, *Ph.D. Dissertation*, 287, Hohenheim University, Stuttgart, Germany, 1996.

İslam, M.N. and Flink, J.M., Dehydration of Potato: I. Air and Solar Drying at Low Air Velocities, *Journal of Food Technology*, 17, 373-385, 1982.

Karel, M., Fennema, O.R. and Lund, D.B., *Principles of Food Science*, Part II. Physical Principles of Food Preservation, pp. 319-328, New York, Marcel Dekker, 1975.

Kavak Akpınar, E., Tarımsal Ürünler İçin Siklon Tipi Bir Kurutucunun Geliştirilmesi, *Doktora tezi*, Fırat Üniversitesi, 2002.

Midilli, A., Olgun, H., Ayhan, T., Experimental Studies of Mushroom and Pollen Drying, *International Journal of Energy Research*, 23, 1143-1152, 1999.

Mulet, A., Berna, A., Borrás, M., Pinaga, F., Effect of Air Flow Rate on Carrot Drying, *Drying Technology*, 5(2), 245-258, 1987.

Özdemir, M., and Devres, Y.O., The Thin Layer-Drying Characteristic of Hazelnuts During Roasting, *Journal of Food Engineering*, 42, 225-233, 1999.

Panchariya, P.C., Popovic, D., Sharma, A.L., Thin-Layer Modeling of Black Tea Drying Process, *Journal of Food Engineering*, 52, 349-357, 2002.

Puiggali, J.R., Batsale, J.C., Nadeau, J.P., The Development and Use of an Education to Describe the Kinetics of Air Drying of Hazelnuts, *Lebensm.-Wiss. u. - Technology*, 20, 174-179, 1987.

Sarsavadia, P.N., Sawhney, R.L., Pangavhane, D.R., Singh, S.P., Drying Behavior of Brined Onion Slices, *Journal of Food Engineering*, 40, 219-226, 1999.

Üretir, G., Modeling Computer Controlled Apple Drying Processes, *Yüksek lisans tezi*, ODTÜ, 1995.

Yaldız, O., Ertekin, C., Uzun, H.İ., Mathematical Modeling of Thin Layer Solar Drying of Sultana Grapes, *Energy*, 26, 457-465, 2001.

Ebru KAVAK AKPINAR

1973 yılı Elazığ doğumludur. 1994 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında 1997 yılında yüksek lisansını, 2002 yılında doktoraasını tamamlamıştır. Halen Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Enerji Anabilim Dalında araştırma görevlisi doktor ünvanı ile çalışmaktadır.