



www.ziraat.selcuk.edu.tr/dergi

Selçuk Üniversitesi  
Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi  
23 (49): (2009) 36-43  
ISSN:1309-0550



## PATATESİN (*Solanum tuberosum*) İNCE TABAKA KURUTMA KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ<sup>1</sup>

Gülay MENGEŞ<sup>2</sup>

Haydar HACİSEFEROĞULLARI<sup>2,3</sup>

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Konya/Türkiye

(Geliş Tarihi: 04.02.2009, Kabul Tarihi:13.04.2009)

### ÖZET

Bu çalışmada, Niğde Bölgesinde yetiştirilen patatesin (*Solanum tuberosum*) farklı hava sıcaklığı ve ön işlem şartlarında gösterecekleri kurutma karakteristiklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Denemelerde hava sıcaklığı 60, 70 ve 80 °C, hava hızı ise 2.0 m/s olarak seçilmiştir. Patates örnekleri, kurutma öncesi ön işlem olarak 20x10x4 mm, 12.5x12.5x12.5 mm ve 25x12.5x12.5 mm boyutlarında kesildikten sonra kurutulmuşlardır. Denemeler sonucunda, patateslere ait kuruma sabiti (k) değerleri 20x10x4 mm boyutundaki patates örneklerinde 1,959 ile 3.691, 12.5x12.5x12.5 mm boyutundaki patates örneklerinde 0,791 ile 1,232 ve 25x12.5x12.5 mm boyutundaki patates örneklerinde 0,573 ile 0,854 arasında bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Patates, hava sıcaklığı, hava hızı, ön işlem, kuruma hızı, kuruma sabiti

### INVESTIGATION OF DRYING CHARACTERISTICS OF THIN LAYER DRYING OF POTATO (*Solanum tuberosum*)

#### ABSTRACT

In this study the drying characteristics of potato which is grown Niğde region for different air temperature and pretreatments were determined. In the trials, air temperatures as 60 °C, 70 °C, 80 °C and air velocities as 2.0 m/s were taken. Potato samples that cut at dimensions 20x10x4 mm, 12.5x12.5x12.5 mm and 25x12.5x12.5 were dried. In the trials result, drying coefficient (k) values for samples of potato were found 1,959...3.691 (20x10x4 mm); 0,791...1.232 (12.5x12.5x12.5 mm); 0,573...0,854 (25x12.5x12.5 mm) respectively

**Key Words:** Potato, air temperature, air velocity, pretreatment, drying velocity, drying coefficient

### GİRİŞ

Sebze ve meyveler yaş olarak tüketilmelerinin yanı sıra kurutularak da tüketilmektedir. Kurutma ile saklama koşulları daha kolay olmasından ve ekonomik kazanımların elde edilmesinden dolayı tercih edilmekte ve uygulanmaktadır. Zengin üretim potansiyeline sahip olan ülkemizde sebze ve meyve kurutulmasında geleneksel yöntemler bırakılıp daha uygun olan modern tekniklerin yaygın kullanımına başlanılmalıdır (Yaldız 2001).

Sebze ve meyveler için uygulanacak kurutma yöntemleri şüphesiz büyük önem taşımaktadır. Uygun kurutma tekniklerinin kullanılmasıyla ihracat gelirlerini artırmak mümkün olacaktır. Ülkemizde kurutma işlemi genellikle güneşe sererek yapılmaktadır. Açık hava şartlarında güneşe sererek yapılan kurutma işleminde kuru ürünün elde edilebilmesi için çok uzun süreye ihtiyaç duyulmakta, dolayısıyla ürünün kalitesi bozulmakta ve kirlenmektedir. Bu nedenle tarımsal ürünlerin kontrollü şartlar altında kurutulması oldukça büyük öneme sahiptir. Kurutma sistemlerinin tasarlanması ve geliştirilmesi amacıyla ürünlerin kurutma karakteristiklerinin belirlenmesi gereklidir.

### MATERYAL VE METOD

#### Laboratuvar Kurutucusu ve Kurutma Materyali

Araştırmada patates (*Solanum tuberosum*) materyal olarak seçilmiştir. Kurutma çalışmaları, Selçuk

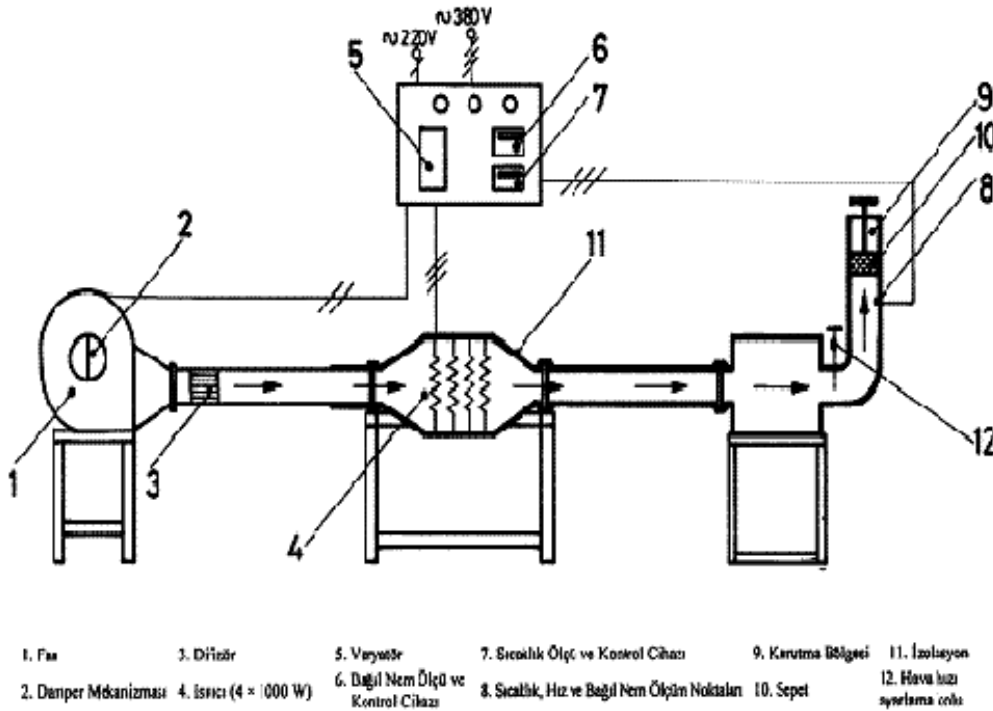
Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde imal edilen Laboratuvar kurutucusu ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 1'de deneme düzeninin şematik görünüşü verilmiştir.

Kurutucu, kurutma havasını sağlayan fan ve hava debisi ayar düzeni, kurutma havası sıcaklığını düzenleyen elektriksel ısıtıcıların ve sıcaklık kontrol ünitesinin bulunduğu kısım ile kurutma bölümü olmak üzere üç ana ünitelerden oluşmaktadır. Kurutma için gerekli fanın debisi, elektrik motoru devir kontrol ünitesi ile fanın devir sayısı kademesiz ayarlanarak suretiyle istenilen değerlerde tutulmaktadır.

Hava kanalı içerisinde yer alan ısıtıcılar sayesinde ise hava istenilen kuru termometre sıcaklığına kadar ısıtılabilir. Isıtıcı bölümünü oluşturan 4x1000 W gücündeki devre elemanları birbirlerinden bağımsız olarak devreye girebilmektedir. Bu elemanlardan birisinin devresine seri olarak bağlanan direnç, sıcaklık kontrol ünitesi sayesinde, sıcaklık değişimine bağlı olarak devreye girip çıkmakta ve ayarlanan sıcaklığın deneme süresince sabit değerde kalması sağlanabilmektedir. Deneme düzeninin son kısmını ise, deneme materyali ürünlerin kurutulduğu kurutma bölümü oluşturmaktadır. Kurutma bölümünün alt kısmında sıcak havanın giriş yaptığı üç kanallı bir hava bölmesi yer almaktadır. Bu üç kanal sayesinde, aynı anda üç örneğin kurutulması gerçekleştirilebilmektedir.

<sup>1</sup>14.12.2005 tarihinde S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsünde kabul edilen Yüksek Lisans Tezinin özetidir.

<sup>3</sup>Sorumlu Yazar: [hhsefer@selcuk.edu.tr](mailto:hhsefer@selcuk.edu.tr)



Şekil 1. Deneme düzeninin şematik görünüşü

### Denemeler

Denemelerde patates örnekleri ince tabaka halinde 60, 70 ve 80 °C kurutma havası sıcaklıklarında kurutulmuşlardır. Kurutma havası hızı olarak ise 2.0 m/s seçilmiştir. Ayrıca dilimlenmiş ürün boyutlarının kuruma hızına etkilerini belirlemek amacı ile patates örnekleri kurutma öncesi ön işlem olarak 20x10x4, 12.5x12.5x12.5 ve 25x12.5x12.5 mm boyutlarında kesilerek denemeler gerçekleştirilmiştir.

Ürünlerin son nem içerikleri, kurutma fırınında sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilmeleri ile belirlenmiştir (Yağcıoğlu 1999). Hava hızı testo-term marka elektronik hava hızı ölçme cihazı ile  $\pm 0.1$  m/s, kurutma havası sıcaklığı ise kurutma bölgesinin hemen altına yerleştirilen sıcaklık ölçüm ve kontrol cihazları ile  $\pm 1$  °C ve belli t anlarındaki ağırlık kayıpları ise elektronik terazi ile 0.01 g doğrulukla ölçülmüştür.

### Deneyel Kuruma Sabiti Katsayısının (k) Belirlenmesi

Ürünün belli bir t anında sahip olduğu nem içeriğinin (M) ürünün ilk nem içeriğine oranı olarak sadeleştirilebilen ayrılabilir nem oranı ( $ANO = M / M_o$ ) Newton modeli ile açıklanmaya çalışılmıştır. Bu denklem aşağıda verilmiştir.

$ANO = \exp(-kt)$ , (Ergüneş 1990, Ayensu 1997, Tiris ve ark. 1994, Liu ve Bakker-Arkema 1997, Sarsavadia ve ark. 1999).

Eşitlikte; k kuruma sabitini, t ise kuruma zamanını ifade etmektedir.

Denemeler sırasında, farklı t anları için STATİSTİCA istatistik paket programı kullanılarak gerçekleştirilen regresyon analizi sonucunda, farklı sıcaklık ve ön işlem uygulamaları için ürünlere ait ayrı ayrı kuruma sabiti (k) değerleri hesaplanmıştır

### ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

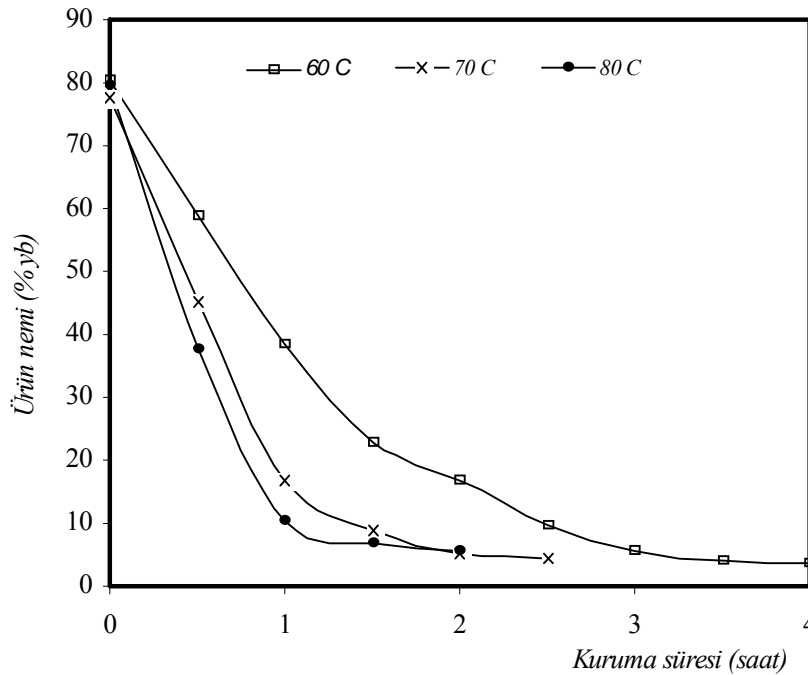
#### Hava Sıcaklığının Etkisi

Farklı boyutlarda dilimlenmiş patates örneklerinin kuruma karakteristikleri Şekil 2, 3 ve 4 'de verilmiştir. Görüldüğü gibi kuruma süresi, kurutma havası sıcaklığından etkilenmekte, hava sıcaklığının yükselmesine bağlı olarak nem kaybı hızlanmakta ve kuruma süresi kısalmaktadır (Madamba ve ark. 1996, Ertekin ve ark. 2001). Sıcaklığın artışıyla ortaya çıkan bu etkiyi, sıcaklık artışının doğal bir sonucu olarak kurutma havası bağıl neminin düşmesine bağlayabiliriz (Tablo 1). Dolayısıyla sıcaklık artışıyla bağıl nemi düşen ve daha yüksek bir kurutma potansiyeline sahip olan kurutma havası, kurutmada çok daha etkin bir rol üstlenmektedir (Ergüneş 1990).

Tablo 1. Denemelerde Kullanılan Havanın Isıtma Öncesi ve Sonrası Belirlenen Bazı Psikometrik Özellikleri

Ürün	Kurutma havası sıcaklığı (°C)	Ortam Havası			Kurutma Havası	
		t <sub>k</sub>	t <sub>y</sub>	δ	t <sub>k</sub>	δ
20x10x4 mm	60	26.7	18.1	40.6	60	6.1
	70	28.3	21.5	39.9	70	4.0
	80	30.2	20.3	28.8	80	2.4
12.5x12.5x12.5 mm	60	26,6	18.8	29.9	60	5.8
	70	28,9	21.6	26.6	70	3.7
	80	27,4	21.0	27.6	80	2.3
25x12.5x12.5 mm	60	26.9	17.1	29.2	60	5.8
	70	23.8	16.1	39.9	70	3.5
	80	29.4	20.9	23.5	80	2.0

t<sub>k</sub>: Kuru termometre sıcaklığı (°C) t<sub>y</sub>: Yaş termometre sıcaklığı (°C) δ : Bağıl nem (%)



Şekil 2. 2.0 m/s hava hızında kurutulmuş 20x10x4 mm boyutundaki patates örneklerinin kurutma havası sıcaklığına bağlı olarak nem değişimleri

Kurutma havası sıcaklığının kuruma süresi üzerine etkisi ise Şekil 5'de görülmektedir. Küp şeklinde (12.5x 12.5x 12.5 mm boyutlarında) ön işlem olarak hazırlanmış, patatesin % 10 (y.b.) son nem içeriğine kadar kurutulması için gerekli süre (DT), kurutma havası sıcaklığına (T) bağlı olarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla büyük doğrulukla ( $R^2=0.9978$ ) hesaplanabilir;

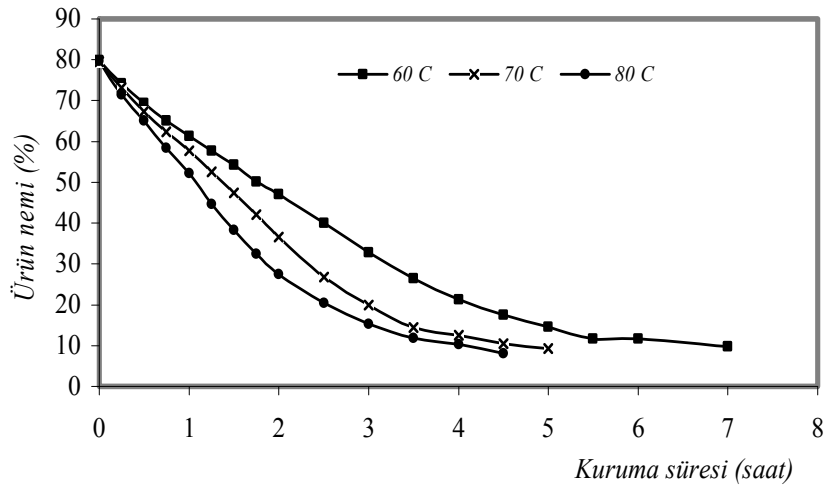
$$DT=a \exp^{bT}$$

$$DT=21,710 \exp^{-0.0243 T} \quad (R^2=0.9978)$$

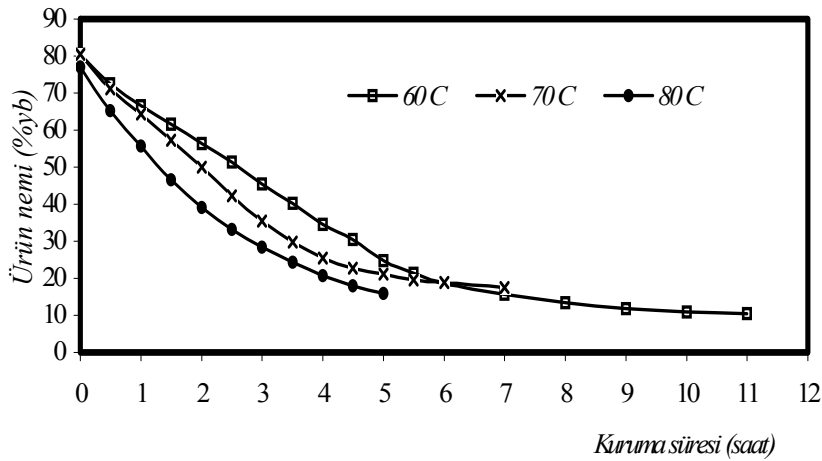
#### **Kurutma Öncesi Uygulanan Dilimleme İşleminin Kuruma Üzerine Etkisi**

Kurutma denemelerinde deneme materyali patatesler, kurutma öncesi 20x10x4 mm, 12.5x12.5x12.5 mm ve 25x12.5x12.5 mm boyutlarında dilimlendikten sonra kurutulmuşlardır. 2.0 m/s hava hızı değerinde ve

farklı hava sıcaklığı şartlarında, üç farklı boyuta sahip patates örneklerinin, zamana bağlı olarak nem değişimleri Şekil 6, 7 ve 8'de verilmiştir. Görüldüğü gibi patates örneklerinde dilim boyutu azaldıkça kuruma hızı artmakta ve bu artış dilim boyutu en küçük olan 20x10x4 mm patates örneklerinde en fazla olmaktadır. Özellikle kalınlık azaldıkça su moleküllerinin yüzeye taşınmak için daha az mesafe kat etmeleri gerekmekte, bu da kurumanın hızlı olmasına neden olmaktadır (Ertekin ve Yıldız 2004). Örneğin 2.0 m/s hava hızı ve 60 °C kurutma havası sıcaklığında 20x10x4 mm boyutundaki örneklerde %10 neme ulaşabilmek için gerekli süre 2.5 saat iken, 12.5x12.5x12.5 mm ve 25x12.5x12.5 mm boyutlarındaki patates örneklerinde sırasıyla bu süre yaklaşık olarak 2.5 ve 4.5 kat artarak 6 ve 11 saate ulaşmaktadır.



Şekil 3. 2.0 m/s hava hızında kurutulmuş 12.5x12.5x12.5 mm boyutundaki patates örneklerinin kurutma havası sıcaklığına bağlı olarak nem değişimleri



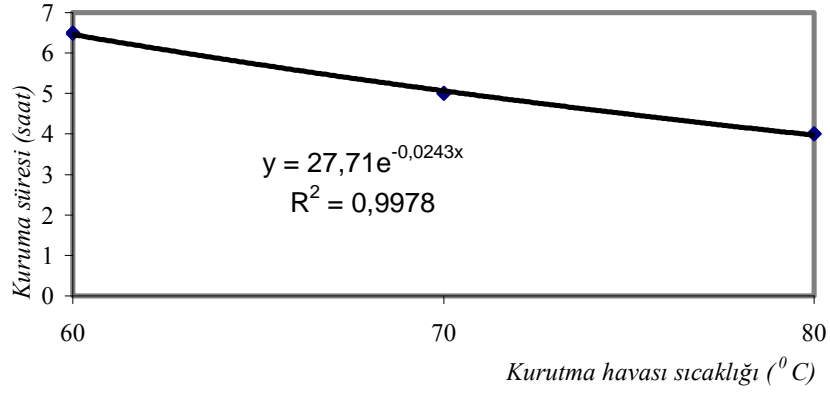
Şekil 4. 2.0 m/s hava hızında kurutulmuş 25x12.5x12.5 mm boyutundaki patates örneklerinin kurutma havası sıcaklığına bağlı olarak nem değişimleri

#### **Farklı Koşullarda Kurutulmuş Patateslere Ait Kuruma Sabiti Değerleri**

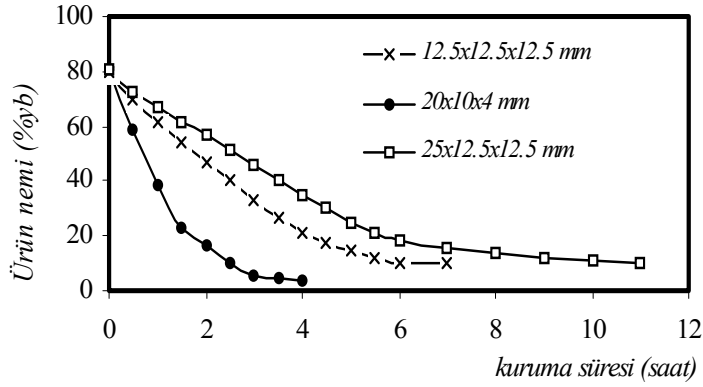
Materyalden, kuruma koşullarına bağlı olarak meydana gelen nem azalması veya Alınabilir Nem Oranı (ANO)'nın kuruma zamanına bağlı olarak gösterdiği eğilimin belirlenmesi, deneme koşullarına benzer ortamlarda aynı materyalin belirli zamanlarda ulaşabileceği nemi ya da istenilen nem değerine ulaşması için gerekli zamanı belirlemede yardımcı olmaktadır. Ancak bunun belirlenmesi için nem değişim eğrilerine ait eğilimlerin bilinmesi gereklidir. Bu eğim değerleri, birim zaman içinde nem yada Alınabilir Nem Oranı (ANO) değerindeki değişme eğilimini belirlemekte ve bu nedenle de kuruma sabiti olarak tanımlanmaktadır (Yağcıoğlu 1981).

Deneme sonuçlarına göre hesaplanan alınabilir nem oranı ile tahmini nem oranı değerlerinin farklı kurutma sıcaklıklarında zamana göre değişimleri Şekil 9, 10 ve 11'de verilmiştir.

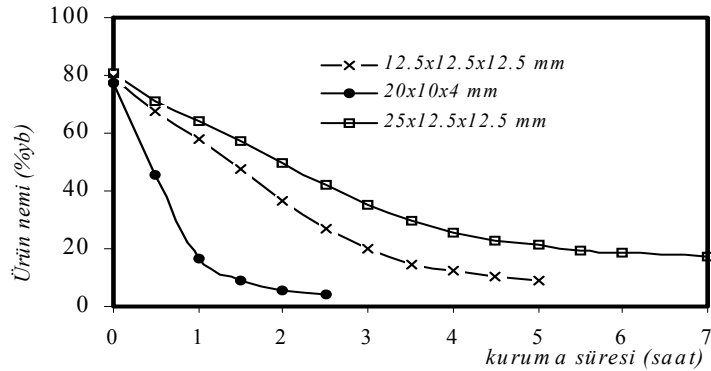
Deneme materyali patates örneklerinin kurutulmasında, her iki evreyi (sabit + azalan) kapsayacak şekilde ortak bir kuruma sabiti (k) değeri elde etmek için, genel logaritmik kurutma denklemi, farklı boyuttaki örneklerin tüm kuruma periyodu için uygulanmış ve deneysel değerlere yapılan regrasyon analizi sonucunda farklı kurutma koşullarında patates örnekleri için elde edilen kuruma sabiti (k) değerleri Tablo 2'de verilmiştir.



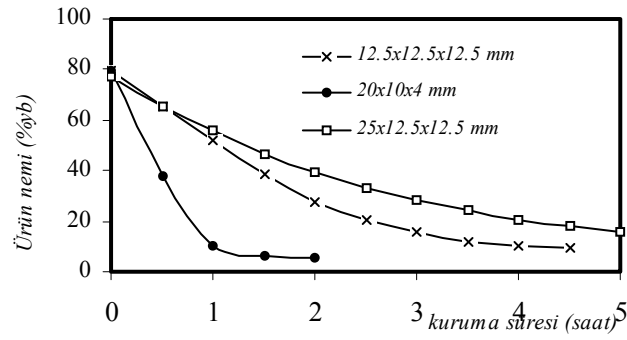
Şekil 5. Farklı kurutma havası sıcaklıklarında kuruma sürelerinin değişimi



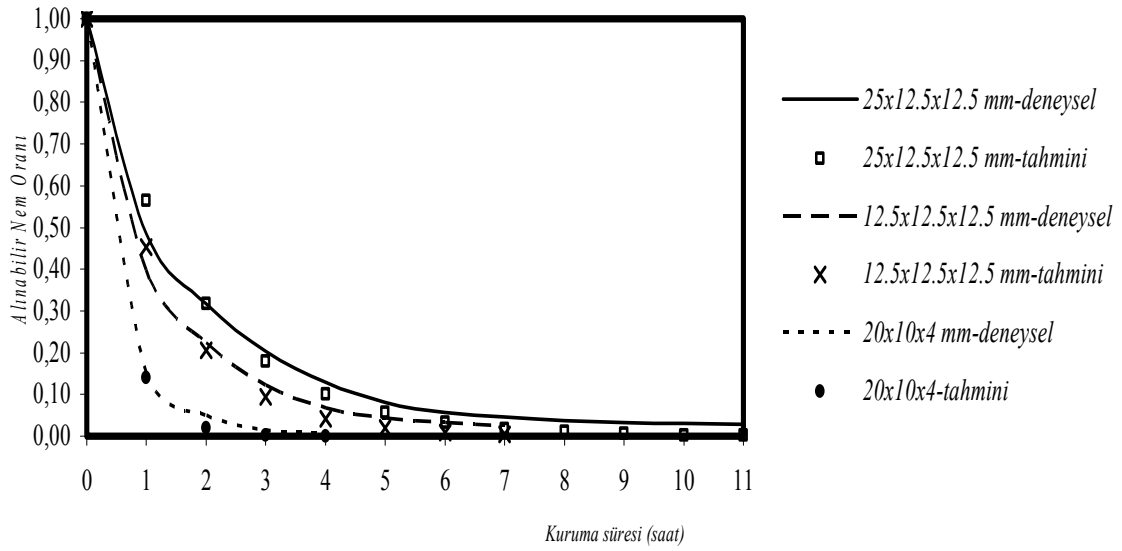
Şekil 6. 60°C sıcaklıkta ve 2.0 m/s hava hızı değerlerinde kurutulan farklı boyutlardaki patates örneklerinin nem değişimleri



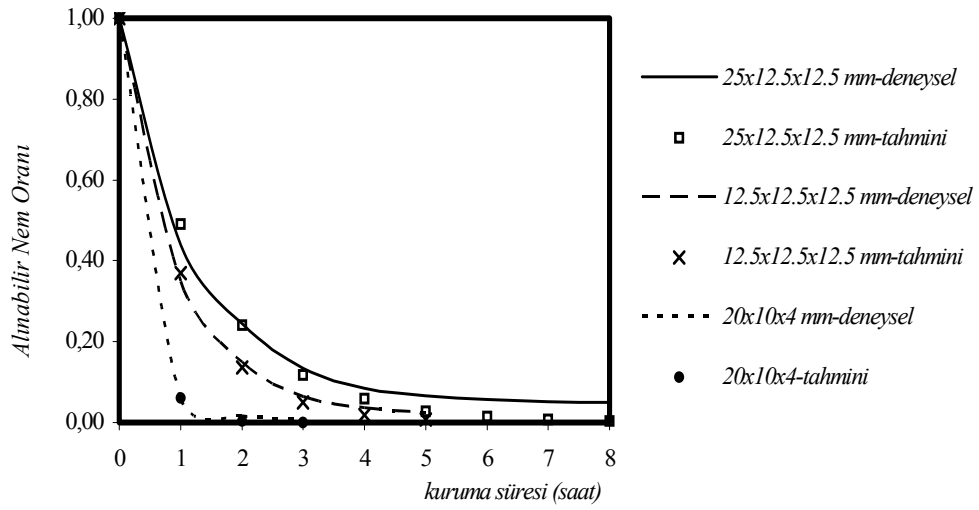
Şekil 7. 70°C sıcaklıkta ve 2.0 m/s hava hızı değerlerinde kurutulan farklı boyutlardaki patates örneklerinin nem değişimleri



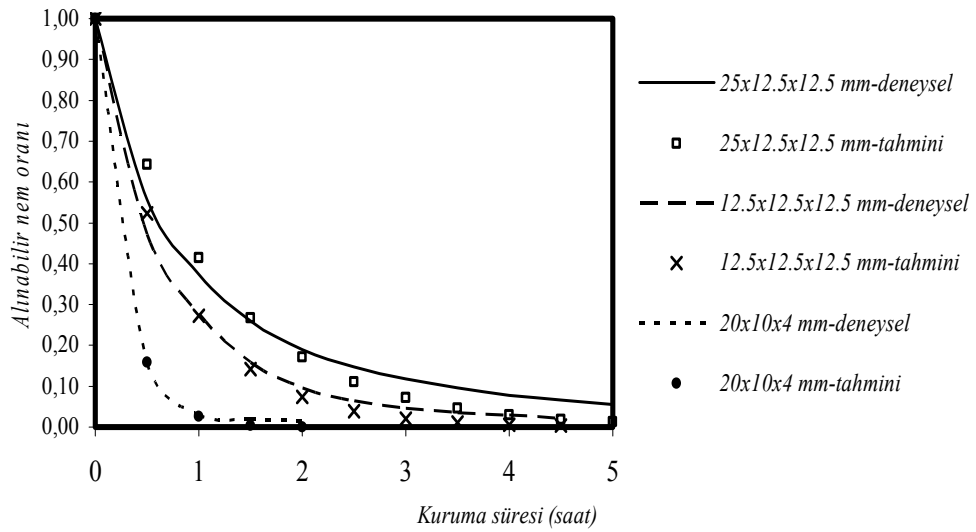
Şekil 8. 80°C sıcaklıkta ve 2.0 m/s hava hızı değerlerinde kurutulan farklı boyutlardaki patates örneklerinin nem değişimleri



Şekil 9. 60° sıcaklıkta farklı kurutma koşullarında elde edilen ve genel kurutma denklemi ile tahmin edilen alınabilir nem oranı değerlerinin zamana göre değişimi



Şekil 10. 70<sup>0</sup> sıcaklıkta farklı kurutma koşullarında elde edilen ve genel kurutma denklemi ile tahmin edilen alınabilir nem oranı değerlerinin zamana göre değişimi



Şekil 11. 80<sup>0</sup> sıcaklıkta farklı kurutma koşullarında elde edilen ve genel kurutma denklemi ile tahmin edilen alınabilir nem oranı değerlerinin zamana göre değişimi

Tablo 2. Farklı Kurutma Koşullarında, Patates Örneklerinin Sabit+Azalan Hızla Kuruma Evrelerine Ait Alınabilir Nem Oranı (Y) – Kuruma Süresi (t) İlişkisini Belirleyen Regresyon Denklemleri

Ürün	Hava Hızı (m/s)	Model	60 <sup>0</sup>		70 <sup>0</sup>		80 <sup>0</sup>	
			k	r	k	r	k	r
20x10x4 mm	2.0 m/s	ANO=exp(-kt)	1,959895	0,99829	2,816358	0,99954	3,691358	0,99969
12,5x12,5x12,5 mm			0,791174	0,99570	0,997576	0,99898	1,232359	0,99884
25x12,5x12,5 mm			0,573186	0,99329	0,711791	0,99304	0,854816	0,99369

k: kuruma sabiti

r: Korelasyon katsayısı

Kuruma sabiti değerleri genel olarak incelenecek olursa, bu değerlerin sıcaklık artışına ve ürün boyutundaki küçülmeye bağlı olarak arttıkları görülmektedir. En yüksek kuruma sabiti (k) değeri 3.691358 ile 80 °C sıcaklıkla çalışmada ve 20x10x4 mm boyutundaki patates örneklerinde görülmüştür. En düşük kuruma sabiti değeri ise 0.573186 olarak 60 °C sıcaklıkta ve 25x12.5x 12.5 mm boyutundaki patates örneklerinde görülmüştür. Ayrıca Alınabilir Nem Oranı- Kuruma zamanı ilişkisini veren denklemlere ait korelasyon katsayıları (r) incelenecek olursa %99'un üzerinde olduğu dikkat çekmektedir. Burada, ele alınan regresyon modellerinin deneysel sonuçlarla iyi bir uyum gösterdiği anlaşılmaktadır. Şekil 9, 10 ve 11'in incelenmesinden görüldüğü gibi deneysel ve genel kurutma denklemi ile tahmini alınabilir nem oranı değerleri birbirine yakındır, dolayısıyla ürünün nem içeriğindeki değişim deneysel verilere yakın olacak şekilde tahmin edilebilir.

### SONUÇ

Kurutmada kullanılan kurutma havası sıcaklığı arttıkça farklı boyutlardaki patates örneklerinden uzaklaşan nem miktarı artmakta ve bunun sonucu olarak kuruma süreleri kısalmaktadır.

Patates örneklerinin kurutma öncesi ön işleme tutulması, kuruma hızına büyük oranda etki etmektedir. Diğer bir ifade ile patates boyutları küçüldükçe kuruma hızı artmaktadır.

Kuruma sabiti değerleri hava sıcaklığı artışı ve boyut küçülmesiyle birlikte artış göstermiştir. Ayrıca ürünün nem içeriğindeki değişim deneysel verilere (r=0.99) oldukça yakın bir şekilde tahmin edilebilir.

### KAYNAKLAR

- Ayensu, A.,1997. Dehydration of Food Crops Using a Solar Dryer With Convective Heat Flow. *Solar Energy*, 59 (4-6), 121-126
- Ergüneş, G., 1990. Çekirdeksiz Üzümün Kuruma Karakteristiklerinin Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma. E.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü. Yayınlanmamış Doktora Tezi, İzmir.
- Ertekin, C., Yıldız, O., Mühlbauer, W., 2001. İncirin Kuruma Karakteristiklerinin Belirlenmesi ve Kuruma Davranışının Modellenmesi. *Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi*, 405- 411, Şanlıurfa.
- Liu, Q., & Bakker-Arkema, F.W., 1997. Stochastic modelling of grain drying: Part 2. Model development. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 66, 275- 280
- Madamba, P.S., Driscoll, R.H., & Buckle, K.A. 1996. The thin layer drying characteristics of garlic slices. *Journal of Food Engineering*, 29, 75- 97.
- Sarsavadia, P., R. Sawhney, D.R., Pangavhane S.P, Singh, I., 1999. Drying Behaviour of Brined Onion Slices. *Journal Food Engineering*, Vol:40, 219- 226
- Tiris, C., Özbalta, N., Tiris, M., & Dincer, I. 1994. Experimental testing of a new solar dryer. *Int. J. of Energy Research*, 18, 483- 490
- Yıldız, O., 2001. Havuç ve Pırasa Kurutulmasında Kurutma Havası Özelliklerinin Kurutma Karakteristiklerine Etkisi. *Tarımsal Mekanizasyon 20.Ulusal Kongresi*, Şanlıurfa
- Yağcıoğlu, A., 1981. Tavuk Gübresinin Değişik Hava Koşullarında Kuruma Özelliklerinin Saptanması Üzerinde Bir Araştırma, Doçentlik Tezi, Bornova-İzmir.
- Yağcıoğlu, A.,1999. *Tarım Ürünleri Kurutma Tekniği*. Ege Üniv.Ziraat Fakültesi Yayınları No:536, İzmir