



Araştırma Makalesi

www.ziraat.selcuk.edu.tr/ojs
Selçuk Üniversitesi
Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi
26 (1): (2012) 84-91
ISSN:1309-0550



Mantarın (*Agaricus Bisporus*) Kuruma Karakteristiklerinin Belirlenmesi ve Kuruma Davranışının Modellenmesi¹

Ramazan Çağatay ARICI², Hakan Okyay MENGES^{2,3}

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

(Geliş Tarihi: 29.03.2011, Kabul Tarihi: 29.02.2012)

Özet

Bu çalışmada mantarın kuruma karakteristiklerinin belirlenmesi ve kuruma süresinin belirli bir anında ürünün nem içeriğinin belirlenmesi için mevcut kuruma modellerinin uygulanabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Mantar örnekleri 50, 60 ve 70 °C kuruma havası sıcaklıklarında ve 1.0, 2.0 ve 3.0 m/s kuruma havası hızlarında kurutularak kuruma süreleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler Newton, Page, geliştirilmiş Page, Henderson ve Papis, logaritmik, iki terimli, iki terimli ve eksponansiyel, Wang ve Sign, Thompson, difüzyon yaklaşımı, geliştirilmiş Henderson ve Papis, Verma ve ark. ve Midilli ve ark. modellerine uygulanarak en uygun model belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Midilli ve ark. modelinin mantarın kuruma davranışını diğerlerinden daha iyi açıkladığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Mantar ,hava sıcaklığı,hava hızı,modelleme yeterliliği

Determination of Drying Characteristics and Modelling of Drying Behaviour of Mushroom (*Agaricus Bisporus*)

Abstract

In this study, drying characteristics of mushroom were determined and moisture content at any time of drying process were investigated by different drying models. Drying time were examined at the drying air temperatures of 50, 60 and 70 °C and drying velocities of 1.0, 2.0 and 3.0 m/s. These data were then applied to the thin layer drying models of Newton, Page, Modified Page, Henderson and Pabis, Logarithmic, two-term, two-term exponential, Wang and Singh, Thompson, diffusion approximation, Modified Henderson and Pabis, Verma et al. and Midilli et al. for determination of the best suitable mathematical model. According to the results, Midilli et al. model is superior to the others for explaining drying behavior of mushroom.

Key words: Mushroom, air temperature, air velocity, modeling efficiency

Giriş

Dünya genelindeki sanayileşme, kentleşme, nüfus artışı ve buna bağlı olarak çevresel problemler sebebiyle tarım alanları gün geçtikçe azalma eğilimindedir. Ayrıca protein açığı olan gelişmekte olan ülkelerde besin ihtiyacını karşılayacak alternatif kaynaklara ihtiyaç vardır. Toprak ve tarım arazisi gerektirmeden üretilen ve besin değeri yüksek olan kültür mantarları, bu ihtiyaca karşılık verecek besin maddesi olarak görülmektedir.

Kültür mantar üretimi tüm dünyada hız kesmeden artarak devam etmektedir. Özellikle gelişmiş olan ülkelerde mantar yetiştiriciliği tam anlamıyla bir sanayi kolu olmuştur. Mantar üretimiyle ilgili pek çok işlemin mekanize edildiği büyük ve modern işletmelerde bilgisayarlı otomatik kontrol sistemiyle modern üretimler yapılmaktadır(Şen ve Yalçın, 2010).

Dünya kültür mantarı üretimi 3,4 milyon ton olup üretimin %33' ü AB ülkeleri , %52'si Asya, %10' u ABD ve geri kalanı ise diğer ülkeler tarafından yapılır.

Çin 1,6 milyon ton, AB ülkeleri 1,1 milyon ton üretime sahiptir (Anonymous, 2007)

Ülkemizde ise kültür mantarcılığı son yıllarda hızlı bir gelişim göstermiş, 2002 yılında 1500 ton olan mantar üretimi 2008 yılında 26500 ton'a ulaşmıştır. Buna rağmen mantarcılık sektöründe gelişmekte olan ülkeler konumunda olan Türkiye üretim ve tüketim miktarı yönünden dünyadaki bir çok ülkenin oldukça gerisinde bulunmaktadır.

Mantar, yüksek nem içeriği ile kolay ve hızlı bozulabilen, soğukta depolama koşullarında 7-10 gün gibi kısa bir raf ömrüne sahip bir sebzedir. Raf ömrünü uzatmak için genellikle kurutma işlemi yapılmaktadır. Kurutmanın en önemli avantajlarından birisi soğukta depolama ve konserve ürünlere göre daha az depolama alanlarına ihtiyaç duyulmasıdır (Toğrul ve ark.2005) .

Bu çalışmada, mantarın kontrollü şartlar altındaki kuruma kinetiğini incelemek amacıyla 3 kurutma havası sıcaklığı ve 3 kurutma havası hızı kullanılmıştır. Ayrıca kuruma periyodunun herhangi bir t anında

¹Bu araştırma Zir. Yük. Müh. Ramazan Çağatay ARICI'nın Yüksek Lisans Tezinden Özetlenmiştir.

³Sorumlu Yazar: hmengec@selcuk.edu.tr

ürünün nem içeriğinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi için mevcut matematiksel modellerin uygulanabilirliği araştırılmıştır.

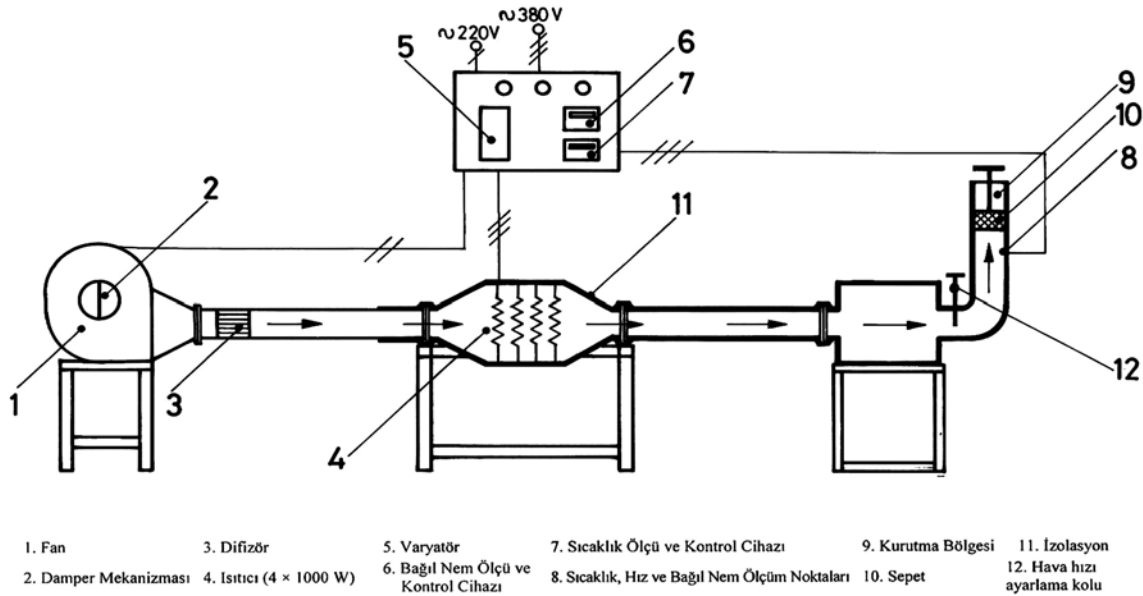
Materyal ve Metot

Laboratuvar Kurutucusu ve Kurutma Materyali

Kurutma çalışmaları Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümünde imal edilen bir laboratuvar kurutucusu ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 1.de kurutucuya ait şematik resim görülmektedir.

Kurutucu, kurutma havasını sağlayan fan ve hava debisi ayar düzeni, kurutma havası sıcaklığını düzenleyen elektriksiz ısıtıcıların ve sıcaklık kontrol ünitesinin bulunduğu kısım ile kurutma bölümü olmak üzere 3 ana ünitelerden oluşmaktadır. Kurutma için gerekli fanın debisi, elektrik motoru devir kontrol ünitesi

ile fanın devir sayısı kademesiz ayarlanmak suretiyle istenilen değerlerde tutulmuştur. Hava kanalı içerisinde yer alan ısıtıcılar sayesinde ise hava istenilen kuru termometre sıcaklığına kadar ısıtılabilir. Isıtıcı bölümünü oluşturan 4x1000 Watt 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 3 kanallı bir hava bölmesi yer almaktadır. Bu üç kanal sayesinde, aynı anda üç örneğin kurutulması gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 1. Deneme düzeninin şematik görünüşü

Denemeler

Denemelerde kullanılan mantar örneklerinin seçiminde deneme sonuçlarının güvenilirliği bakımından aynı boyuta sahip olan (ortalama çap: 30 mm) örnekler seçilmiştir. Mantar örnekleri, kurutma bölümüne tek tabaka halinde yerleştirilerek kurutulmuşlardır (Cemeroğlu ve Acar, 1986; Hendley, 1996). Kurutma havası sıcaklığı olarak 50, 60 ve 70 °C, hava hızı olarak ise 1.0, 2.0 ve 3.0 m/s seçilmiştir. Ürünlerin son nem içerikleri, ürünün kurutma fırınında sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilmesi ile gerçekleştirilmiştir (Yağcıoğlu, 1999). Hava hızı, testo-term marka elektronik hava hızı ölçme cihazı ile ± 0.1 m/s, kurutma havası sıcaklığı, kurutma bölgesinin hemen altına yerleştirilen sıcaklık ölçüm ve kontrol cihazları ile ± 1

°C ve belli t anlarındaki ağırlık kayıpları ise elektronik terazi ile 0.01 gr doğrulukla ölçülmüştür.

Kurutma eğrilerinin matematiksel modellenmesi

Yapılan denemeler sonucunda deneme materyali mantar örneklerinin nem içeriklerindeki değişimler ve kuruma süreleri belirlenmiştir. Ürünün belli bir t anında sahip olduğu nem içeriğinin (M), ürünün ilk nem içeriğine (M₀) oranı olarak sadeleştirilebilen ayrılabilir nem oranı (ANO) Tablo.1 'de görülen 14 farklı model ile açıklanmaya çalışılmıştır (Ertekin ve Yıldız 2001).

$$ANO = \frac{M}{M_0}$$

Denemeler sonucunda elde edilen veriler ile belirtilen modeller ile tahmin edilen ayrılabilir nem oranı (ANO) değerleri arasındaki uyumu istatistiksel olarak

açıklamak amacıyla tahminin standart hatası (RMSE), khikare (χ^2) değerleri kullanılmış, ayrıca kullanılan modelin modelleme yeterliliği de (EF) belirlenmiştir.

Tablo 1. Kuruma Eğrilerini Açıklamak İçin Kullanılan Modeller

Model	Model Adı	Literatürler
$ANO = \exp(-kt)$	Newton	Ayensu, 1997; Tiris, Ozbalta, Tiris ve Dincer, 1994; Liu & Bakker-Arkema, 1997
$ANO = \exp(-kt^n)$	Page	Karathanos ve Belessiotis, 1999; Sun ve Woods, 1994; Park, Vohnikova ve Brod, 2002
$ANO = \exp[-(kt)^n]$	Geliştirilmiş Page	Overhults, White, Hamilton ve Ross, 1973
$ANO = \exp[-(kt)^n]$	Geliştirilmiş Page	Panchariya, Popovic ve Sharma, 2002
$ANO = a \exp(-kt)$	Henderson ve Papis	Rahman, Perera ve Thebaud, 1998
$ANO = a \exp(-kt) + c$	Logaritmik	Lahsani, Kouhila, Mahrouz ve Jaouhari, 2004
$ANO = a \exp(-kt) + b \exp(-k_1t)$	İki terimli	Dandamrongrak, Young ve Mason, 2002
$ANO = a \exp(-kt) + (1-a)\exp(-kat)$	İki terimli exponansiyel	Sharaf-Eldeen, Blaisdell ve Hamdy, 1980
$ANO = 1 + at + bt^2$	Wang ve Sing	Wang and Singh, 1978
$t = a \ln(MR) + b(\ln(MR))^2$	Thompson	Thompson, Peart ve Foster, 1968
$ANO = a \exp(-kt) + (1-a)\exp(-kbt)$	Difüzyon yaklaşım	Ertekin ve Yaldiz, 2004
$ANO = a \exp(-kt) + (1-a)\exp(-gt)$	Verma ve ark.	Verma, Bucklin, Endan ve Wratten, 1985
$ANO = a \exp(-kt) + b \exp(-gt) + c \exp(-ht)$	Geliştirilmiş Henderson ve Papis	Karathanos, 1999
$ANO = a \exp(-kt^n) + bt$	Midilli ve ark.	Midilli, Kucuk ve Yapar, 2002

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (ANO_{\text{tahmin } i,i} - ANO_{\text{deneysel } ,i})^2 \right]^{1/2}$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (ANO_{\text{deneysel } ,i} - ANO_{\text{tahmin } i,i})^2}{N - n}$$

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^n (ANO_{\text{deneysel},i} - ANO_{\text{deneysel,ort}})^2 - \sum_{i=1}^n (ANO_{\text{tahmin},i} - ANO_{\text{deneysel},i})^2}{\sum_{i=1}^n (ANO_{\text{deneysel},i} - ANO_{\text{deneysel,ort}})^2}$$

Eşitliklerde;

ANO_{tahmini} : model ile tahmin edilen ayrılabilir nem oranı

ANO_{deneysel} : deneme sonuçlarından elde edilen ayrılabilir nem oranı

N: deneysel veri sayısı

n: kullanılan modeldeki katsayı sayısı

$ANO_{\text{deneysel,ort}}$: deneme sonuçlarından elde edilen ayrılabilir nem oranı değerlerinin ortalaması' dır.

Tahminin standart hatası(RMSE), model ile elde edilen tahmini değerler ile deneysel değerler arasındaki sapmayı göstermektedir. Ayrıca uyumun iyilik derecesini gösteren khi-kare(χ^2) değerinin azalması ile uyumun arttığı belirtilmektedir. Bunların yanında deneysel verileri açıklayan modelin modelleme yeterliliği (EF) değerinin bire yakın olması modelin kullanılabilir

leceğinin bir göstergesidir (Pangavhane ve ark., 1999; Loague ve Green,1991)

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Hava sıcaklığının etkisi

Şekil 2'de görüleceği üzere kuruma süresi kurutma havası sıcaklığından etkilenmekte, hava sıcaklığının artışına bağlı olarak nem kaybı hızlanmakta ve kuruma süresi kısalmaktadır. Sıcaklığın artışıyla ortaya çıkan bu etkiyi, sıcaklık artışının doğal bir sonucu olarak kurutma havası bağlı neminin düşmesine bağlayabiliriz. Dolayısıyla sıcaklık artışıyla bağlı nemi düşen ve daha yüksek bir kurutma potansiyeline sahip olan kurutma havası kurutmada çok daha etkin bir rol üstlenmektedir (Ergüneş, 1990). Ayrıca, yüksek sıcaklıklarda maddedeki suyun daha yüksek buhar basıncı göstermesi ve buharlaşma derecesinin artması, yüksek sıcaklıkta daha yüksek kuruma hızının görülmesine neden olmaktadır (Doymaz, 2004).

Tablo 2. Mantar örneklerinde kurutma havası sıcaklıklarına yapılan varyans analizi ve duncan testi sonuçları

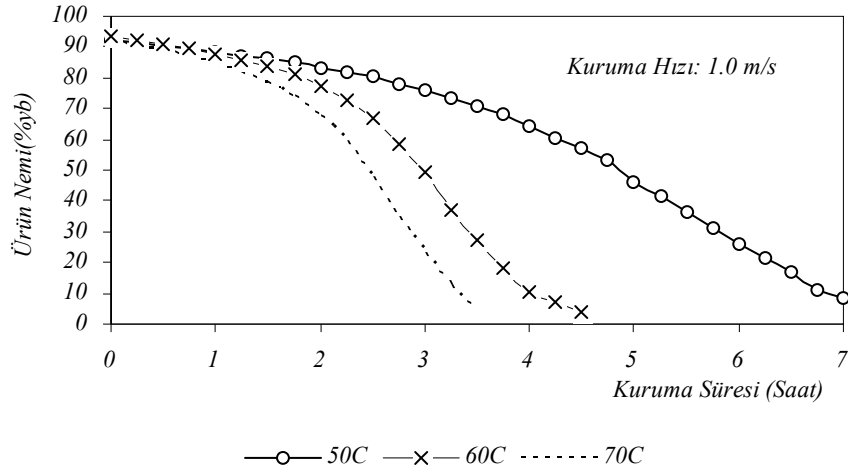
Varyans kaynağı	SD	KT	KO	F
Sıcaklık	2	5153.7	2576.8	1514.8**
Hava Sıcaklığı (°C)	50	60	70	
% Ağırlık Azalması	39.97a	51.95b	56.31c	

** 0.01 seviyesinde önemli

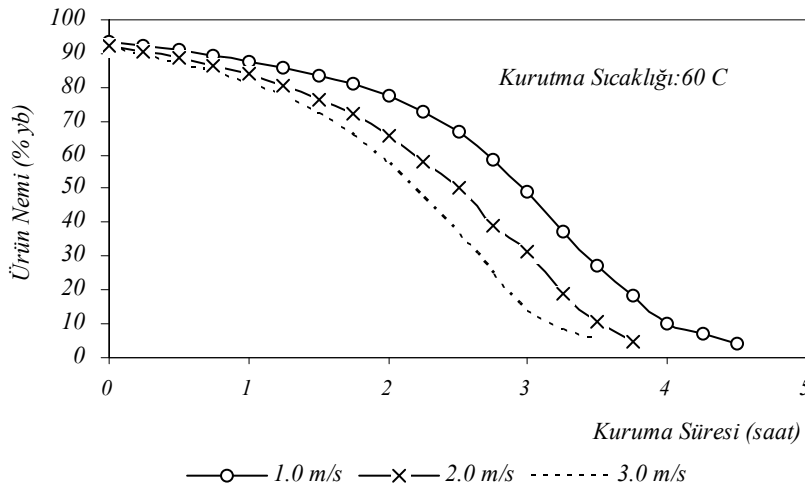
Kurutma havasının etkisi 1.0 m/s kurutma havası hızında gösterilmiştir (Şekil 2). Bu koşullarda en kısa kuruma süresi 70 °C kurutma havası sıcaklığında sağlanmıştır. Ürünün nem içeriğinin yaklaşık %11 nem düzeyine inmesi için gerekli süre 50 C sıcaklıkta

6,75 saat iken, bu değer aynı hız koşulunda %41 (60 °C) ve % 52 (70 °C) azalmayla 4 saat ve 3.25 saat olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca mantar örneklerinin kurutulması sonucu elde edilen ortalama % ağırlık

azalması değerlerinin kurutma havası sıcaklıkları için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre sıcaklıklar arasındaki fark %1 seviyesinde önemli bulunmuştur.



Şekil 2. Farklı kurutma havası sıcaklıklarında kurutulmuş mantarın nem içeriğindeki değişim



Şekil 3. Farklı kurutma havası hızlarında kurutulmuş mantarın nem içeriği değişimi

Hava hızının etkisi

Kurutma işlemi sırasında kurutulmakta olan ürünün yakın çevresinde durgun bir su buharı tabakası oluşmaktadır. Oluşan bu su buharı tabakası çok ince bir yapıya sahip olmasına karşın su ile doymuş bir ortam olduğundan kurutma hızını azaltıcı bir etki yapmaktadır. İşte bu tabakanın uzaklaştırılabilmesi için kurutma havasına bir hareket diğer bir ifade ile bir hız kazandırmak gerekmektedir. Ancak kurutma havası hızının

kuruma üzerine etkisi belirli bir hız değerine kadar görülmektedir. Nitekim yapılan araştırmalar 5.0 m/s 'den daha fazla bir hava hızının ürünlerin kuruma hızı üzerine ek bir etki yapmadığını göstermiştir (Yağcıoğlu, 1981).

Kurutma işlemlerinde hava hızının etkisi, kurutmanın bulunduğu aşamaya göre değişim göstermektedir. Kurutmanın başlarında hava hızı çok etkiliyse de kurutmanın ileriki safhalarında kuruma hızı artık alt

tabakalardaki suyun yüzeye taşınma hızıyla sınırlandırıldığından, kurutma havası hızının yüksek olmasının önemli bir etkisi bulunmamaktadır (Ergüneş, 1990).

Kuruma havasının etkisi 60 C kurutma havası sıcaklığında gösterilmiştir (Şekil 3). Bu koşullarda en kısa kuruma süresi 3.0 m/s hava hızında sağlanmıştır. Ayrıca mantar örneklerinin kurutulması sonucu elde edilen ortalama % ağırlık azalması değerlerinin kurutma havası hızları için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre uygulanan hızlar arasındaki fark %1 seviyesinde önemli bulunmuştur.(Tablo 3).

Tablo3. Mantar örneklerinde kurutma havası hızlarına yapılan varyans analizi ve duncan testi sonuçları

Varyans kaynağı	SD	KT	KO	F
Sıcaklık	2	1339.8	669.9	393.8**
Hava hızı (m/s)	1.0	2.0		3.0
% Ağırlık Azalması	44.66a	50.49b		53.09c

** 0.01 seviyesinde önemli

Tablo 4.Farklı deneme koşullarında kullanılan modellere ait istatistiksel veriler

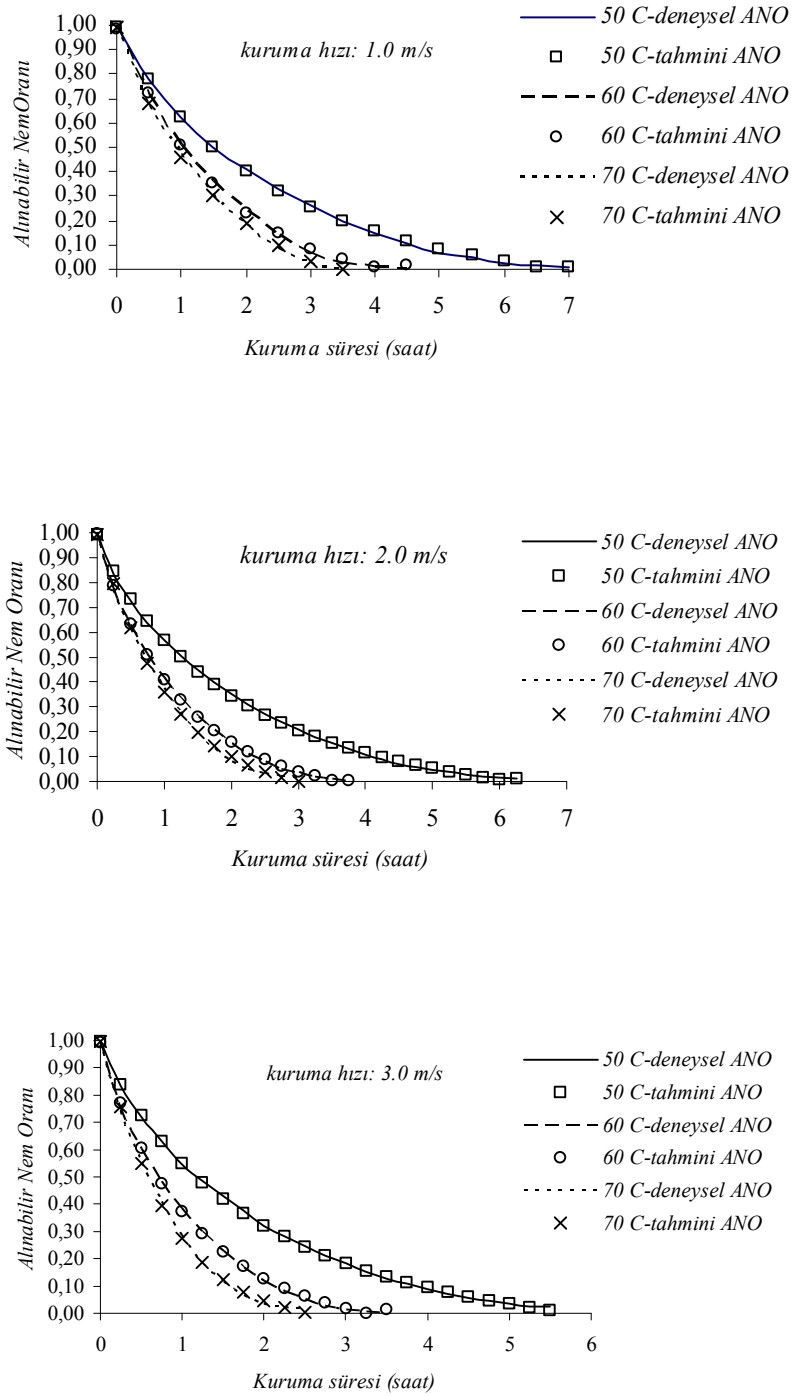
Model	Hız m/s	50 °C			60 °C			70 °C		
		RMSE	χ^2	EF	RMSE	χ^2	EF	RMSE	χ^2	EF
Newton	1	0,019682	0,000401	0,99502	0,032350	0,001104	0,98840	0,035811	0,001370	0,98618
	2	0,017467	0,000317	0,99590	0,019091	0,000388	0,99577	0,027710	0,000831	0,99188
	3	0,014980	0,000234	0,99702	0,020803	0,000463	0,99506	0,025873	0,000736	0,99323
Page	1	0,018231	0,000357	0,99573	0,022222	0,000551	0,99452	0,025910	0,000774	0,99277
	2	0,017321	0,000325	0,99597	0,017064	0,000332	0,99662	0,017173	0,000348	0,99680
	3	0,014820	0,014820	0,99708	0,018923	0,000413	0,99591	0,013389	0,000219	0,99818
Değiştirilmiş Page (1)	1	0,019682	0,000416	0,99502	0,032350	0,001169	0,98840	0,035811	0,001479	0,98618
	2	0,017467	0,000330	0,99590	0,019091	0,000416	0,99577	0,027710	0,000907	0,99188
	3	0,014980	0,000245	0,99702	0,020803	0,000499	0,99506	0,025873	0,000818	0,99323
Değiştirilmiş Page (2)	1	0,018231	0,000357	0,99573	0,022222	0,000551	0,99452	0,025910	0,000774	0,99277
	2	0,017320	0,000325	0,99597	0,019091	0,000388	0,99577	0,258714	0,079102	0,99258
	3	0,014820	0,000240	0,99708	0,261581	0,078951	0,21964	0,256451	0,080382	0,93507
Henderson ve Papis	1	0,018231	0,000357	0,99573	0,022222	0,000551	0,99452	0,025910	0,000774	0,99277
	2	0,017321	0,000325	0,99597	0,019091	0,000388	0,99577	0,258714	0,079102	0,99258
	3	0,014820	0,000240	0,99708	0,261581	0,078951	0,21964	0,256451	0,080382	0,93507
Logaritmik	1	0,008033	0,000071	0,99917	0,012198	0,000176	0,99835	0,011358	0,000161	0,99861
	2	0,011270	0,000143	0,99829	0,008098	0,000080	0,99923	0,012783	0,000212	0,99827
	3	0,010255	0,000120	0,99860	0,010340	0,000133	0,99878	0,010832	0,000161	0,99881
İki terimli	1	0,019682	0,000449	0,99502	0,031060	0,001222	0,98930	0,034675	0,001639	0,98705
	2	0,016335	0,000315	0,99642	0,019043	0,000483	0,99579	0,026479	0,001012	0,99258
	3	0,014013	0,000237	0,99739	0,020780	0,000588	0,99507	0,024439	0,000938	0,99396
İki terimli exponansiyel	1	0,017114	0,000314	0,99624	0,021925	0,000537	0,99467	0,025628	0,000757	0,99292
	2	0,017343	0,000325	0,99596	0,016007	0,000292	0,99702	0,016652	0,000327	0,99706
	3	0,014980	0,000245	0,99702	0,017870	0,000368	0,99635	0,025873	0,000818	0,99323
Wang ve Sing	1	0,037615	0,001519	0,98183	0,024063	0,000647	0,99358	0,021457	0,000531	0,99504
	2	0,046953	0,002388	0,97043	0,039415	0,001775	0,98198	0,021461	0,000544	0,99513
	3	0,042856	0,002011	0,97562	0,040400	0,001883	0,98138	0,022698	0,000629	0,99479
Thompson	1	0,071756	0,005530	0,99882	0,120913	0,016340	0,99220	0,087110	0,008755	0,99349
	2	0,082186	0,007317	0,99807	0,036097	0,001489	0,99901	0,064846	0,004969	0,99519
	3	0,068362	0,005118	0,99830	0,055228	0,003519	0,99738	0,041472	0,002102	0,99724
Difüzyon yaklaşım	1	0,010903	0,000132	0,99847	0,032350	0,001242	0,98840	0,035811	0,001603	0,98618
	2	0,015430	0,000269	0,99680	0,015585	0,000298	0,99718	0,027710	0,000998	0,99188
	3	0,014980	0,000258	0,99702	0,020803	0,000540	0,99506	0,025873	0,000920	0,99323
Verma ve ark.	1	0,010161	0,000115	0,99867	0,011033	0,000144	0,99865	0,011792	0,000173	0,99850
	2	0,014211	0,000228	0,99729	0,009085	0,000101	0,99904	0,011123	0,000160	0,99869
	3	0,012427	0,000177	0,99795	0,011406	0,000162	0,99851	0,008777	0,000105	0,99922
Geliştirilmiş Henderson ve Papis	1	0,019682	0,000488	0,99502	0,031060	0,001410	0,98930	0,034675	0,002003	0,98705
	2	0,016335	0,000346	0,99642	0,019043	0,000580	0,99579	0,026479	0,001302	0,99258
	3	0,014013	0,000265	0,99739	0,020780	0,000719	0,99507	0,024439	0,001314	0,99396
Midilli ve ark.	1	0,006755	0,000052	0,99941	0,012790	0,000207	0,99818	0,012116	0,000200	0,99841
	2	0,006480	0,000049	0,99943	0,007274	0,000705	0,99938	0,012519	0,000226	0,99834
	3	0,005606	0,000038	0,99958	0,009957	0,000135	0,99886	0,009414	0,000139	0,99910

Kuruma Modeli

Mantarda, azalan kuruma evresinde meydana gelen kuruma olayını açıklamak üzere kullanılan 14 modele ait istatistiksel veriler tek tek incelenmiş ve ayrılabilir nem oranını en düşük hata ile Midilli ve ark. modeli-

nin kullanılması ile sağlanmıştır (Tablo 4). Bu nedenle mantarın nem içeriğinde meydana gelen değişimi incelemek için bu model kullanılmıştır. Bu model;

$$ANO = a \exp(-k t^n) + b t \text{ şeklindedir.}$$



Şekil 4. Farklı deneme koşullarında elde edilen ayrılabilir nem oranı ve model ile tahmin edilen ayrılabilir nem oranı değerlerinin zamana göre değişimi

Tablo 5’de farklı hava sıcaklığı ve hava hızı değerleri için modele ait a,k,n ve b katsayıları ile bu koşullardaki RMSE, χ^2 ve EF değerleri verilmiştir. Belirtilen

katsayıların kullanılması ile belirtilen çalışma koşulları için mantar için en uygun ayrılabilir nem oranını (ANO) belirlemek mümkün olmaktadır. Mantarın

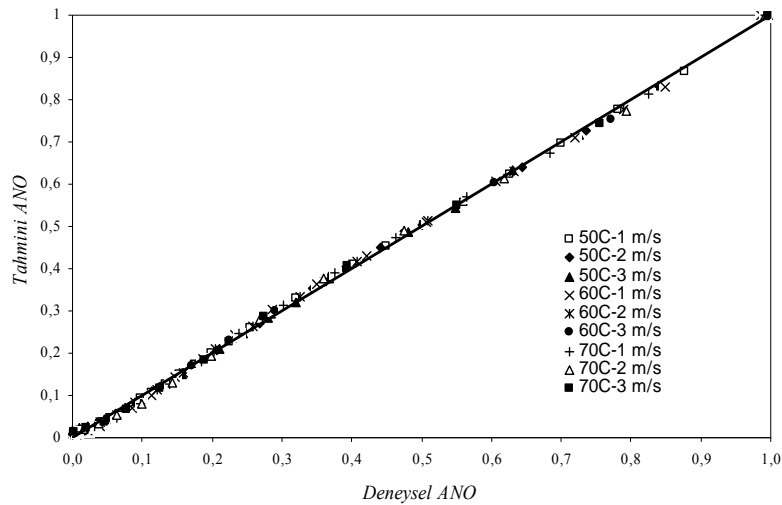
kurutulmasında bu model ile yapılan tahminin standart hatası (RMSE) 0,0056065 ile 0,0127906 arasında değişmiştir. Bununla birlikte tablonun incelenmesinden de görüleceği üzere khi-kare (χ^2) değerleri de sıfıra oldukça yakın çıkmıştır. Kullanılan modelin modelleme yeterliliği ise (EF) 0,9981869 ile 0,9995829 arasında değişmiştir. Görüldüğü gibi oldukça yüksek uyum gösteren istatistiksel veriler ile bu modelin kullanılabilirliği açıktır.

Deneme sonuçlarına göre hesaplanan ayrılabilir nem oranı ($ANO_{deneyisel}$) ile daha yüksek oranda bu değerleri

açıklayan Midilli ve ark. modeli ile elde edilen ($ANO_{tahmini}$) değerlerinin zamana göre değişimleri ise Şekil 4'de görülmektedir. Şekillerin incelenmesinden de görüleceği üzere deneysel değerler ile modelden elde edilen tahmini değerler oldukça birbirlerine yakındır. Ayrıca farklı koşullarda elde edilen deneysel ve tahmini değerlerinin dağılımı da Şekil 5'de görülmektedir. Bu değerler düz çizginin etrafında dağılım göstermiştir. Bu da modelin bir uyum içerisinde deneysel verileri açıklayabildiğinin göstergesidir.

Tablo.5 Farklı Çalışma Koşullarında Midilli ve ark. Modelinde Yer Alan Katsayılar ve İstatistiksel Veriler

Kurutma havası sıcaklığı (°C)	Kurutma havası hızı (m/s)	a	k	n	b	RMSE	EF	χ^2
<i>ANO = a exp(-k t^n) + b t</i>								
50	1.0	0,990999	0,444337	0,942174	-0,00982	0,0067552	0,9994142	0,000052934
	2.0	0,992877	0,540833	0,882820	-0,01072	0,0064830	0,9994363	0,000049672
	3.0	0,995068	0,573614	0,891204	-0,01120	0,0056065	0,9995829	0,000038050
60	1.0	0,986467	0,637992	1,064444	-0,01360	0,0127906	0,9981869	0,000207227
	2.0	0,994863	0,854504	0,957363	-0,01527	0,0072741	0,9993864	0,000070550
	3.0	0,993584	0,938278	0,958830	-0,01624	0,0099579	0,9988691	0,000135218
70	1.0	0,992076	0,701730	1,000493	-0,02940	0,0121163	0,9984191	0,000200189
	2.0	0,991253	0,9763749	1,083037	-0,01332	0,0125192	0,9983435	0,000226391
	3.0	0,995365	1,241328	1,096008	-0,01264	0,0094148	0,9991038	0,000139290



Şekil 5. Deneysel ve tahmini Ayrılabilir nem oranı değerleri

Sonuç

Çalışma sonuçlarına göre kurutma havası sıcaklığı ve hızının mantarın kuruması üzerine önemli bir etkisi vardır. Ürünün nem içeriğindeki değişiminin belirlenmesinde kullanılacak olan Midilli ve ark. modeli yüksek bir modelleme yeterliliğine sahiptir, dolayısıyla bu model ile deneysel değerlere çok yakın sonuçların elde edilmesi mümkündür.

Kaynaklar

- Anonymous, 2007. Bora erdin, http://www.tarimmerkezi.com/haber_detay.php?hid=5758
- Ayensu, A., 1997. Dehydration of Food Crops Using a Solar Dryer With Convective Heat Flow. *Solar Energy*, 59 (4-6):121-126
- Cemeroğlu, B., Acar, J., 1986. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No:6*, Ankara.

- Dandamrongrak, R., Young, G. ve Mason, R., 2002. Evaluation of Various Pre-treatments for The Dehydration of Banana and Selection of Suitable Drying Models. *J Food Eng.*, 95, 139-146.
- Doymaz, I., 2004. Convective Air Drying Characteristics of Thin Layer Carrots. *J Food Eng.* 61: 359-364.
- Ertekin, C. ve Yıldız, O., 2001. Patlıcan Kurutmada Kurumanın Çeşitli Modellerle Açıklanması. *Tarımsal Mekanzasyon 20. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı*;399-403. Şanlıurfa.
- Ergüneş, G., 1990. Çekirdeksiz Üzümün Kuruma Karakteristiklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İzmir.
- Ertekin, C., ve Yıldız, O., 2004. Drying of Eggplant and Selection of A Suitable Thin Layer Drying Model. *J Food Eng.*, 63, 349-359.
- Hendley, A.J., 1996. Drying Foods. <http://www.chemsu.edu>
- Karathanos, V.T, 1999. Determination of Water Content of Dried Fruits by Drying Kinetics. *J Food Eng.*, 39:337-344.
- Karathanos, V.T. ve V.G. Belessiotis, 1999. Application of a Thin Layer Equation to Drying Data of Fresh and Semi-Dried Fruits. *J Agric. Eng. Res.*, 74:355-361
- Lahsasni, S., Kouhila, M., Mahrouz, M., ve Jaouhari, J.T., 2004. Drying Kinetics of Prickly Pear Fruit (*Opuntia ficus indica*). *J Food Eng.*, 61 (2), 173-179.
- Liu, Q. ve Bakker-Arkema, F.W., 1997. Stochastic Modelling of Grain Drying: Part 2. Model Development. *J Agric. Eng. Res.*, 66, 275-280.
- Loague, K. ve Green, R.E., 1991. Statistical and Graphical Methods for Evaluating Solute Transport Models: Overview and Application. *J. Contam. Hydrol.*, Vol.7, pp.51-73.
- Midilli, A., Küçük, H. ve Yapar, Z., 2002. A New Model for Single-Layer Drying. *Drying Technology*, 20(7):1503-1513.
- Overhults, D.G., White, H.E., Hamilton, H.E. ve Ross, I.J., 1973. Drying Soybeans with Heated Air. *Transactions of the ASAE*, 16: 112-113.
- Panchariya, P.C., Popovic, D. ve Sharma, A.L., 2002. Thin Layer Modeling of Black Tea Drying Process. *J Food Eng.*, 52, 349-357.
- Pangavhane, D.R., Sawhney, P.N. ve Sarsavadia, P.N., 1999. Effect of Various Dipping Pretreatments on Drying Kinetics of Thompson Seedless Grapes. *J Food Eng.*, 39:211-216
- Park, K.S., Vohnikova, Z. ve Brod, F.P.R., 2002. Evaluation of Drying Parameters and Desorption Isotherms of Garden Mint Leaves (*Mentha crispa* L.). *J Food Eng.*, 51, 193-199.
- Rahman, M.S., Perera, C.O., ve Thebaud, C., 1998. Desorption Isotherm and Heat Pump Drying Kinetics of Peas. *Food Research International*, 30(7): 485-491
- Sharaf-Eldeen, O., Blaisdell, Y.I., ve Hamdy, M.Y. 1980. A Model For Ear Corn Drying. *Transactions of The ASAE*, 23, 1261-1271.
- Sun, D.W. ve Woods, J.L., 1994. Low Temperature Moisture Transfer Characteristics of Wheat in Thin Layers. *Transactions of the ASAE*, 37, 1919-1926.
- Şen, S., ve Yalçın, M., 2010. Dünya ve Türkiye'de Kültür Mantarcılığı ve Geliştirilmesi, III. *Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi*, 3, 1208-1216, Artvin
- Thompson, T.L, Peart, R.M. ve Foster, G.H., 1968. Mathematical Simulation of Corn Drying a New Model. *Transactions of the ASAE*, 11:582-586.
- Tiris, C., Özbalta, N., Tiris, M. ve Dincer, I., 1994. Experimental Testing of A New Solar Dryer. *Int. J. of Energy Research*, 18, 483-490.
- Toğrul, H., Toğrul İ., İspir, A., 2005. Mantarların İnce Tabaka Kuruma Karakteristiklerinin İncelenmesi. III. *Tarımsal Ürünleri Kurutma Çalıştayı*, Antalya.
- Verma, L.R., Bucklin, J.B., Endan, F.T. ve Wratten, 1985. Effects of Drying Air Parameters on Rice Drying Models. *T. of the ASAE*;28:296-301.
- Yağcıoğlu, A., 1981. Tavuk Gübresinin Değişik Hava Koşullarında Kuruma Özelliklerinin Saptanması Üzerinde Bir Araştırma, *Yayınlanmamış Doçentlik Tezi*, Bornova-İzmir.
- Yağcıoğlu, A., 1999. Tarım Ürünleri Kurutma Tekniği. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları* No:536, Bornova, İzmir.
- Wang, C.Y. ve Singh, R.P., 1978. A Single Layer Drying Equation for Rough Rice. Paper no:78-3001. *Am. Soc. Agr. Eng.*:St. Joseph, MI.