

## Farklı Kurutma Şartlarında Muz (*Musa cavendishii*) Meyvesinin Kurutulması ve Kurutma Kinetiğinin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi

Adil Koray YILDIZ<sup>1</sup>, Hakan POLATCI<sup>2</sup>, Harun UÇUN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Yozgat

<sup>2</sup> Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 60150, Tokat  
adilkoray.yildiz@bozok.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 31.05.2015

Kabul Tarihi (Accepted): 12.07.2015

**Özet:** Çalışma kapsamında muz meyveleri 0,5-1 ve 1,5 cm dilim kalınlığında 50°, 60° ve 70°C kurutma havası sıcaklığında kurutulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre kuruma performansı, kuruma kinetiği, yapay sinir ağları yöntemi ile matematiksel modellemesi, renk analizi ve SÇKM (suda çözünebilir kuru madde) analizi yapılmıştır. Denemelerde en kısa kurutma işlemi 70°C' de 0,5 cm dilim kalınlığında 6 saat, en uzun ise 50°C' de 1,5 cm dilim kalınlığında 42 saat olarak belirlenmiştir. Modelleme sonuçlarına göre en yüksek R<sup>2</sup> değerleri YSA ile modellemede elde edilmiştir. Muz için en önemli renk parametresi olan "b" sarılık değerinin taze ürüne en yakın değeri 14,95 ile 60°C sıcaklıkta 1 cm dilim kalınlığında olduğu tespit edilmiştir. Yapılan SÇKM analizlerinde ise 50°C' de 0,5 ve 1 cm dilim kalınlıkları hariç diğer bütün yöntemler ile kurutma işlemlerinde fark görülmemiştir. Sonuç olarak elde edilen bulgular ışığında muz meyvesinin 60°C' de kurutulması 50°C ve 70°C kurutma sıcaklığına göre daha uygun olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Kurutma, muz, yapay sinir ağları, modelleme, renk, SÇKM

### Drying of the Banana (*Musa cavendishii*) Fruit and Modeling the Kinetics of Drying with Artificial Neural Networks Under Different Drying Conditions

**Abstract:** In this study, banana fruits, which slices 0.5-1 and 1.5 cm thickness, dried at 50°, 60° and 70°C air temperature. Drying performance of the drying kinetics, mathematical modeling of the artificial neural network method, color analysis and TSS (total soluble solids) analysis were performed based on the research results. In the experiment, the shortest drying at 70 ° C for 0.5 cm slice thickness is determined as 6 hours and longest drying at 50 ° C for 1.5 cm slice thickness is determined as 42 hours. According to the modeling results highest values of R<sup>2</sup> were obtained in modeling with ANN. The most important color parameter for bananas "b" ,also known as yellowness value, was found 14.95 as the closest value to the fresh product at 60 ° C, 1 cm slice thickness. There were no differences in TSS analysis except 50 ° C and slice thickness of 0.5, 1 cm. According to the findings, it was determined that drying of banana fruit at 60°C air temperature is more suitable than 50°C or 70°C.

**Key words:** Drying, bananas, artificial neural networks, modelling, color, TSS

### GİRİŞ

Dünya'da yaygın olarak üretimi ve aynı zamanda tüketimi yapılan meyvelerin başında muz gelmektedir. Muzun besleyici olmasının yanında, vitamin, protein ve mineral açısından zengin olması da değerini bir kat daha arttırmaktadır. Ülkemizde 2014 TÜİK verilerine

göre muz üretiminin yıllık 252 bin tona yaklaşmıştır (Anonim 2015). Bu değerli ürünün tüketim süresini arttırmak ve kullanım alanlarını çeşitlendirmek için bazı hasat sonrası işlemlerin uygulanması gerekmektedir.

Yapay Sinir Ağları (YSA), en genel tanımıyla, bir doğal sinir sisteminin matematiksel olarak ifade edilmesidir. YSA'lar doğal sinir sistemlerinde "nöron" denilen sinir hücrelerinin birbirleriyle oluşturdukları ilişki ağlarını taklit eden karar modelleridir. Son zamanlarda bilgisayar teknolojisinin gelişmesi ile birçok alanda yaygın kullanılmaya başlanmıştır (Akkaya, 2007). Özellikle regresyon ve sınıflandırma problemleri için bilim ve mühendislikte doğru ve hızlı çözümler vermektedir.

Kurutma teknolojileri açısından YSA'lar; kurutma kinetiğinin modellenmesi, kurutucu tasarım ve optimizasyonu, süreç kontrollü, enerji kontrolü gibi birçok amaçla kullanılmaktadır (Yıldız ve ark. 2013). Tarımsal gıda ürünlerinin kurutulması için birçok matematiksel modelleme çalışması yapılmıştır (Midilli ve ark. 2002; Jena ve Das, 2007; Yağcıoğlu, 1999; Page, 1949). Bu modeller kurutma hesapları için yeterlidir. Fakat YSA'ların yaygınlaşması kurutma modelleme çalışmalarında da kendini göstermiştir (Farkas ve ark., 2000; Şahinbaşkan ve Köse, 2010; Lertworasirikul ve Tipsuwan, 2008; Menlik ve ark., 2010).

YSA modelleri birçok sebeple matematiksel modellere alternatif olarak incelenmiştir. Örneğin Erentürk ve ark. (2004) yaptıkları kurutma çalışmasında geliştirdikleri YSA modelinin regresyon analizini yapmışlardır. Parametrelerden bağımsız genelleştirilmiş kullanım sağlaması sebebi ile YSA'ların kurutma modellemede daha çok tercih edilmesi iyileştirilmesine yönelik çalışmaları da arttırmıştır. Nazghelichi ve ark. (2011) hızla yaygınlaşan YSA kurutma modelleri için Genetik algoritma kullanarak topolojik bir optimizasyon yöntemi denemiş ve olumlu sonuç almışlardır.

Bu çalışma kapsamında muz meyveleri 3 farklı dilim kalınlığında (0,5-1-1,5 cm) 50°, 60° ve 70°C kurutma havası sıcaklığında kurutulmuştur. Ayrıca muz meyvesinin kurutma kinetiği belirlenerek kalite özelliklerinden renk ve SÇKM (suda çözünür kuru madde) özellikleri belirlenmiştir. Araştırmada ayrıca muz meyvesinin çeşitli şartlar altında kurutulmasıyla elde edilen verilerden yararlanılarak topolojik olarak en uygun YSA yapısı araştırılmıştır. Belirlenen YSA ile kurutma kinetiği modellenmiş ve daha önce denenmiş bazı modeller ile karşılaştırılmıştır.

## MATERYAL METOD

Bu araştırmada, yerel pazardan temin edilen ithal cins muz kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan materyal hata payını azaltmak için tedarikçiden toplu

olarak alınmıştır. Ayrıca kullanılan üründeki nem oranı değişimini belirlemek için belirli aralıklar ile ilk nem tayini yapılmıştır. Materyalin hasat sonrası ilk nem seviyesini belirlemek amacıyla etüvde nem tayini yapılmıştır. Nem tayini için 50'şer gramlık 1 cm kalınlığında kesilmiş 6'şar örnek kullanılmıştır. Nem tayini 70° C'de ağırlık kaybı sabitleninceye kadar etüvde bekletilerek yapılmıştır.

## Kurutma Yöntemi

Denemeler standart laboratuvar tipi bir etüv kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamında yaş ürün nemini %10-13 seviyesine düşürmek amaçlanmıştır. Bunun için her deneme için kullanılan materyalin üç tekerrürden ikisi uygun ağırlığa ulaştığında denemelere son verilmiştir.

Kurutma işleminde örnekler 100 g olarak hazırlanmıştır. Meyvelerin kurutulması 50°-60° ve 70°C'de, her sıcaklık için üçer tekerrür olacak şekilde yapılmıştır. Kurutma süresince her saat başında örneklerin ağırlık kaybını belirlemek için tartım yapılmıştır. Denemeler için ST-055 (Şimşek labor teknik, Ankara) tipi kurutma etüvü kullanılmıştır.

## Modelleme

YSA modellerinin eğitimi, seçilmesi ve test edilmesi için tüm veri %60 eğitim, %20 doğrulama ve %20 test olmak üzere rastgele üçe ayrılmıştır. Tüm model denemeleri bu ayrıma uygun yapılarak YSA modellerinin doğru kıyaslanması sağlanmıştır.

Kullanılacak ağ modeli; üç katmanlı, ileri beslemeli hiyerarşik yapay sinir ağı olarak belirlenmiştir. Gizli katmanın aktivasyon fonksiyonu Sigmoid-Tanjant, çıkış katmanının lineer olarak seçilmiştir.

Giriş katmanında sıcaklık, dilim kalınlığı ve zaman girişleri için üç, çıkış katmanında nem oranı (Mr) değeri için bir nöron bulunmaktadır. Gizli katmandaki nöron sayısı, 1 ile 100 arasında gizli katman nöronuna sahip modellerin kıyaslanmasıyla belirlenmiştir. Bu kıyaslama için oluşturulan her ağ aynı eğitim kümesiyle 100 kez eğitilmiştir. Her bir model için gerçekleştirilen bu eğitimlerin performans ortalaması alınıp kaydedilmiştir. Ağ performansları, MSE (Mean Square Error), hata kareleri ortalaması (Eşitlik 1) hesaplanarak belirlenmiştir. Hatası en düşük ağ, en iyi ağ olarak seçilmiştir. Eşitlikte, "m" kadar gözlem için "t" gözlem sonuçlarını yani model hedefini, "y<sub>i</sub>" model ile hesaplanan değerleri ifade etmektedir. En iyi performansla sahip ağ yapısı diğer matematiksel modeller ile karşılaştırılmıştır.

$$MSE = \frac{1}{m} \sum_i^m (t_i - y_i)^2 \quad (1)$$

YSA eğitim algoritması olarak Levenberg-Marquardt geri yayılım algoritması kullanılmıştır (Hagan ve Menhaj, 1994). YSA'nın "ezber" (over-fitting) durumuna gmemesi için sonlandırma şartları oluşturulmuş eğitim son verilmiştir. Sonlandırma şartı olarak; en çok döngü 1000, en çok doğrulama sayısı 6 ve performans gradyanı  $1e-7$  olarak alınmıştır. YSA çalışmaları MATLAB (MathWorks Massachusetts, U.S.A) yazılımı ve Neural-Network Toolbox eklentisi ile yapılmıştır.

En iyi YSA modeli belirlendikten sonra veri kümesi üzerinde matematiksel modeller incelenmiştir. Modellerin katsayıları, hata kareleri ortalaması ve regresyon katsayıları hesaplanmıştır. Modelleme çalışmaları MATLAB üstünde çalışan "Curve Fittig Tool" ek yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan modeller Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 1. YSA ile karşılaştırılan sayısal modeller**

Model Adı	Model Formülü
Yağcıoğlu	$y = ke^{-ht} + j$
Page	$y = e^{-k(t^h)}$
Midilli Küçük	$y = he^{-j(t^k)} + (mt)$
Jena Das	$y = ke^{(-ht+j(t^{0.5})+m)}$

### Renk Analizi

Taze ve kurutulmuş örneklerde renk tayini yapılmıştır. Renk Ölçer (Minolta, CR300, Japonya) kullanılarak örnekler için L, a ve b değerleri belirlenmiştir.

"L" değeri parlaklığı ifade etmekte ve 0 ile 100 arasında değerler alabilmektedir. "L", 0 değerini siyah renkte hiçbir yansımanın olmadığı durumda alırken 100 değerini tam yansımanın olduğu beyaz renkte almaktadır. "a" değeri ise, kırmızılık değeri olarak bilinmektedir. Pozitif "a" değerleri kırmızılığı temsil ederken, negatif "a" değerleri yeşil rengi temsil etmektedir. "b" değeri sarılık değeri olarak bilinmektedir. Pozitif "b" değerleri sarılığı temsil ederken, negatif "b" değerleri maviliği temsil etmektedir. Sıfır kesim noktasında (a= 0 ve b= 0) rensizlik yani grilik olmaktadır (McGuire, 1992).

### SÇKM Analizi

Muzlar blendırda homojenize edildikten sonra kaba filtre kâğıdından geçirilip ilk damlalar saf suya göre kalibre edilmiş el refraktometresi (0-32 ölçekli, Hand

Sugar Refractometer WYT-1) üzerine alınıp sonuçlar "%" olarak ifade edilmiştir (Cemeroğlu, 1992).

## BULGULAR

### Kurutma Performansı

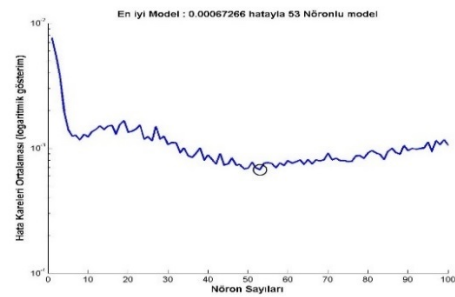
Denemelerde ilk nem seviyesi  $75,93 \pm 0,2$  nem seviyesinde muzun  $10-13$  seviyesine kadar kurutulması amaçlanmıştır. Tablo 3'de her kurutma denemesi için üçer tekerrürün ortalaması olarak son nem değerleri yaş baza göre verilmiştir. Ayrıca çizelgede kuruma süreleri saat olarak verilmiştir.

**Tablo 2. Son nem oranları (%yaş baz) ve kuruma süreleri**

Kurutma Sıcaklığı	Dilim Kalınlığı	Ortalama son nem (%y.b.)	Kuruma süreleri
50°C	0,5	10,29	21
	1	10,23	30
	1,5	11,87	42
60°C	0,5	9,31	10
	1	9,01	21
	1,5	12,28	27
70°C	0,5	9,44	6
	1	10,94	10
	1,5	9,62	14

### Modelleme

Eğitim denemelerinin sonucunda gizli katmanında 53 nöron bulunan ağın en az ortalama hataya sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 1). Bu özelliklere sahip ağ oluşturulup veri seti ile eğitilmiştir.



**Şekil 1. Gizli katman nöron sayılarına göre hata grafiği**

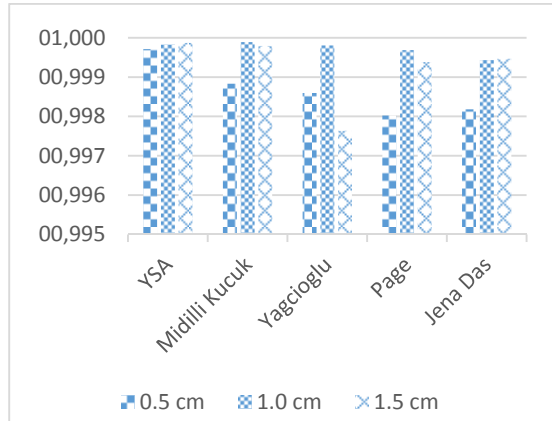
YSA eğitimi, doğrulama kontrolü ile sonlandırılmıştır. Altı kez üst üste doğrulama hatası azalmak yerine artmış, sonuç olarak sistemin ezber gitmesine izin verilmeyerek 22. döngüde,  $5,9e-5$  hata ile eğitim sonlanmıştır.

**Tablo 3. YSA ve Matematiksel modellerin MSE değerleri**

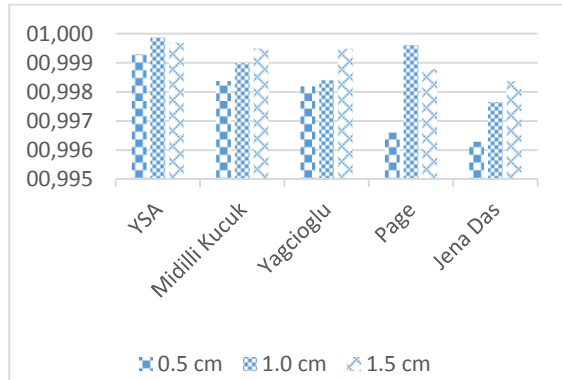
Model	Sıcaklıklar	Hata Kareleri Ortalaması (MSE)								
		50			60			70		
Kalınlıklar	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	
YSA	0,0081	0,0073	0,0057	0,0128	0,0053	0,0091	0,0128	0,3225	0,0068	
Midilli Kucuk	0,0136	0,0041	0,0057	0,0177	0,0129	0,0088	0,0058	0,0025	0,0034	
Yagcioglu	0,0142	0,0052	0,0187	0,0170	0,0154	0,0084	0,0135	0,0020	0,0157	
Jena Das	0,0170	0,0093	0,0091	0,0268	0,0197	0,0158	0,0324	0,0135	0,0183	
Page	0,0161	0,0064	0,0093	0,0216	0,0072	0,0125	0,0162	0,0092	0,0057	

Eğitim sonunda  $R^2$ , eğitim kümesi için 0,99893, doğrulama kümesi için 0,99859, test kümesi için 0,99755 ve tüm veri için 0,99858 olarak hesaplanmıştır.

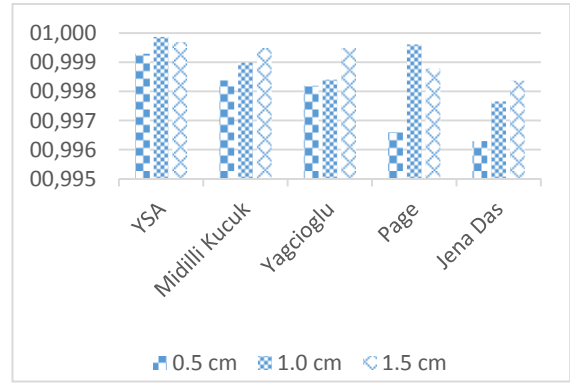
Matematiksel modellerin ve YSA modelinin sıcaklık ve kalınlıklara göre en küçük kareler yöntemi kullanılarak hesaplanan  $R^2$  (Kararlılık katsayısı) değerleri Şekil 2-3-4'te verilmiştir.



**Şekil 2. 50°C sıcaklık için modellere göre  $R^2$  değerleri**



**Şekil 3. 60°C sıcaklık için modellere göre  $R^2$  değerleri**



**Şekil 4. 70°C sıcaklık için modellere göre  $R^2$  değerleri**

Matematiksel modellerin sıcaklık ve kalınlıklara göre en küçük kareler yöntemi kullanılarak hesaplanan MSE değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

#### Renk Analizi

Renk analizi yapılırken Minolta (CR-400) Renk Ölçer (Chromameter) kullanılmıştır. Bu analizde bütün örneklerden 15'er veri alınarak ortalama değerler kullanılmıştır. Tablo 4'te renk analizinde ölçülen değerler ile Duncan testine göre kurutma yöntemleri arasındaki farklar verilmiştir.

**Tablo 4. Renk değerleri**

Kurutma Sıcaklığı	Dilim Kalınlığı	L	a	b
50°C	Taze	73,84 <sup>a</sup>	1,22 <sup>f</sup>	21,20 <sup>a</sup>
	0,5	30,54 <sup>f</sup>	4,71 <sup>de</sup>	9,01 <sup>f</sup>
	1	25,52 <sup>h</sup>	4,52 <sup>e</sup>	6,89 <sup>a</sup>
60°C	1,5	27,66 <sup>g</sup>	5,00 <sup>cd</sup>	8,46 <sup>f</sup>
	0,5	43,33 <sup>c</sup>	5,29 <sup>bc</sup>	14,32 <sup>bc</sup>
	1	45,28 <sup>b</sup>	5,72 <sup>a</sup>	14,95 <sup>b</sup>
70°C	1,5	41,59 <sup>d</sup>	5,44 <sup>ab</sup>	12,84 <sup>d</sup>
	0,5	42,03 <sup>d</sup>	4,82 <sup>de</sup>	14,05 <sup>bc</sup>
	1	37,34 <sup>e</sup>	5,07 <sup>bcd</sup>	11,96 <sup>e</sup>
	1,5	42,62 <sup>cd</sup>	5,24 <sup>bc</sup>	13,52 <sup>cd</sup>

### SÇKM Analizi

Tablo 5' de SÇKM analizinde ölçülen değerler ile Duncan testine göre kurutma yöntemleri arasındaki farklar verilmiştir.

**Tablo 5. SÇKM değerleri**

Kurutma Sıcaklığı	Dilim Kalınlığı	SÇKM
Taze		22,1 <sup>d</sup>
	0,5	82,7 <sup>a</sup>
	1	78,7 <sup>ab</sup>
50°C	1,5	79,2 <sup>bc</sup>
	0,5	76,0 <sup>c</sup>
	1	74,1 <sup>c</sup>
60°C	1,5	73,1 <sup>c</sup>
	0,5	74,1 <sup>c</sup>
	1	73,6 <sup>c</sup>
70°C	1,5	76,8 <sup>bc</sup>

### TARTIŞMA ve SONUÇ

Kurutma işlemi kurutma havası sıcaklığı ve dilim kalınlığına göre farklılık göstermiştir. Araştırma sonuçlarına göre beklenildiği gibi sıcaklık arttıkça ve dilim kalınlığı azaldıkça kuruma süreleri kısalmıştır. Denemelerde en kısa kurutma işlemi 70°C' de 0,5cm dilim kalınlığında 6 saat, en uzun ise 50°C' de 1,5 cm dilim kalınlığında 42 saat olarak belirlenmiştir.

Araştırma bulguları incelendiğinde eğitilen en iyi YSA modelinin, Erentürk ve ark. (2004) çalışmalarında buldukları sonuca benzer şekilde, genel olarak kullanılan diğer matematiksel modellerden başarılı olduğu belirlenmiştir.

Kararlılık katsayısı ( $R^2$ ) değerleri modelin tahmin etme başarısını ölçmektedir. Model tahmini ile gerçek değerlerin tam birbirinin aynısı olması durumunda  $R^2$  değerleri 1'dir. Elde edilen  $R^2$  değerleri 1'e çok yakın bulunmuştur. Bu verilere göre YSA ve diğer eşitlikler elde edilen verileri çok iyi derecede tanımlamaktadır. En yüksek  $R^2$  değerleri YSA ile modellemede elde edilmiştir. En düşük  $R^2$  değerleri ise kullanılan Jena ve Das eşitliğinde belirlenmiştir.

### LİTERATÜR LİSTESİ

- Akkaya, G., 2007. Yapay Sinir Ağları ve Tarım Alanlarındaki Uygulamaları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi. 38(2), 195-202.
- Anonim, 2015. TÜİK istatistikleri, Tarih:19/05/2015

YSA modeline en yakın kararlılık katsayısı değerleri "Midilli Küçük" olduğu görülmektedir. Ancak YSA modelinde hata genliklerinin daha az olduğu bulunmuştur.

YSA modelinin bir diğer avantajı farklı kurutma şartları için, matematiksel modellerden farklı olarak, tekrar hesaplama ihtiyacının olmamasıdır. Kullanılan modellerde şartların değişimi söz konusu olduğunda (mesela kurutma sıcaklığı) model parametrelerinin (katsayılar) tekrar hesaplanması gerekmektedir. Başta, YSA eğitiminde bu şartlar giriş olarak alındığı için sonuçların bu şartlardaki değişimlerden bağımsız incelenebilmesi de mümkün olmaktadır.

Renk analizi incelendiğinde yapılan istatistiksel analize göre %5 önem seviyesinde bütün kurutma denemeleri "L" değerleri taze ürüne göre farklı bulunmuştur. Taze ürüne en yakın değer ise 45,28 ile 60°C sıcaklıkta 1 cm dilim kalınlığında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yine %5 önem seviyesine göre en yakın "a" değeri 50°C sıcaklıkta 1 cm dilim kalınlığında elde edilmiştir.

Yapılan analizler sonucu muz meyvesi için en önemli renk parametresi olan "b" değerleri %5 önem seviyesinde taze üründen farklı bulunmuştur. Taze ürüne en yakın değer ise 14,95 ile 60°C sıcaklıkta 1 cm dilim kalınlığında olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan SÇKM analizlerinde 50°C' de 0,5 ve 1 cm dilim kalınlıkları hariç diğer bütün yöntemler ile kurutma işlemlerinde fark görülmemiştir. 50°C' de kurutma işleminde fark bulunmasının en temel sebebinin kurutma süresinin uzaması olduğu düşünülmektedir.

Sonuç olarak elde edilen bulgular ışığında muz meyvesinin 60°C' de kurutulması 50°C ve 70°C kurutma sıcaklığına göre daha uygun olduğu belirlenmiştir. Çünkü 50°C' de kurutma işlemi çok uzamasından, 70°C' de ise kurutma havası sıcaklığı yükselmesinden kaynaklanan kalite kayıpları görülmüştür.

Çalışmada karşılaştırılan farklı model çeşitleri içerisinde en uygun sonuçlar YSA ile modellemede elde edilmiştir.

- Cemeroğlu, B., 1992. Meyve ve Sebze İşleme Endüstrisinde Temel Analiz Metotları. Biltav Üniversite Kitapları Serisi No: 02-2. Ankara, 381.
- Erentürk, K., Erentürk, S., Tabil, L. G., 2004. A Comparative Study for The Estimation of Dynamical Drying Behavior of Echinacea

- Angustifolia: Regression Analysis and Neural Network. Computers and Electronics in Agriculture. 45(2004), 71-90.
- Farkas, I., Remengi, P., Biro, A., 2000. A Neural Network Topology for Modelling Grain Drying. Computer and Electronics in Agriculture. 26(2000). 147-158.
- Hegan, M. T., Menhaj, M. B., 1994. Training Feedforward Networks with the Marquardt Algorithm. IEEE Transactions on Neural Networks. 6(5). 989-993.
- Jena, S., Das, H., 2007. Modeling for Vacuum Drying Characteristics of Coconut Presscake. Journal of Food Engineering 79. 92-99.
- Lertworasirikul, S., Tipsuwan, Y., 2008. Moisture Content and Water Activity Prediction of Semi-finished Cassava Crackers from Drying Proces with Artificial Neural Network. Journal of Food Engineering. 84(2008). 65-74.
- McGuire, R.G., 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience, 27, 1254-1255
- Menlik, T., Özdemir, M. B., 2010. Determinations od Freeze-drying Behaviors of Apples by Artificial Neural Networks. Expert Systems with Applications 37(2010). 7669-7677.
- Midilli A, Küçük H, Yapar Z. 2002. A New Model for Single-Layer Drying. Drying Technol, 20(2002), 1503-1513.
- Nazgelichi, T., Anghbaslo, M., Kianmehr, M. H., 2011. Optimization of An Artificial Neural Network Topology Using Copled Response Surface Methodology and Genetic Algorithm for Fluidized Bed Drying. Computers and Electronics in Agriculture. 75(2011). 84-91.
- Page G (1949). Factors Influencing The Maximum Rates of Air-drying Shelled Corn in Thin Layer. Doktora Tezi, Department of Mechanical Engineering, Purdue University, West Lafayette, Amerika Birleşik Devletleri.
- Şahinbaşkan, T., Köse, E., 2010. Modelling of Time Related Drying Changes on Matte Coated Paper with Artificial Neural Networks. Expert Systems with Applications. 37(2010). 3140-3144.
- Yağcıoğlu, A., 1999. Tarım Ürünleri Kurutma Tekniği. EÜ Ziraat Fakültesi, İzmir
- Yıldız, A.K., Tarhan, S. ve Özgüven, M.M., 2013. Tarımda Yapay Zekâ Uygulamaları,, 28. Tarımsal Mekanizasyon Kongresi, 4-6 Eylül Konya, S:191-196.