

Farklı Kurutma Havası Şartlarının Rio Grande Çeşidi Domatesin Kuruma Karakteristiklerine Etkilerinin Belirlenmesi

Tuncay GÜNHAN, Abdülkadir YAĞCIOĞLU*

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, İzmir
tuncay.gunhan@ege.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 07.05.2016

Kabul Tarihi (Accepted): 27.10.2016

Özet: Yılın belli sürelerinde bolca temin edilebilen tarımsal ürünlerin tüketilinceye kadar geçen süre içinde değerlerinden en az kayıpla saklanması için uygulanan işlemler arasında soğukta saklamak, dondurmak, kimyasallarla işlemek, ışınlamak, kurutma vb. sayılabilir. Bu işlemler içinde bilinen en eski ve yaygın uygulama kurutmadır.

Yapılan bu çalışmada, Rio Grande çeşidi domateslerin değişik hava sıcaklığı, hava hızı ve ön işlem koşullarında göstereceği kuruma karakteristikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla denemelerde 50-60-70 ve 80 °C hava sıcaklıkları, 0.6-0.9 ve 1.2 ms⁻¹ hava hızları kullanılarak kükürlenmiş ve tuzlanmış domatesler kurutulmuştur. Elde edilen sonuçlardan domateslerin kurutulması sırasında sahip oldukları nem miktarını belirlemekte kullanılacak eşitlikler geliştirilmiştir.

İncelenen modeller arasında 50 °C ≤ T ≤ 80 °C ve 0.6 ms⁻¹ ≤ V ≤ 1.2 ms⁻¹ sınırları içerisinde kükürlenerek ve tuzlanarak kurutulan domateslerin kurumasını en iyi tanımlayan modellerin sırasıyla Midilli ve Küçük ile Logaritmik model olduğu belirlenmiştir. Kükürlenerek kurutulan domateslerin su geri kazanım oranları tuzlanarak kurutulanlara göre daha yüksek bulunmuştur. 50 ve 60 °C sıcaklıklarda kurutulan domateslerin su geri kazanım oranları 70 ve 80 °C kurutulanlara göre daha yüksek bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Kurutma, domates, modelleme

Determination of the Effect of Drying Air Conditions on the Drying Characteristics of Rio Grande Tomatoes

Abstract: Cold storage, freezing, processing with chemicals, radiation, and drying are the methods to ensure minimum quality loss in storing agricultural products harvested in a great amount in some certain periods of the year. The oldest and prevalent application among these methods is of drying. In this research, drying characteristics of Rio Grande tomatoes at different air temperatures, air speeds and pre-drying conditions were determined. For this purpose, sulphated and salted tomatoes were dried at 50-60-70 and 80°C air temperatures, 0.6-0.9 and 1.2 ms⁻¹ air speeds. According to the results, the equations for calculation of moisture level of tomatoes during drying process were developed.

Among the models investigated within the limits of 50 °C ≤ T ≤ 80 °C ve 0.6 ms⁻¹ ≤ V ≤ 1.2 ms⁻¹, the best models were found to be Midilli and Küçük for sulphated tomatoes and Logarithmic model for salted tomatoes. The rehydration ratio of sulphated tomatoes were found to be higher than salted tomatoes. The rehydration ratio of tomatoes which is dried at 50 and 60 °C were found to be higher than dried those at 70 and 80 °C.

Key words: Drying, tomatoes, modelling

GİRİŞ

Tarımsal ürünlerin uzun süreli saklanması amaçlandığında akla ilk gelen seçeneklerin başında kurutma yer alır. Tarımsal ürünlerin soğutularak, dondurularak, kimyasal maddelerle işlemlerden geçirilerek, oksijensiz ortamda depolanarak,

ultraviyole ve radyoaktif ışınlardan yararlanarak da uzun süre saklanması mümkün olmakla birlikte bu uygulamalar içerisinde kendine en geniş uygulama alanı bulan yöntem kurutma yöntemidir (Yağcıoğlu, 1996).

* Tuncay GÜNHAN'ın doktora tez çalışmasından alınmıştır.

Kurutma kısaca, ürünün içerisindeki fazla nemin uzaklaştırılarak, ürünün nem içeriğini güvenle depolanacakları bir nem seviyesine indirme işlemi olarak tanımlanabilir. Kurutma uygulamasının sağlayacağı yararlar,

- ürünün bozulmadan uzun süre dayanması,
- ürünlerin erken hasat edilmesine izin vermesi,
- ekonomik değeri olan yeni ürünler elde edilmesi (kuru üzüm, incir, domates vb.),
- tohumların çimlenme yeteneklerinin uzun süre korunması

şekilde sıralanabilir (Yağcıoğlu, 1996).

Ülkemiz birçok tarım ürününün yetiştirilmesine elverişli bir ülkedir. Yetiştirilen çok çeşitli sebze ve meyveler hem taze olarak hem de çeşitli endüstriyel işlemlere tabi tutularak tüketime sunulmakta ve ihraç edilmektedir. Bu çalışmanın konusunu oluşturan domates açısından bakıldığında, ülkemiz, 2016 yılı verilerine göre domates üretim alanı bakımından Çin ve Hindistan'ın ardından 3. sırada, yine üretim miktarı bakımından Çin, Hindistan ve Amerika Birleşik Devletleri'nin ardından 4. sırada yer almaktadır (Çizelge 1).

Domates, ülkemizde yetiştirilen sebzeler arasında önemli bir yer tutmakta ve üretimi giderek artmaktadır. Ülkemizdeki domates üretim alanları 1980 yılından günümüze kadar artış eğilimi göstermiş, 2014 yılı verilerine göre 319,000 ha civarında sabit kalmıştır (Şekil 1). Domates alanlarının artışına bağlı olarak domates üretimimiz de yıllar itibarıyla artmış, 2014 yılında yaklaşık 12 milyon ton olarak gerçekleşmiştir.

Tropik bölgelerde tüm yıl boyunca yetiştirilen domates, ülkemiz gibi ılıman iklime sahip yörelerde sadece belli dönemlerde çok miktarlarda yetiştirilmekte, diğer dönemlerde ise yokluğu

çekilmektedir. Birçok yerde olduğu gibi ülkemizde de kış aylarında seralarda yetiştirilen domates, hem pahalı olmakta hem de yaz sezonunda yetiştirilen domatesler gibi lezzetli olmamaktadır.

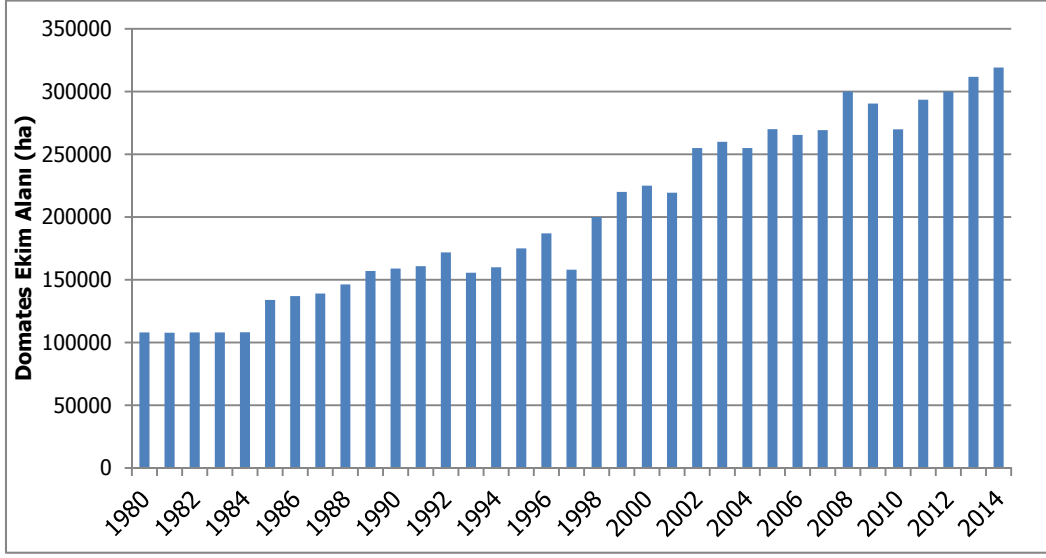
Olgun domatesler hasattan sonra uzun süre depolanmaya uygun değildir. Bu durum üretimin yoğun olduğu dönemlerde domatesin işlenerek değerlendirilmesini zorunlu kılar. Dünya çapında domates üretiminde ilk sıralarda yer alan ülkemizde en uygun değerlendirme yöntemleri, salça, ketçap, domates suyu, doğranmış domates konservesi yapmak, dondurarak saklamak ve son on yıldır büyük bir gelişme gösteren kurutarak saklamak şeklinde sayılabilir.

Tarımsal ürünleri uzun süre saklamanın en basit ve en eski yöntemlerinden bir olan kurutma, son yıllarda domateslerin değerlendirilmesinde kullanılan diğer yöntemlere bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Modern tarımsal tekniklere (hormon ve yapay gübrelerin kullanılması vb.) ve kimyasal ilaç uygulamalarına karşı tepkilerin başladığı günümüzde, tüketiciler seralarda yetiştirilen ürünlerin yerine doğal yetiştirme döneminde yetiştirilip kurutulan ürünleri tercih etmeye başlamışlardır. Ülkemizdeki kurutulmuş domates üretimi 1980'li yılların başında çok küçük alanlarda başlamıştır. Fakat son yıllarda kurutulmuş ürünlerin neredeyse tamamına yakın kısmının dünyanın önemli marketlerine ihraç edilmesi, kurutulmuş domates üretimini hızlı bir şekilde artırmıştır. Kuru domatesin en çok ihraç edildiği ülkelerin başında İtalya ve Amerika Birleşik Devletleri gelmektedir. Kurutulmuş domates bu ülkelere ek olarak, Avustralya, Almanya, İngiltere, Hollanda, Rusya, Fransa, Danimarka, Norveç ve İsveç gibi çoğunluğunu Avrupa ülkelerinin oluşturduğu dünyanın birçok ülkesine ihraç edilmektedir

Çizelge 1. 2014 yılı verilerine göre dünyada en çok domates üretimi yapan ülkeler (FAO, 2016)

Table 1. Countries that produce the most tomatoes in the world by 2014 (FAO, 2016)

	Ekim Alanı(ha)	Üretim(t)	Verim(t/ha)
Çin	1,001,711	52,722,967	52.63
Hindistan	882,030	18,735,910	21.24
Türkiye	319,109	11,850,000	37.13
Mısır	214,016	8,288,043	38.73
Amerika Birleşik Devletleri	163,380	14,516,060	88.85
Rusya Federasyonu	118,421	2,819,193	23.81
İtalya	103,171	5,624,245	54.51
İran	159,132	5,973,275	37.54
Dünya	5,023,810	115,950,851	33.98



Şekil 1. Türkiye'deki domates üretim alanlarının değişimi (FAO, 2016)

Figure 1. Change of tomato production areas in Turkey (FAO, 2016)

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada, Türkiye'de üretimi yapılan standart salçalık domates çeşitlerinden biri olan Rio Grande çeşidi domates (*Lycopersicum esculentum var Rio Grande*) materyal olarak seçilmiştir. Kurutma denemelerinde kullanılacak olan Rio Grande çeşidi domatesler toprak ve ekolojik şartlardan kaynaklanabilecek yapısal farklılığı gidermek amacıyla, piyasadan temin edilmemiş, tümü Ege Üniversitesi kampüsü içerisinde bulunan Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü deneme alanında yetiştirilmiştir.

Farklı kurutma havası sıcaklığı, hava hızı, kükürtleme ve tuzlama uygulamalarının, domatesin kuruma karakteristiklerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan denemelerde, hava sıcaklığı 50 – 60 – 70 ve 80 °C, hava hızı 0.6 - 0.9 ve 1.2 ms⁻¹ olarak uygulanmıştır. Sıcak hava ile yapılan kurutma işlemi ile güneşte, gölgede ve naylon serada kurutulan domateslerin karşılaştırılabilmesi için de bu ortamlarda da örnekler kurutulmuştur.

Temmuz ayının ortasından itibaren olgunlaşmaya başlayan domatesler hasat edildikten sonra üzerinde leke bulunmayan, ağırlığı ortalama 100 g olanlar seçilmiş, kuruma eğrilerinin çıkarılması ve analizlerde kullanılacak kurutulmuş domateslerin temini amacıyla yapılan kurutma denemelerinde kullanılmıştır. Hasat edildikten sonra seçilen domatesler kurutma denemelerine kadar +4 °C'de buzdolabında saklanmış ve en geç 10 gün içerisinde kullanılmıştır. Buzdolabında saklanan örnekler denemelere

başlamadan önce buzdolabından çıkarılarak ortam sıcaklığına ulaşmaya kadar bekletilmiştir.

Kuruma eğrilerinin çıkarılması amacıyla yapılan denemelerde uzun eksenleri boyunca keskin bir bıçak yardımıyla ikiye bölünen domateslerin bir yarısı ilk nem tayini için kullanılmış, diğer yarısı ise gerekli kükürtleme ve tuzlama işlemleri yapılarak belirlenen kurutma havası koşullarında kurutma denemelerine tabi tutulmuştur.

Bazı kalite analizlerinde kullanılacak yeterli miktarda kurutulmuş domates temini için yapılan kurutma işleminde, aynı kriterlere göre seçilen domatesler bıçak ile ikiye bölünmüş, kükürtleme ve tuzlama işlemleri uygulanarak tepsilere dizilmiş ve çalışılan kurutma ortamı koşullarında kurutulmuştur.

Sıcak havayla kurutucudan kurutulanlar ile güneşte kurutulan domatesleri karşılaştırmak amacıyla yapılan denemelerde, tuzlanmış ve kükürtlenmiş domates örnekleri güneş altında, gölgede ve mini bir sera içerisinde ayrı ayrı kurutulmuştur.

Domateslere kükürtleme ve tuzlama işlemlerinin uygulanması

Her bir kurutma işlemi, kükürtlenmiş ve tuzlanmış domateslerde uygulanmıştır. Kükürtleme işlemi, uzun eksenleri boyunca ikiye bölünen domatesler, domates/çözelti oranı 1/3 olacak şekilde %8'lik sodyum metabisüfit çözeltisine daldırılıp, 3 dakika sürekli karıştırılarak yapılmıştır (Babalık, 1996; Babalık ve Pazır,1997); Latapi and Barrett,2003). Tuzlama

işlemi, ikiye bölünen domatesler domates/çözelti oranı 1/3 olacak şekilde %10'luk NaCl çözeltisine daldırılıp 3 dakika sürekli karıştırılarak yapılmıştır (Pazır et al., 1996; Latapi and Barrett, 2003) (Şekil 2).



Şekil 2. Kurutma öncesi domateslerin kükürtlenmesi ve tuzlanması

Figure 2. Sulphating and salting tomatoes before drying

Deneme Düzeni

Bir materyalin kuruma karakteristiklerine etki eden en önemli dış faktör kullanılan kurutma havasının özellikleridir. Kurutma havasının özelliklerini belirleyen faktörler sıcaklık, bağıl nem ve hava hızıdır. Bunların dışında materyalin şekli, hava akımı içindeki bulunuş konumu, fiziksel ve kimyasal yapısı da onun kuruma karakteristiklerine etkide bulunan diğer faktörlerdir (Yağcıoğlu 1996). Ancak son belirtilen faktörler arasında, materyalin şekli dışındakiler kuruma sırasında önemli bir değişiklik göstermemekte ya da kurutma havası koşullarına göre ihmal edilebilecek düzeyde olmaktadır. Kurutma havası koşullarını belirleyen hava sıcaklığı, hava hızı ve bağıl nemin değişik değerlerinde materyalin göstereceği değişimi incelemek, bize o materyalin kuruma karakteristikleri hakkında bilgi verebilecektir.

Kuruma karakteristikleri belirleme çalışmalarında kurutma havasının koşullarını denetimli olarak düzenleyebilen bir deneme düzenine ihtiyaç vardır. Bu amaçla Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü kurutma laboratuvarında bulunan ve daha önceki araştırmalarda kullanılan deneme düzeneği, üzerinde bazı değişiklikler yapılarak ve ek parçalar takılarak kullanılmıştır. Deneme düzeninin şematik çizimi Şekil 3'de verilmiştir.

Kullanılan deneme düzeninin parçaları Greig (1970), Woods and Favier (1993) ve Demir et al. (2004)

tarafından kullanılan deneme düzenlerine benzerdir ve aşağıdaki 6 bölümden oluşmuştur.

- Santrifüj fan
- Soğutma ve yoğuşurma ünitesi
- Isıtma ünitesi
- Nemlendirme ünitesi
- Kurutma ünitesi
- Bilgisayarlı ölçüm ve kontrol ünitesi

Rio Grande çeşidi domatesin sıcak hava ile kurutulması sırasında, kurutma havasının farklı sıcaklık, hız ile domateslerin kükürtlendiği ve tuzlandığı durumlarda kuruma özelliklerini saptamak amacıyla düzenlenen kurutma denemeleri tesadüf blokları deneme desenine uygun şekilde ve 6 tekerrürlü olarak yapılmıştır.

Kurutma havasının istenen koşulları, bu amaçla yapılan deneme düzenleri yardımıyla sağlanmış ve denemeler aşağıda belirtilen kurutma koşullarında gerçekleştirilmiştir.

- Kurutma havası sıcaklığı (°C) : 50 –60 –70 –80
- Kurutma havası hızı (ms⁻¹) : 0.6 – 0.9 – 1.2
- Kurutma havası bağıl nemi (%) : 7.5
- Ön işlem : Kükürtleme – Tuzlama

Deneyel kuruma sabitlerinin saptanması

Kurutma çalışmalarında yaygın olarak kullanılan modeller arasından Çizelge 2'de belirtilen modeller Rio Grande çeşidi domateslerin konveksiyonla kuruma karakteristiklerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Modellerin sol tarafında yer alan ifade boyutsuz bir terim olan ayrılabilir nem oranı (ANO) olarak tanımlanır.

$$ANO = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e}$$

Denemeler sırasında belirlenen başlangıç nemi (M₀) ve t anındaki nem miktarı (M_t) ve denge nemi (M_e) değerlerinden yararlanarak ayrılabilir nem oranları değerleri hesaplanarak model geliştirme çalışmalarında kullanılmıştır.

Çalışmada, domatesin farklı kurutma havası sıcaklıkları ve hava hızlarında kurumasının modellenmesinde kurumanın azalan hızda kuruma evresinde gerçekleştiği kabul edilmiştir. Bu nedenle Çizelge 2'de verilen çeşitli kuruma modellerinin sabit katsayıları, değişik kurutma havası sıcaklığı ve hava hızı değerleri için doğrusal olmayan regresyon analizi

yapan STATISTICA, SIGMAPLOT, GRAPHPAD, DATAFIT ve EXEL gibi bilgisayar programları kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca domatesin kurumasını yüksek tahminleme katsayıları ile belirleyen modellerin katsayılarının hava sıcaklığı ve hava hızı ile olan değişimleri de incelenerek katsayıların hava sıcaklığı ve hava hızına bağlı olarak değişimlerini ifade eden modeller geliştirilmiştir.

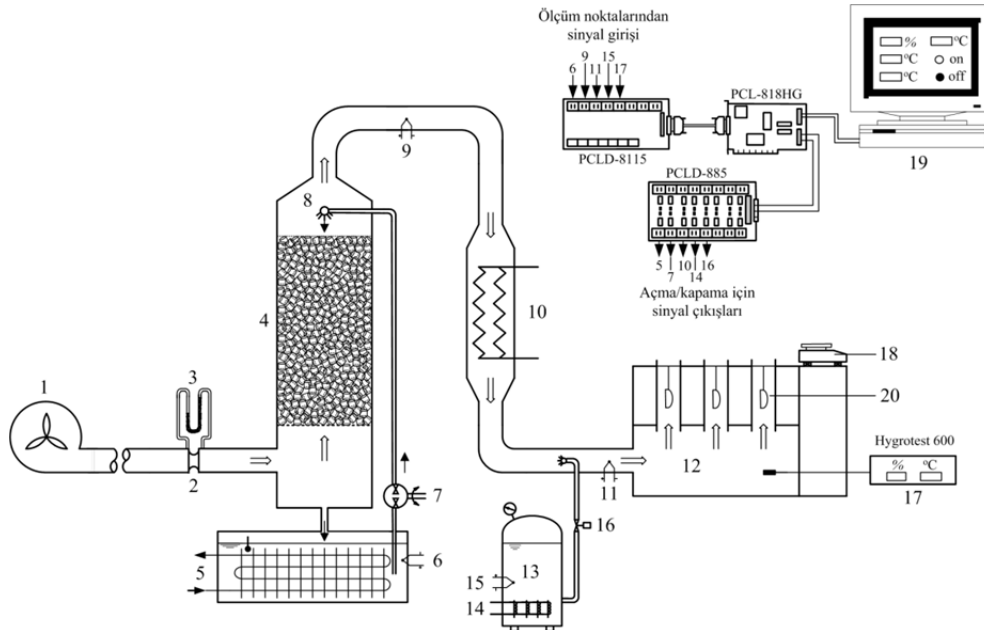
Bu modellerin içerisinde en uygun modelin seçimi için literatürde de kurutma çalışmalarında sıklıkla kullanılan istatistiksel yöntemlerden korelasyon katsayısı (r), belirleme katsayısı (R^2), MBE, RMSE ve χ^2 değerleri kullanılmıştır. Bu istatistiksel yöntemler aşağıdaki eşitliklerde tanımlanmıştır.

$$MBE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (M_{R_{pre,i}} - M_{R_{exp,i}})$$

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (M_{R_{pre,i}} - M_{R_{exp,i}})^2 \right]^{1/2}$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (M_{R_{exp,i}} - M_{R_{pre,i}})^2}{N - n_1}$$

Yukarıdaki eşitliklerde bulunan $M_{R_{exp,i}}$ deneysel nem oranını, $M_{R_{pre,i}}$ tahminlenen nem oranı değerini, N gözlem sayısını, n_1 eşitliklerdeki sabit sayı miktarını göstermektedir.



(1) santrifüj fan; (2) orifis plakası; (3) diferansiyel manometre; (4) soğutma ve yoğuşurma kulesi; (5) soğuk su tankı ve evaporatör; (6), (9), (11), (15) ısıtıl (T tipi); (7) sirkülasyon pompası; (8) soğuk su duşu; (10) elektrikli ısıtıcılar; (12) karışım odası ve hava kanalları; (13) sıcak su tankı; (14) elektrikli su ısıtıcı; (16) enjektör ve solenoid valf; (17) sıcaklık ve bağıl nem sensörü; (18) terazi; (19) veri akış ve kontrol kartlarına sahip bilgisayar; (20) ikiye kesilmiş domates parçaları

Şekil 3. Deneme düzeninin şematik görünümü

Figure 3. Schematic view of experimental setup

Çizelge 2. Konveksiyonla kuruma karakteristiklerinin belirlenmesinde kullanılan kuruma modelleri

Table 2. Drying models used in determination of convection drying characteristics

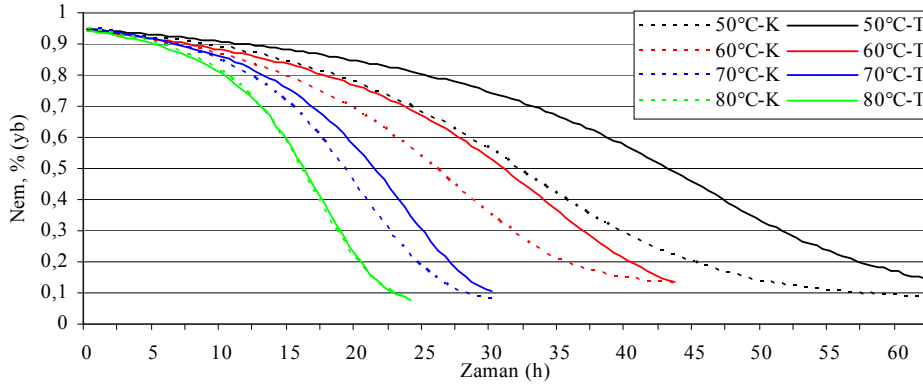
No	Model İsmi	Model Eşitliği	
1	Lewis	$ANO = \exp(-kt)$	Krokida et al. (2002); Ertekin and Yaldız (2004)
2	Page	$ANO = \exp(-kt^n)$	Gupta et al. (2002); Yaldız and Ertekin (2001); Tulasidas et al. (1993); Midilli et al. (2002); Kabganian et al. (2002); Cronin and Kearny (1998)
3	Geliştirilmiş Page	$ANO = \exp[-(kt)^n]$	Yaldız and Ertekin (2001); Midilli et al. (2002)
4	Henderson ve Pabis	$ANO = a \exp(-kt)$	Kabganian et al. (2002); Yaldız and Ertekin (2001)
5	Logaritmik	$ANO = a \exp(-kt) + c$	Yagcioglu et al. (1999); Togrul and Pehlivan (2002); Midilli et al. (2002)
6	Midilli ve Küçük	$ANO = a \exp(-kt^b) + bt$	Midilli et al. (2002)

ARAŞTIRMA BULGULARI

Değişik sıcaklıklarda ve hava hızlarında kükürtlenerek ve tuzlanarak kurutulan domateslerin yaş baza göre nem değişimlerine ilişkin grafikler Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir.

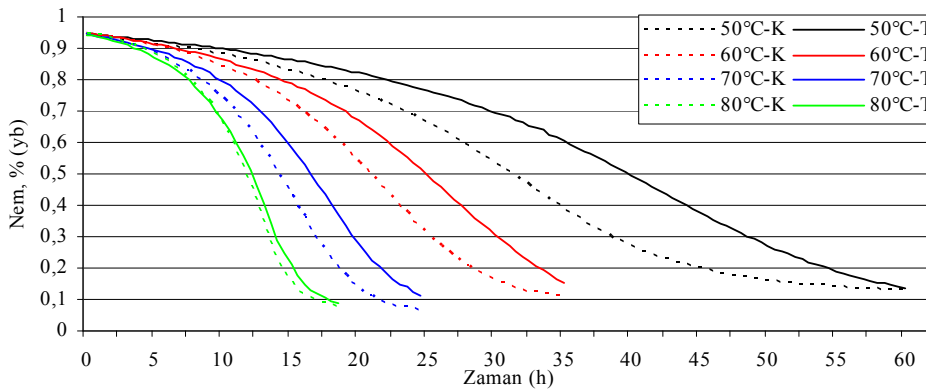
Kurutma havası sıcaklığı ve hızının artmasıyla domateslerin kuruma süreleri kısalmıştır. En kısa kuruma 80 °C hava sıcaklığı ve 1.2 ms⁻¹ hava hızında, en uzun kuruma ise 50 °C hava sıcaklığı ve 0.6 ms⁻¹ hava hızında gerçekleşmiştir. Tüm hava hızı kademelerinde kükürtlenerek kurutulan domateslerin %15 nem seviyesine inme süreleri tuzlanan örneklerle daha kısadır. Örneğin 50 °C sıcaklık ve 0.6 ms⁻¹ hava hızı koşullarında kurutulan tuzlanmış

domateslerin %15 nem seviyesine inmeleri için gerekli süre 62 saat iken, kükürtlenmiş domateslerde bu süre 49 saattir. Kurutma sıcaklığının yükselmesi ile kükürtlenmiş ve tuzlanmış örneklerin %15 bağıl nem seviyesine ulaşma süreleri arasındaki fark azalmıştır. Nitekim 80 °C sıcaklık ve 0.6 ms⁻¹ hava hızı koşullarında kurutulan domateslerin %15 nem seviyesine ulaşma süreleri kükürtlenmiş ve tuzlanmış örnekler için sırasıyla 21 ve 21.5 saat olarak gerçekleşmiştir. Yine aynı sıcaklık ve 1.2 ms⁻¹ hava hızı koşullarında kükürtlenerek ve tuzlanarak kurutulan domateslerin %15 bağıl nem seviyesine ulaşmaları sırasıyla 14.5 ve 15 saat içerisinde gerçekleşmiştir.



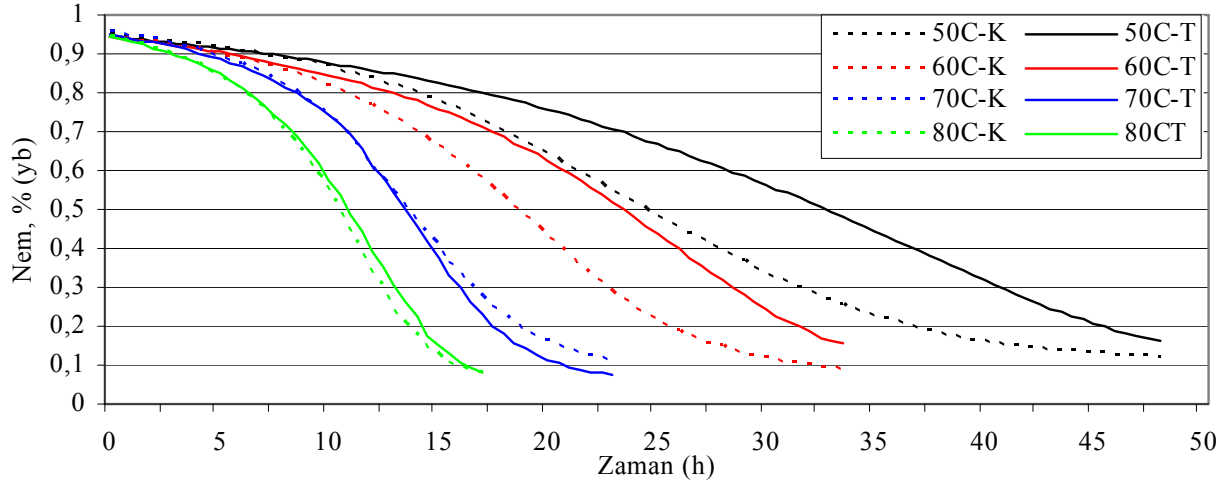
Şekil 4. 0.6 ms⁻¹ hava hızı için çeşitli sıcaklıklarda kükürtlenerek (K) ve tuzlanarak (T) kurutulan domateslerin yaş baza göre nem değişimi

Figure 4. Changes in moisture relative to wet basis of tomatoes dried by sulfur (K) and salting (T) at various temperatures for 0.6 ms⁻¹ air velocity



Şekil 5. 0.9 ms⁻¹ hava hızı için çeşitli sıcaklıklarda kükürtlenerek (K) ve tuzlanarak (T) kurutulan domateslerin yaş baza göre nem değişimi

Figure 5. Changes in moisture relative to wet basis of tomatoes dried by sulfur (K) and salting (T) at various temperatures for 0.9 ms⁻¹ air velocity



Şekil 6. 1.2 ms⁻¹ hava hızı için çeşitli sıcaklıklarda kükürlenerek (K) ve tuzlanarak (T) kurutulmuş domateslerin yaş baza göre nem değişimi

Figure 6. Changes in moisture relative to wet basis of tomatoes dried by sulfur (K) and salting (T) at various temperatures for 1.2 ms⁻¹ air velocity

Çizelge 3. 50, 60, 70 ve 80 °C sıcaklık ve 1.2 ms⁻¹ hava hızı koşullarında kükürlenerek kurutulmuş domateslerin Lewis, Page, Geliştirilmiş Page ve Henderson ve Pabis modellerinin hesaplanan katsayıları

Table 3. Calculated coefficients of Lewis, Page, Enhanced Page and Henderson and Pabis models of dried tomatoes at 50, 60, 70 and 80 °C temperature and 1.2 ms⁻¹ air velocity

T (°C)	V (ms ⁻¹)	Lewis		Page			Geliştirilmiş Page			Henderson ve Pabis		
		k	R ²	k	n	R ²	k	n	R ²	a	k	R ²
50	1.2	0.15660	0.9969	0.1223	1.119	0.9997	0.152800	1.1190	0.9997	1.0390	0.16240	0.9979
		0.09156	0.9960	0.07767	1.062	0.9971	0.090220	1.0620	0.9971	1.0070	0.09214	0.9960
		0.12090	0.9945	0.08777	1.136	0.9986	0.117400	1.1360	0.9986	1.0380	0.12530	0.9956
		0.10270	0.9964	0.08408	1.079	0.998	0.100800	1.0790	0.9980	1.0160	0.10420	0.9966
		0.09481	0.9974	0.0829	1.052	0.9982	0.093670	1.0520	0.9982	1.0060	0.09537	0.9975
		0.09207	0.9940	0.06905	1.109	0.9972	0.089840	1.1090	0.9972	1.0240	0.09415	0.9945
60	1.2	0.14880	0.9942	0.1101	1.14	0.9987	0.144400	1.1400	0.9987	1.0400	0.15430	0.9955
		0.13970	0.9938	0.1003	1.15	0.999	0.135500	1.1500	0.9990	1.0440	0.14550	0.9954
		0.13170	0.9929	0.09698	1.134	0.9974	0.127900	1.1340	0.9974	1.0340	0.13590	0.9940
		0.11790	0.9969	0.09734	1.081	0.9988	0.115900	1.0810	0.9988	1.0230	0.12050	0.9974
		0.14290	0.9934	0.1009	1.16	0.9991	0.138400	1.1600	0.9991	1.0490	0.14940	0.9953
		0.12990	0.9936	0.09494	1.138	0.9983	0.126200	1.1380	0.9983	1.0380	0.13460	0.9949
70	1.2	0.22550	0.9947	0.1763	1.142	0.9992	0.218900	1.1420	0.9992	1.0460	0.23510	0.9964
		0.19220	0.9930	0.1438	1.154	0.9986	0.186200	1.1540	0.9986	1.0470	0.20070	0.9950
		0.17500	0.9957	0.1461	1.091	0.998	0.171600	1.0910	0.9980	1.0280	0.17980	0.9965
		0.21070	0.9936	0.1619	1.146	0.9984	0.204300	1.1460	0.9984	1.0430	0.21920	0.9952
		0.18560	0.9939	0.1429	1.136	0.9985	0.180400	1.1360	0.9985	1.0410	0.19280	0.9954
		0.16860	0.9964	0.1444	1.077	0.9981	0.165800	1.0770	0.9981	1.0210	0.17210	0.9968
80	1.2	0.22520	0.9918	0.169	1.167	0.9985	0.218100	1.1670	0.9985	1.0500	0.23590	0.9942
		0.21500	0.9939	0.1716	1.128	0.9982	0.209700	1.1280	0.9982	1.0390	0.22300	0.9954
		0.22110	0.9881	0.1566	1.199	0.9972	0.212900	1.1990	0.9972	1.0570	0.23280	0.9911
		0.22100	0.9883	0.1537	1.21	0.9982	0.212700	1.2100	0.9982	1.0620	0.23380	0.9919
		0.22390	0.9921	0.1681	1.167	0.9989	0.217000	1.1670	0.9989	1.0550	0.23540	0.9949
		0.26860	0.9882	0.185	1.243	0.9993	0.257200	1.2430	0.9993	1.0720	0.28610	0.9924

Her sıcaklık ve hava hızı için 6 tekerrürlü olarak ölçülen zamana bağlı ağırlık değişimlerinden gidilerek hesaplanan ayrılabilir nem oranları (ANO) değerleri kullanılarak, her bir tekerrür için Çizelge 2’de verilen kurutma modellerinin katsayıları ve R^2 değerleri belirlenmiştir. Hesaplanan söz konusu katsayılar incelendikten sonra, içlerinden her bir tekerrür için yüksek tahminleme katsayısına sahip Lewis, Page, Geliştirilmiş Page, Henderson ve Pabis, Logaritmik ve Midilli ve Küçük modelleri Rio Grande çeşidi domatesin kuruma modelinin geliştirilmesi için kullanılmıştır.

50, 60, 70 ve 80 °C hava sıcaklığı ve 1.2 ms^{-1} hava hızı değerlerinde kükürlenerek kurutulan domateslerin Lewis, Page, Geliştirilmiş Page, Henderson ve Pabis modellerinin hesaplanan katsayıları Çizelge 3’te, Logaritmik ve Midilli ve Küçük modellerinin hesaplanan katsayıları Çizelge 4’te örnek olarak verilmiştir.

Yukarıda verilen çizelgelerin incelenmesinden tüm kuruma modellerinde her bir tekerrür için hesaplanan belirleme katsayılarının %99’un üzerinde olduğu görülebilir. Yine çizelgelerin incelenmesinden görüleceği üzere kurutma havası sıcaklığının ve hava hızının artması ile kuruma sabitlerinin değerleri yükselmiştir. Bu bulguya dayanılarak ANO değeri ile sıcaklık, hız ve kuruma süresi arasındaki ilişkiyi belirten bir matematiksel model geliştirilmeye çalışılmıştır.

İncelenen modellere ait sabit katsayıları, kurutma ortamı hava sıcaklığı ve hava hızını içeren bir matematik modelle ifade edebilmek için DATAFIT programı ile yukarıdaki tablolarda hesaplanan değerler kullanılarak regresyon analizleri yapılmış ve incelenen kuruma modellerinin katsayılarını kurutma havası sıcaklığı ve hava hızına bağlı olarak en yüksek R^2 değeri ile tahminleyen en çok 3 terimli modeller belirlenmiştir. Kükürlenerek ve tuzlanarak kurutulan domatesler için kuruma modellerinin katsayılarını kurutma havası sıcaklığı ve hızına bağlı olarak belirleyen modeller Çizelge 5 ve

Çizelge 6’da görülmektedir.

Çizelge 5 ve 6’dan görüleceği gibi kükürlenerek ve tuzlanarak kurutulan domatesler için Lewis modelindeki “k” kuruma sabiti, kurutma havası sıcaklığı ve hızına bağlı olarak en yüksek R^2 değeri ile tahminlenmiştir.

Yalnızca R^2 değerleri incelenerek Rio Grande çeşidi domatesin kurumasını en iyi tahminleyen modelin Lewis modeli olduğu söylenemez. Domateslerin kurumasını en iyi tanımlayan modelin belirlenmesi için r, Mean Bias Error (MBE), Root Mean Square Error (RMSE) ve Khi Square (χ^2) gibi istatistik değerlerin de incelenerek değerlendirilmesi gerekir (Demir et al., 2004; Midilli et al. 2002; Yaldiz et al., 2001).

Çizelge 7’nin incelenmesinden kükürlenerek kurutulan domatesler için en küçük χ^2 değerini ve en yüksek r değerini veren modelin Midilli ve Küçük modeli olduğu, Çizelge 8’in incelenmesinden de tuzlanarak kurutulan domatesler için en küçük χ^2 değerini ve en yüksek r değerini veren modelin Logaritmik model olduğu anlaşılmaktadır.

Kükürlenerek kurutulan domatesler için Midilli ve Küçük modelinin kuruma sabitinin ve diğer sabitlerinin kurutma havası sıcaklığı ve hava hızına bağlı değişimlerini veren eşitlikler ve katsayıları Çizelge 9’da, tuzlanarak kurutulan domatesler için Logaritmik modelinin kuruma sabitinin ve diğer sabitlerinin kurutma havası sıcaklığı ve hava hızına bağlı değişimlerini veren eşitlikler ve katsayıları Çizelge 10’da verilmiştir. Bu eşitlikler kullanılarak Midilli ve Küçük modeli yardımıyla tahminlenen ANO değerleri ile kükürlenerek kurutulan domateslerden deneysel olarak elde edilen değerlerin karşılaştırması Şekil 7’de, tuzlanarak kurutulan domateslerden deneysel olarak elde edilen değerlerin karşılaştırması ise Şekil 8’de verilmiştir.

Çizelge 4. 50, 60, 70 ve 80 °C sıcaklık ve 1.2 ms⁻¹ hava hızı koşullarında kükürlenerek kurutulan domateslerin Logaritmik ve Midilli ve Küçük modellerinin hesaplanan katsayılarıTable 4. Calculated coefficients of Logarithmic and Midilli and Küçük models of sulfurized dried tomatoes at 50, 60, 70 and 80 °C temperature and 1.2 ms⁻¹ air velocity conditions

T (°C)	V (ms ⁻¹)	Logaritmik				Midilli ve Küçük				
		a	k	c	R ²	a	k	n	b	R ²
50	1.2	1.041	0.15780	-0.00835	0.9985	0.9870	0.11630	1.135	-0.00005	0.9998
		1.019	0.08233	-0.03468	0.9992	0.9685	0.07308	1.059	-0.00052	0.9991
		1.044	0.11750	-0.01918	0.9976	0.9687	0.07689	1.175	-0.00014	0.9992
		1.024	0.09595	-0.02471	0.9988	0.9689	0.07610	1.098	-0.00029	0.9991
		1.015	0.08735	-0.02633	0.9995	0.9751	0.07922	1.048	-0.00040	0.9995
		1.038	0.08336	-0.03844	0.9985	0.9625	0.06119	1.129	-0.00041	0.9990
60	1.2	1.049	0.14140	-0.02700	0.9982	0.9757	0.10190	1.157	-0.00032	0.9994
		1.055	0.13240	-0.02987	0.9983	0.9781	0.09372	1.164	-0.00031	0.9996
		1.050	0.12000	-0.04004	0.9982	0.9708	0.08988	1.142	-0.00058	0.9989
		1.037	0.10800	-0.03544	0.9999	0.9919	0.10180	1.041	-0.00077	0.9999
		1.059	0.13670	-0.02795	0.998	0.9803	0.09469	1.174	-0.00026	0.9996
		1.053	0.11960	-0.03805	0.9986	0.9759	0.08967	1.140	-0.00052	0.9994
70	1.2	1.054	0.21840	-0.02281	0.9985	0.9949	0.17680	1.130	-0.00044	0.9995
		1.063	0.17930	-0.03681	0.9986	0.9914	0.14510	1.130	-0.00078	0.9994
		1.045	0.15970	-0.03864	0.9995	1.0010	0.15770	1.029	-0.00136	0.9995
		1.055	0.19950	-0.02976	0.9982	0.9881	0.15970	1.136	-0.00061	0.9991
		1.057	0.17130	-0.03858	0.999	0.9907	0.14490	1.108	-0.00090	0.9994
		1.039	0.15260	-0.03958	0.9997	0.9988	0.15560	1.013	-0.00149	0.9996
80	1.2	1.078	0.20260	-0.05344	0.9991	0.9983	0.17730	1.113	-0.00163	0.9996
		1.067	0.19160	-0.05359	0.9997	1.0020	0.18490	1.054	-0.00214	0.9997
		1.092	0.19400	-0.06623	0.998	0.9938	0.16290	1.143	-0.00191	0.9988
		1.096	0.19620	-0.06381	0.9984	0.9957	0.16000	1.159	-0.00165	0.9994
		1.080	0.20420	-0.04998	0.9992	1.0060	0.18040	1.106	-0.00153	0.9997
		1.090	0.25590	-0.03792	0.9966	0.9965	0.18610	1.227	-0.00062	0.9996

Çizelge 5. Kükürlü örnekler için kuruma modellerinin katsayılarını kurutma havası sıcaklığı ve hava hızına bağlı olarak belirleyen modeller

Table 5. Models that determine the coefficients of drying models for sulfur samples based on drying air temperature and air velocity

Model ismi		x ₁	x ₂	x ₃	R ²
Lewis	$k=x_1 \cdot T^{x_2} \cdot x_3^{x_3} \cdot V$	0.000078	1.648198	1.917423	0.91191912
Page	$k=x_1 \cdot T^{x_2} \cdot V^{x_3}$	0.0003999	1.3437199	0.79439381	0.87294012
	$n=x_1+x_2 \cdot T+x_3/V$	0.908360791	1.003541483	-0.046294393	0.56749331
Geliştirilmiş Page	$k=x_1 \cdot T^{x_2} \cdot V^{x_3}$	0.00017469	1.61140768	0.57313488	0.90793262
	$n=x_1+x_2 \cdot T+x_3/V$	0.836101851	0.004106338	0.041967696	0.58312223
Henderson ve Pabis	$k= x_1 \cdot T^{x_2} \cdot x_3^{x_3} \cdot V$	0.000060	1.724171	1.881586	0.90845912
	$a= x_1+x_2 \cdot T+x_3/V$	0.94015706	0.00129678	0.01650429	0.59938631
Logaritmik	$k= x_1 \cdot T^{x_2} \cdot x_3^{x_3} \cdot V$	0.000120	1.509703	2.040219	0.85451685
	$a= x_1+x_2 \cdot T+x_3/V$	0.885580159	0.002287778	0.025585714	0.74890005
	$c= x_1+x_2/T+x_3 \cdot V$	-0.1592431	5.75160406	0.02520139	0.6662053
Midilli ve Küçük	$k=x_1 \cdot T^{x_2} \cdot V^{x_3}$	0.000162505	1.561651599	0.782414345	0.84655942
	$a=x_1+x_2/T+x_3/V$	1.02989601	-2.6498986	-0.0021375	0.45539641
	$n=x_1+x_2 \cdot T+x_3 \cdot V$	1.04166527	0.00219222	-0.05409722	0.18656318
	$b=x_1+x_2 \cdot T+x_3 \cdot V$	0.0018619983	-0.000038791	-0.000103472	0.713514899

Çizelge 6. Tuzlu örnekler için kuruma modellerinin katsayılarını kurutma havası sıcaklığı ve hava hızına bağlı olarak belirleyen modeller

Table 6. Models that determine the coefficients of drying models for salty samples depending on drying air temperature and air velocity

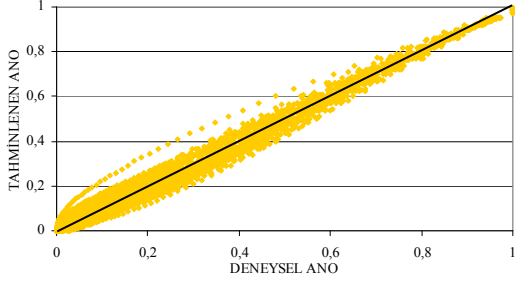
Model ismi		x_1	x_2	x_3	R^2
Lewis	$k=x_1 \cdot T^{x_2} \cdot V^{x_3}$	0.0000390	1.953297	0.578759	0.939151676
Page	$k=x_1 \cdot x_2^{x_2} \cdot T^{x_3}$	0.03814275	1.01675361	0.71933809	0.84109035
	$n=x_1+x_2 \cdot T+x_3/V$	0.582100119	0.007133167	0.035749286	0.8336919069
Geliştirilmiş Page	$k=x_1 \cdot T^{x_2} \cdot V^{x_3}$	0.00005466	1.86813783	0.58252001	0.93859252
	$n=x_1+x_2 \cdot T+x_3/V$	0.582080318	0.007133389	0.035751429	0.8336887042
Henderson ve Pabis	$k= x_1 \cdot T^{x_2} \cdot V^{x_3}$	0.00002140	2.10172415	0.56556474	0.94127288
	$a= x_1 \cdot x_2^{x_2} \cdot T^{x_3}$	0.8652351	1.0025013	-0.017052	0.8462284
Logaritmik	$k=x_1 \cdot T^{x_2} \cdot V^{x_3}$	0.00005661	1.83834763	0.6338327	0.89329196
	$a= x_1 \cdot x_2^{x_2} \cdot T^{x_3}$	0.82414870	1.00355449	-0.03173623	0.85302658
	$c=x_1+x_2/T+x_3 \cdot V$	0.09610674	-0.0017728	-0.0231364	0.67125663
Midilli ve Küçük	$k=x_1 \cdot x_2^{x_2} \cdot T^{x_3}$	0.048090	1.014294	0.636429	0.79639606
	$a=0.99483472$				
	$n=x_1+x_2 \cdot T+x_3/V$	0.547798849	0.007164111	0.011153571	0.695643056
	$b=x_1+x_2 \cdot T+x_3/V$	0.0014254862	-0.0000409573	-0.0000083571	0.5129850290

Çizelge 7. Kükürlü örnekler için çeşitli kuruma modellerinin r, MBE, RMSE, χ^2 değerleriTable 7. r, MBE, RMSE, χ^2 values of various drying models for sulfur samples

Model ismi	k. n. a. b. c modelleri	r	MBE	RMSE	χ^2
Lewis	$k=x_1 \cdot T^{x_2} \cdot x_3^{x_3} \cdot V$	0.99192	0.007743	0.034153	0.0011666513
Page	$k=x_1 \cdot T^{x_2} \cdot V^{x_3}$	0.99454	0.005951	0.028842	0.0008321729
	$n=x_1+x_2 \cdot T+x_3/V$				
Geliştirilmiş Page	$k=x_1 \cdot T^{x_2} \cdot V^{x_3}$	0.99464	0.002391	0.028398	0.0008067813
	$n=x_1+x_2 \cdot T+x_3/V$				
Henderson ve Pabis	$k= x_1 \cdot T^{x_2} \cdot x_3^{x_3} \cdot V$	0.99272	0.009126	0.032371	0.0010483089
	$a= x_1+x_2 \cdot T+x_3/V$				
Logaritmik	$k= x_1 \cdot T^{x_2} \cdot x_3^{x_3} \cdot V$	0.99469	0.001012	0.028410	0.0008076225
	$a= x_1+x_2 \cdot T+x_3/V$				
	$c= x_1+x_2/T+x_3 \cdot V$				
Midilli ve Küçük	$k=x_1 \cdot T^{x_2} \cdot V^{x_3}$	0.99494	-0.002155	0.027810	0.0007739930
	$a=x_1+x_2/T+x_3/V$				
	$n=x_1+x_2 \cdot T+x_3 \cdot V$				
	$b=x_1+x_2 \cdot T+x_3 \cdot V$				

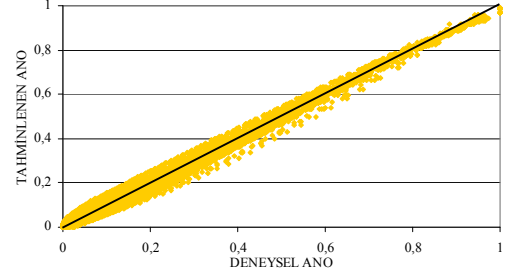
Çizelge 8. Tuzlu örnekler için çeşitli kuruma modellerinin r, MBE, RMSE, χ^2 değerleriTable 8. r, MBE, RMSE, χ^2 values of various drying models for salty samples

Model ismi	k. n. a. b. c modelleri	r	MBE	RMSE	χ^2
Lewis	$k=x_1 \cdot T^{x_2} \cdot x_3^{x_3} \cdot V$	0.99413	0.004173	0.028713	0.0008245798
Page	$k=x_1 \cdot T^{x_2} \cdot V^{x_3}$	0.99538	0.003045	0.025879	0.0006699974
	$n=x_1+x_2 \cdot T+x_3/V$				
Geliştirilmiş Page	$k=x_1 \cdot T^{x_2} \cdot V^{x_3}$	0.99559	0.003628	0.025353	0.0006430209
	$n=x_1+x_2 \cdot T+x_3/V$				
Henderson ve Pabis	$k= x_1 \cdot T^{x_2} \cdot x_3^{x_3} \cdot V$	0.99458	0.004705	0.027577	0.0007607888
	$a= x_1+x_2 \cdot T+x_3/V$				
Logaritmik	$k= x_1 \cdot T^{x_2} \cdot x_3^{x_3} \cdot V$	0.99634	-0.001750	0.023297	0.0005430699
	$a= x_1+x_2 \cdot T+x_3/V$				
	$c= x_1+x_2/T+x_3 \cdot V$				
Midilli ve Küçük	$k=x_1 \cdot T^{x_2} \cdot V^{x_3}$	0.99614	-0.002593	0.023929	0.0005729234
	$a=x_1+x_2/T+x_3/V$				
	$n=x_1+x_2 \cdot T+x_3 \cdot V$				
	$b=x_1+x_2 \cdot T+x_3 \cdot V$				



Şekil 7. Kükürlü örnekler için deneysel ve geliştirilen model yardımıyla tahmin edilen ANO değerlerinin karşılaştırılması

Figure 7. Comparison of estimated ANO values with experimental and developed model for sulfur samples



Şekil 8. Tuzlu örnekler için deneysel ve geliştirilen model yardımıyla tahmin edilen ANO değerlerinin karşılaştırılması

Figure 8. Comparison of estimated ANO values with experimental and developed model for salty samples

Çizelge 9. Kükürlenerek kurutulmuş domatesler için Midilli ve Küçük modelinin katsayıları

Table 9. Coefficients of Midilli and Küçük model for sulfur-dried tomatoes

ANO= a-exp(-k.t ⁿ)+b.t	x ₁	x ₂	x ₃
k=x ₁ .T ⁿ .V ⁿ	0.000162505	1.561651599	0.782414345
a=x ₁ +x ₂ /T+x ₃ /V	1.02989601	-2.6498986	-0.0021375
n=x ₁ +x ₂ .T+x ₃ .V	1.04166527	0.00219222	-0.05409722
b=x ₁ +x ₂ .T+x ₃ .V	0.0018619983	-0.000038791	-0.000103472

Geçerlilik sınırları: 50 °C ≤ T ≤ 80 °C , 0.6 ms⁻¹ ≤ V ≤ 1.2 ms⁻¹

Çizelge 10. Tuzlanarak kurutulmuş domatesler için Logaritmik modelinin katsayıları

Table 9. Coefficients of Midilli and Küçük model for salted-dried tomatoes

ANO=a.exp(-k.t)+c	x ₁	x ₂	x ₃
k=x ₁ .T ⁿ .V ⁿ	0.00005661	1.83834763	0.6338327
a= x ₁ .x ₂ ⁿ .T.V ⁿ	0.82414870	1.00355449	-0.03173623
c=x ₁ +x ₂ /T+x ₃ .V	0.09610674	-0.0017728	-0.0231364

Geçerlilik sınırları: 50 °C ≤ T ≤ 80 °C , 0.6 ms⁻¹ ≤ V ≤ 1.2 ms⁻¹

Çizelge 11. Çeşitli koşullar altında kurutulmuş domateslerin ortalama rehidrasyon oranları ve standart sapmaları

Table 11. Average rehydration rates and standard deviations of dried tomatoes under various conditions.

DENEY KOŞULU	KÜKÜRTLÜ		TUZLU	
	Ortalama	Standart sapma	Ortalama	Standart sapma
50°C 0.6 ms ⁻¹	4.3076	0.1365	3.1047	0.0585
50°C 0.9 ms ⁻¹	4.0395	0.1638	3.1050	0.0612
50°C 1.2 ms ⁻¹	4.1068	0.0970	3.0633	0.0857
60°C 0.6 ms ⁻¹	4.1044	0.0879	2.9740	0.1219
60°C 0.9 ms ⁻¹	4.1383	0.0581	3.1350	0.1083
60°C 1.2 ms ⁻¹	4.1689	0.0579	3.0150	0.0284
70°C 0.6 ms ⁻¹	4.0510	0.1436	3.0083	0.0809
70°C 0.9 ms ⁻¹	4.0318	0.0658	2.9427	0.0049
70°C 1.2 ms ⁻¹	4.0908	0.1202	2.8717	0.1240
80°C 0.6 ms ⁻¹	3.8926	0.0975	2.8320	0.0909
80°C 0.9 ms ⁻¹	3.9700	0.0855	2.9087	0.0284
80°C 1.2 ms ⁻¹	3.4538	0.1765	2.9167	0.0397
GÖLGE	4.2757	0.3147	3.0583	0.0265
GÜNEŞ	4.0720	0.0794	3.0953	0.1103

Kükürtlenerak ve tuzlanarak kurutulmuş domateslerin 3 tekerrürlü olarak yapılan rehidrasyon analizi sonuçları Çizelge 11’de verilmiştir. Çizelgeden görüleceği üzere kükürtlenerak kurutulan domateslerin rehidrasyon oranları tuzlanarak kurutulanlara göre daha yüksek bulunmuştur.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışma sonucunda $50\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T \leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $0.6\text{ ms}^{-1} \leq V \leq 1.2\text{ ms}^{-1}$ hava hızı sınır değerleri arasında kükürtlenerak kurutulan domateslerin kuruma karakteristiklerini en iyi tahminleyen model “Midilli ve Küçük” kuruma modeli, tuzlanarak kurutulan domateslerin kuruma karakteristiklerini en iyi

LİTERATÜR LİSTESİ

- Babalık, Ö., 1996, Domates Kurutulmasında Kükürt Dioksit Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 58 pp.
- Babalık, Ö., Pazır, F., 1997, Domates Kurutulmasında Kükürt Dioksit Uygulaması, Gıda, 22(3): 193-199 pp.
- Cronin, K., Kearney, S., 1998, Monte Carlo Modelling of a Vegetable Tray Dryer, Journal of Food Engineering, 35: 233-250.
- Demir, V., Gunhan, T., Yagcioglu, A.K., Degirmencioglu, A., 2004, Mathematical Modelling and the Determination of Some Quality Parameters of Air-dried Bay Leaves, Biosystems Engineering 88(3):325-335.
- Ertekin, C., Yaldiz, O., 2004, Drying of Eggplant and Selection of a Suitable Thin Layer Drying Model, Journal of Food Engineering, 63(3): 349-359.
- FAO, 2016, FAOSTAT Agricultural Database Web Page.
- Greig, D. J., 1970, The determination of the Rate Constant in thin Layer Drying of Agricultural Crops, Journal of Agricultural Engineering Research, 15(2), 106-110.
- Gupta, P., Ahmed, J., Shivhare, U. S., Raghavan, G. S. V., 2002, Drying Characteristics of Red Chilli, Drying Technology, 20(10): 1975-1987.
- Kabganian, R., Carrier, D. J., Sokhansanj, S., 2002, Physical Characteristics and Drying Rate of Echinacea Root, Drying Technology, 20(3): 637-649.
- Krokida, M. K., Maroulis, Z. B., Kremalis, C., 2002, Process Design of Rotary Dryers for Olive Cake, Drying Technology, 20(4 and 5): 771-788.
- Latapi, G., Barrett, D.M., 2003, Use of Salt and Sodium Metabisulfite Dips Prior to Sun Drying Tomatoes,

tahminleyen model ise “Logaritmik” kuruma modeli olarak belirlenmiştir.

Kurutulmuş ürünlerde önemli bir parametre olan rehidrasyon oranı açısından bakıldığında kükürtlenerak kurutulan domateslerin rehidrasyon oranlarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca yüksek sıcaklıklarda kurutulan domateslerin rehidrasyon oranları daha düşük bulunmuştur. Rehidrasyon açısından en uygun kurutma havası sıcaklığının 50-60 °C olduğu söylenebilir.

Teşekkür

Bu çalışma Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (2001-ZRF-054 nolu doktora projesi) kapsamında desteklenmiştir.

- International Seminar on Processing Tomato, Acta Horticulturae, 613, 391-397.
- Midilli, A., Kucuk, H., Yapar, Z., 2002, A New Model for Single Layer Drying, Drying Technology, 20(7): 1503-1513.
- Pazır, F., Yurdagel, Ü., Ural, A., Babalık, Ö., 1996, Kurutmalık Domateslerde Tuz Alımını Etkileyen Faktörler, Güneşte Kurutulmuş Domates Üretimi Seminer Notları, İzmir, 90s.
- Togrul, I. T., Pehlivan D., 2002, Mathematical Modelling of Solar Drying of Apricots in Thin Layers, Journal of Food Engineering, 55: 209-216.
- Tulasidas, T. N., Raghavan, G. S.V., Norris, E. R., 1993, Microwave and Convective Drying of Grapes, Transactions of the ASAE, 36(6): 1861-1865.
- Yağcıoğlu, A., 1996, Ürün İşleme Tekniği. EÜZF Yayınları No.:517. İzmir.
- Woods, J. L., Favier, J.F., 1993, Apparatus for thin layer drying and associated error analysis, Journal of Agricultural Engineering Research, 55, 113-127.
- Yagcioglu, A., Degirmencioglu, A., Cagatay, F., 1999, Drying characteristics of bay leaves under different drying conditions, Proceedings of the 7th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture, pp. 565-569. Adana, Turkey, 26-27 May
- Yaldiz, O., Ertekin, C., 2001, Thin Layer Solar Drying Of Some Vegetables, Drying Technology, 19(3): 583-596.
- Yaldiz, O., Ertekin, C., Uzun, H. I., 2001, Mathematical Modelling of Thin Layer Solar Drying of Sultana Grapes, Energy, 26: 457-465.