



**MALATYA İLİNDE YETİŞTİRİLEN HACİHALİLOĞLU ÇEŞİDİ KAYISININ
KURUMA KİNETİĞİNİN İNCELENMESİ**

Hakan Okyay MENGEŞ¹ Can ERTEKİN² Haydar HACİSEFEROĞULLARI¹ İbrahim GEZER³

¹Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Konya/Türkiye

²Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Antalya/Türkiye

³İnönü Üniversitesi, Malatya Meslek Yüksekokulu, Teknik Programlar Bölümü, Malatya/Türkiye

ÖZET

Bu çalışmada, ihrac ürünlerimizden olan ve Malatya Bölgesi'nde yetiştirilen Hacihaliloğlu çeşidi kayısının kuruma kinetiklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Denemelerde hava sıcaklığı olarak 70 °C, 75 °C ve 80 °C, hava hızı olarak 1.0 m/s, 2.0 m/s ve 3.0 m/s alınmış, kayısı örnekleri hiçbir ön işlem uygulanmadan ve kükürtleme işlemine tabi tutulduktan sonra kurutulmuşlardır. Fick'in II. Yasasının çözümünden her bir deneme koşulu için difüzyon katsayısı hesaplanmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, artan sıcaklık ile hem kuruma hızının hem de efektif difüzyon katsayısının arttığı görülmüştür. Efektif difüzyon katsayısı, kükürtlenerek kurutulan kayıslarda $4,952 \times 10^{-10}$ ile $1,362 \times 10^{-9}$ m²/s arasında, kükürtlenmeden kurutulan kayıslarda ise $3,549 \times 10^{-10}$ ile $7,180 \times 10^{-10}$ m²/s arasında değişmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kükürtlenmiş kayısı, Kükürtlenmemiş kayısı, kuruma hızı, efektif difüzyon katsayısı,

INVESTIGATION OF DRYING KINETIC OF HACİHALİLOĞLU TYPE APRICOTS GROWN IN MALATYA CITY

ABSTRACT

In this study, drying kinetics of Hacihaliloğlu type apricots which are grown in Malatya region were determined. In trials, air temperatures were taken as 70, 75, 80 °C and air velocities were taken as 1.0, 2.0, 3.0 m/s. Some of apricot samples were dried after sulfuring. According to the analysis of Ficks' Second Rule, diffusion coefficient was calculated for each air temperature and velocity.

According to the results, with the increasing of temperature, was determined to increase both drying velocity and effective diffusion coefficient. Values of effective diffusion coefficient of samples were found as $4,952 \times 10^{-10}$... $1,362 \times 10^{-9}$ and $3,549 \times 10^{-10}$... $7,180 \times 10^{-10}$ m²/s, in sulfured apricots and non- sulfured apricots, respectively.

Keywords: Sulphured apricot, non sulphured apricot, drying velocity, effective diffusion coefficient

GİRİŞ

Türkiye'nin tarım alanlarının %5.86'sı yani 1 558 000 ha'ı meyve bahçelerinden oluşmaktadır. Türkiye'deki meyve ağaçlarının toplam sayısı 677 943 045 olup, toplam meyve üretiminde ise 14 070 450 tondur. Kayısının da dahil olduğu sert çekirdekli meyvelerin bu potansiyel içindeki payı ise %20.8'dir (Anonymous 2004).

Dünya kayısı üretimi (2 509 937 ton/yıl) dikkate alındığında Türkiye 538 000 ton üretim ve %20.15'lik payla dünyanın en büyük kayısı üreticisi durumundadır. Türkiye dünya kuru kayısı üretiminde de çok önemli yere sahiptir. Dünya pazarlarına konu olan kuru kayısının %83'lük bir kısmı Türkiye tarafından sağlanmaktadır. Dünyanın en önemli kuru kayısı ithalatçı ülkesi olan ABD pazarında ülkemiz kuru kayısının oranı yaklaşık %94'tür. Bu oran Avustralya'da %91, Kanada'da %76, Avusturya'da %75, Japonya'da ise %43'dür. Bu ihracatın hemen hemen tamamına yakını Malatya ili ve çevresince yapılmaktadır.

Malatya Bölgesi'nde yetiştirilen kayısı çeşitlerinin en büyük özelliği gerek Türkiye'deki gerekse diğer ülkelerdeki kayısı çeşitlerine göre kuru madde oranının çok yüksek olmasıdır. Malatya'daki toplam kayısı üretimi içinde %90 gibi çok yüksek bir orana sahip

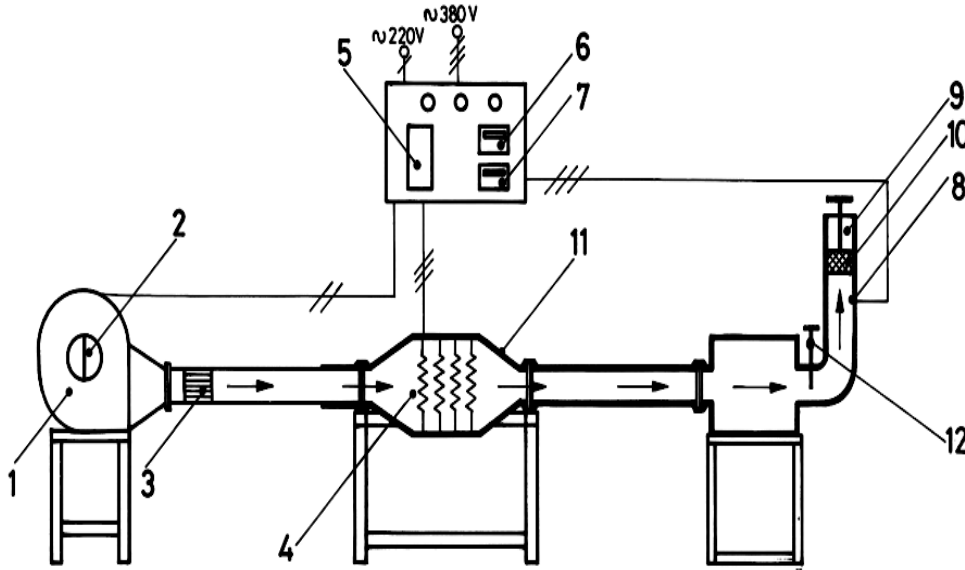
olan Hacihaliloğlu, Çataloğlu ve Çöloğlu çeşitlerinde kuru madde oranı yaklaşık %30 civarındadır. Bu değer dünya ortalaması ise yaklaşık % 15 civarındadır. Bu nedenle Malatya'daki kayısların %90'ı kurutulmak suretiyle değerlendirilmektedir (Gezer 2005).

Ülke ekonomisi açısından büyük bir öneme sahip olan ve Malatya yöresinde yetiştirilen kayısların %90-95'i hasattan sonra "islîm" denilen kükürtleme odalarında kükürtleme işlemine tabi tutulmakta ve bez ya da naylon üzerine serilerek %20-25 nem düzeyine kadar (2-3 gün) güneşte kurutulmaktadır (Gökçe 1970). Ekonomik açıdan dış ve iç pazarlarda ürünlerin bu şekilde açıkta kurutulması sonucu kalite ve değer kaybı gibi sorunlarla karşılaşmaktadır. Ayrıca açık hava şartlarında doğal güneşe sererek yapılan kurutma işleminde kuru ürünün elde edilebilmesi için çok uzun süreye ihtiyaç duyulmakta, dolayısıyla ürünün kalitesi bozulmakta ve kirlenmektedir. Bu nedenle kurutma tesis ve sistemlerinin gerekliliğinin yanı sıra sayılarının da artırılması gün geçtikçe büyük önem kazanmaktadır.

Kontrollü koşullarda kurutmanın gerçekleştirilmesi için kurutulacak materyalin kuruma parametrelerinin belirlenmesi gereklidir. Ancak ülkemizde özellikle kükürtlenerek kurutulan kayıslar için yeterli veri

bulunmamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada Hacihaliloğlu çeşidi kayısının, laboratuvar tipi bir kurutucuda kuruma kinetiğini incelemek amacıyla, kükürtlenmiş ve kükürtlenmemiş kayısılar, 3 farklı kurutma havası sıcaklığı ve kurutma havası hızında kurutulmuş, ürünlerin kuruma davranışı ve kurutma koşullarının efektif difüzyon katsayısına etkisi ortaya konulmaya çalışılmıştır.

MATERYAL VE METOD



- | | | | | | |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------------------|---|--------------------|-----------------------------|
| 1. Fan | 3. Difüzör | 5. Varyatör | 7. Sıcaklık Ölçü ve Kontrol Cihazı | 9. Kurutma Bölgesi | 11. İzolasyon |
| 2. Damper Mekanizması | 4. Isıtıcı (4 × 1000 W) | 6. Bağıl Nem Ölçü ve Kontrol Cihazı | 8. Sıcaklık, Hız ve Bağıl Nem Ölçüm Noktaları | 10. Sepet | 12. Hava hızı ayarlama kolu |

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 3 ana üniteden 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.

Laboratuvar Kurutucusu ve Kurutma Materyali

Bu çalışmada, Malatya Bölgesi'nde yetiştirilen kayıslardan Hacihaliloğlu çeşidi kayısı örnekleri 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 görülmektedir.

Denemeler

Denemelerde hava sıcaklığı olarak 70 °C, 75 °C ve 80 °C, hava hızı olarak 1.0 m/s, 2.0 m/s ve 3.0 m/s alınmış, kayısı örnekleri oldukları gibi hiçbir ön işlem uygulanmadan ve kükürtleme işlemine tabi tutulduktan sonra kurutulmuşlardır (Aybers 1958, Barbanti ve ark. 1985, Eissen ve ark. 1985, Cemeröğlu ve Acar 1986, Yağcıoğlu 1999). Deneysel verilerden hareketle zamanla nem içeriğindeki değişim incelenmiştir. Ayrıca sıcaklığın, kuruma hızına ve efektif difüzyon katsayısına etkisi belirlenmiştir.

Ürünlerin son nem içerikleri, ürünün kurutma fırınında sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilmesi ile belirlenmiştir (Yağcıoğlu, 1999). Hava hızı testo-term marka elektronik hava hızı ölçme cihazı ile ± 0.1 m/s, kurutma havası sıcaklığı ise 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 gram doğrulukla ölçülmüştür.

Kükürtleme İşleminin Yapılması

Kükürtleme işlemine tabi tutularak kurutulacak kayısı örnekleri, hasat edildikten sonra "İslim" denilen

kükürtleme odasında, kerevetler üzerine tek tek dizilerek kükürtleme işlemine tabi tutulmuşlardır. Kükürtleme işlemi, kayısların daha uzun süre bozulmadan muhafaza edilebilmesi amacıyla genel olarak 1 ton kayısı için 2 kg kükürt (SO₂) yakılarak yapılmaktadır. Ürünler odaya koyulduktan sonra, kükürt soba üzerinde bir çinko kap içerisinde yakılarak, kapı kapatılmış ve 2 tekrarlı olmak üzere yaklaşık 8-12 saat süreyle bekletilerek kükürtlenmişlerdir. Kükürtlenen ürünler daha sonra kurutma laboratuvarında denemeye alınmışlardır (Gökçe 1970)

Difüzyon katsayısının belirlenmesi

Nem difüzyonunun açıklanması için genellikle Fick'in II. Yasası kullanılmaktadır;

$$\frac{\partial m}{\partial t} = D_{eff} \nabla^2 m$$

Eşitlikte; m nem içeriği (k.b.), t süre (s) ve D_{eff} nem difüzyonudur (m²/s). Gıda ürünlerinin tek boyutlu oldukları ve ilk nem içeriklerinin ürün içerisinde üniform olarak dağıldığı varsayılmaktadır. Ayrıca, Çizelge 1. Denemelerde Kullanılan Havanın Isıtma Öncesi ve Sonrası Belirlenen Bazı Psikometrik Özellikleri

Ürün	Kurutma Hava Sıcaklığı (°C)	Ortam Hava Sıcaklığı		Kurutma Hava Sıcaklığı	
		t _k (°C)	φ	t _k (°C)	φ
Kükürtlenmemiş Kayısı	70				
	75	29.5	36.8	75	3,6
	80	28.8	29.4	80	2,9
Kükürtlenmiş Kayısı	70	28.7	36.8	70	5,3
	75	29.0	39.7	75	4,9
	80	28.6	26.8	80	2,9

t_k: Kuru termometre sıcaklığı , φ: Bağıl nem

Hava sıcaklığının etkisi

Kurutmada kullanılan havanın sıcaklığının artışı, hem kükürtlenmiş hem de kükürtlenmemiş kayısların kuruma hızı üzerinde gözle görülebilir bir oranda artışa neden olmakta ve kayısların kuruma süreleri kurutma havası sıcaklığı artışına paralel olarak azalma göstermektedir. Bu durum Şekil 2' de görülmektedir. Sıcaklığın artışıyla ortaya çıkan bu etkiyi, sıcaklık artışının doğal bir sonucu olarak kurutma havası bağıl neminin düşmesine bağlayabiliriz. Çizelge 1 'de verilen kurutma havası koşulları ile ilgili değerler incelenecek olursa hava sıcaklığının artışına karşılık havanın bağıl nem değerlerinde azalma görülmektedir. 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). Ayrıca, yüksek sıcaklıklarda maddedeki suyun daha yüksek buhar basıncı göstermesi ve buharlaşma derecesinin artması yüksek sıcaklıkta daha yüksek kuruma hızının görülmesine neden olmaktadır.

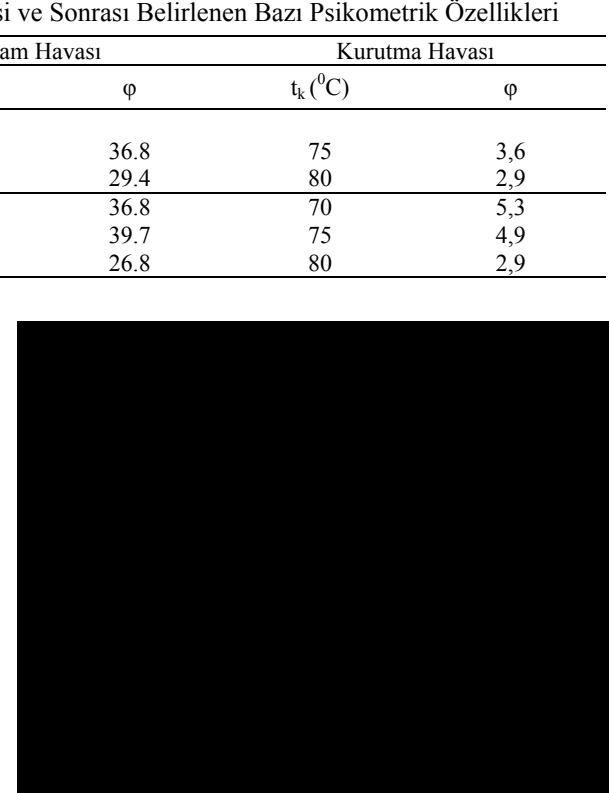
işsel su hareketinin olduğu, kurutma süresince büzülmenin olmadığı ve dış ve iç ısı transferinin etkisinin ihmal edildiği kabul edilmiştir. Bu durumda gerekli sadeleştirmeler yapıldıktan sonra Fick yasası küresel materyal için;

$$\frac{M}{M_o} = \frac{6}{\pi^2} \exp \left(- \frac{\pi^2 D_{eff}}{r^2} t \right)$$

halini alır (Mujumdar, 2000). Eşitlikte; M, herhangi bir t anındaki nem içeriği, M₀, ilk nem içeriği, r ise materyalin yarı çapıdır. Zamana karşı ln (M/M₀) grafiğinin eğimi (π² D_{eff}/4 L²) değerine eşittir ve dilim kalınlığının bilinmesi ile her bir deneme koşulu için difüzyon katsayısı hesaplanabilmektedir (Doymaz ve ark., 2006)

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Denemelerde kükürtlenmiş ve kükürtlenmemiş kayısı örnekleri için kullanılan havanın ısıtma öncesi ve sonrası belirlenen bazı psikometrik özellikleri Çizelge 1.'de verilmiştir.



Şekil 2. 1.0 m/s hava hızında kurutulan kükürtlenmiş ve kükürtlenmemiş kayısların kurutma havası sıcaklığına bağlı olarak gösterdikleri % nem değişimi

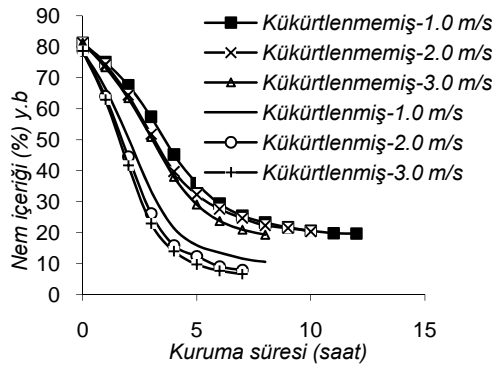
Hava hızının etkisi

Kuruma 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 kuruma 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 sınırlandığından, kurutma havası hızının yüksek olmasının önemli bir etkisi bulunmamaktadır (Ergüneş, 1990).

Kuruma havasının etkisi sabit 80 °C kuruma havası sıcaklığında kükürlenmiş ve kükürlenmemiş kayıslarda araştırılmıştır (Şekil 3). Bu koşullarda her iki kayısıda da en kısa kuruma süresine 3.0 m/s hava hızında en uzun kuruma süresine ise 1.0 m/s hava hızında ulaşılmıştır.



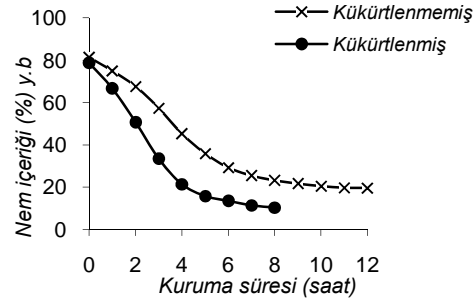
Şekil 3. 80 °C kurutma havası sıcaklığında kurutulan kükürlenmiş ve kükürlenmemiş kayısların kurutma havası hızına bağlı olarak gösterdikleri % nem değişimi

Kurutma Öncesi Uygulanan Ön İşlemin Kayısların Kuruması Üzerine Etkisi

Kurutma denemelerinde kayısı örnekleri ya oldukları gibi herhangi bir işleme tabi tutulmadan, ya da daha önce belirtildiği şekilde kükürtleme işlemine tabi tutulduktan sonra kurutulmuşlardır. 80 °C kurutma havası sıcaklığı ve 1.0 m/s hava hızı şartlarında, kükürlenmiş ve kükürlenmemiş kayısı örneklerinin zamana bağlı olarak gösterdikleri % nem değişimi Şekil 4. de görülmektedir.

Şekilin incelenmesinden görüleceği üzere kükürtleme işlemi kuruma hızında gözle görülebilir bir artışa sebep olmuştur. Örneğin, kükürlenmiş kayısı örneklerinde % 20 neme ulaşmak için gerekli süre 4 saat iken, bu süre kükürlenmemiş kayısı örneklerinde 2.5 kat artarak 10 saate ulaşmaktadır. Riva ve Peri (1986)

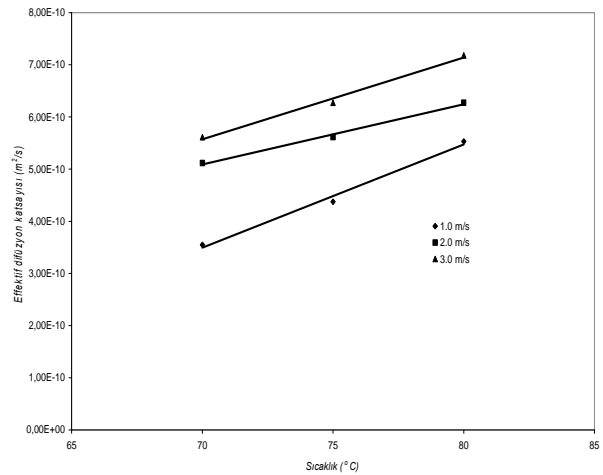
,Eissen ve ark.(1985), Saravacos ve ark.(1988) , Mahmutoğlu ve ark. (1996), Pala ve ark. (1996)'de çalışmalarında, benzer sonuçlara ulaşmışlardır.



Şekil 4. 80 °C kurutma havası sıcaklığı ve 1.0 m/s hava hızında kurutulan kükürlenmiş ve kükürlenmemiş kayısı örneklerinin zamana bağlı olarak gösterdikleri % nem değişimi

Sıcaklığın difüzyon katsayısına etkisi

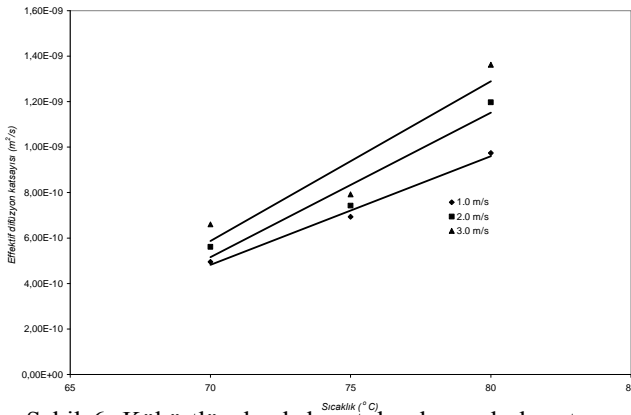
Kükürtlü ve kükürtsüz olarak kurutulan kayısı örneklerinde her bir kurutma havası sıcaklığı ve hızı için ayrı ayrı difüzyon katsayısı hesaplanmıştır. Etketif difüzyon katsayısı değerleri Kükürtsüz olarak kurutulan kayıslarda $3,549 \times 10^{-10}$ ile $7,180 \times 10^{-10}$ m²/s arasında, kükürlenerek kurutulan kayıslarda ise $4,952 \times 10^{-10}$ ile $1,362 \times 10^{-9}$ arasında değişmiştir. Etketif difüzyon katsayısının sıcaklık ile değişimi Şekil 5 ve 6'da verilmiştir



Şekil 5. Kükürtsüz olarak kurutulan kayısıda kurutma havası sıcaklığının efektif difüzyon katsayısının değişimine etkisi.

Şekil 5 ve 6'da görüldüğü gibi kurutma havası sıcaklığının artmasıyla birlikte gerek kükürlenerek gerekse kükürlenmeden kurutulan kayıslarda efektif difüzyon katsayısı değerleri artmaktadır. Bu durum, yüksek sıcaklık değerlerinde ürün içerisindeki nemin daha kolay buharlaşması ve kuruma hızının artmasıyla açıklanabilir. Dikkat edilecek bir nokta ise kükürlenerek kurutulan kayıslarda efektif difüzyon

katsayısı değerlerinin, kükürtlenmeden kurutulan kayıslara kıyasla daha büyük çıkmasıdır. Bu durumu kükürtleme işleminin kuruma hızını artırıcı etkisine bağlayabiliriz.



Şekil 6. Kükürtlü olarak kurutulmuş kayısıda kurutma havası sıcaklığının efektif difüzyon katsayısının değişimine etkisi.

SONUÇ

Elde edilen sonuçlara göre, Ülkemiz için büyük ticari önemi olan kayısılarının kurutma öncesi kükürtleme işlemine tabi tutularak kurutulması sonucu kuruma hızları artmakta ve bunun sonucu olarak ürünlerin kuruma süresi kısalmaktadır. Ayrıca, artan kurutma havası sıcaklığı ve hızının hem kuruma hızını hem de efektif difüzyon katsayısını arttırdığı görülmüştür

KAYNAKLAR

- Anonymous, 2004. Tarımsal Yapı (Üretim, Değer, Fiyat). www.die.gov.tr
- Aybers, N., 1958. Üzümlerin Suni Kurutulması. İ.T.Ü. Makine Fakültesi Isı Tekniği ve Ekonomisi, Araştırma Kurumu, Bülten No: 1, İstanbul
- Barbanti, D., Mastrocola, D., Pizzarani, S., 1985. Air Drying Of Plums Influence Of Some Process Parameters on the Specific Drying Kinetics. Sciences-des-Aliments 15-1, 19-29. 14 ref., İtaly
- Cemeroğlu, B., Acar, J., 1986. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği, Yayın No: 6, Ankara
- Doymaz, İ., Tuğrul, N., Pala, M.; 2006. Drying characteristics of dill and parsley leaves. Journal of Food Engineering, 77, 559-565.

Eissen, W., Muhibauer, W., Kutzbach, H.D., Kirchner, E., 1985. Einfluss der Temperatur der Trocknungsluft der Luftgeschwindigkeit und der Chemischen Vorbehandlung Auf das Trocukungserhalten von Trauben. Grundlagen der and Technik 35 (2), pp.33-39

Ergüneş, G., 1990. Çekirdeksiz Üzümün Kuruma Karakteristiklerinin Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma. E.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü. Yayınlanmamış Doktora Tezi, İzmir.

Gezer, İ., 2005. Kayıscılıkta Mekanizasyon. Medipress Matbaacılık Yayıncılık Ltd.Şti. Malatya

Gökçe, K., 1970. Kayısların Kükürtlenmeleri ve Kurutulmaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 405, Ankara.

Mahmutoğlu, A., Pala, M., Ünal, M., 1996. Mathematical Modelling of Moisture Volume and Temperature Changes During Drying of Pretreated Apricots. Journal of Food Processing and Preservation, 19 (6).

Mujumdar, A.S., 2000. Drying Technology in Agriculture and Food Sciences. Science Publishers, Inc., USA and UK

Pala, M., Mahmutoğlu, T., Saygı, B., 1996, Effects of Pretreatments on the Quality of Open-Air on Solar Dried Apricots. Nahrung, 1996, 40(3), 137.

Riva, M., Peri, C., Lovina, R., 1986. Effects of Pretreatments on Kinetics of Grapes Drying. Food Engineering and Process Applications, El Sevier Appl.si. Pub.Ltd.pp. 461-472 Barking, England.

Saravacos, G.D., Marousis, S.N., Raouzeos, G.S., 1988. Effects of Ethyl Oleate on the Rate of Air Drying of Food. Journal of Food Engineering 7 (1988), pp.263-270.

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.