

## Ayçiçeği Tanesinin Nem Absorbsiyon Özelliklerinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma

B. Kayıoğlu

M. Esen

Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü, Tekirdağ

Bu çalışmada 10, 20, 30, 40 ve 50 °C su sıcaklıklarında, zamana karşı ağırlık artışı kayıtlarıyla, ayçiçeği tanesinin su absorpsiyonu belirlenmiştir. Tanenin nem artışı ile suda kalma zamanı arasında 10, 20 30, 40 ve 50 °C su sıcaklıklarında sırasıyla,  $M = M_0 + 0.0315 t^{0.3973}$ ;  $M = M_0 + 0.0443 t^{0.3495}$ ,  $M = M_0 + 0.0419 t^{0.4056}$ ;  $M = M_0 + 0.0884 \ln t - 0.0823$ ;  $M = M_0 + 0.0838 \ln t - 0.0382$  ilişkileri bulunmuştur. Beckers Modeline göre belirlenen nem difüzyon katsayıları  $3.5264 \times 10^{-2}$  ve  $9.3187 \times 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/h arasında değişmiştir. Aktivasyon Enerjisi 18196 kJ/kg.mol.K olarak hesaplanmıştır. Arrhenius Eşitliğine göre difüzyon katsayısı ile mutlak sıcaklık arasında  $D = 74.056 e^{-2188.5/T}$  ilişkisi olduğu saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler :** Difüzyon, Aktivasyon Enerjisi, Arrhenius Eşitliği, Beckers Modeli

### A Research on Determination of Moisture Absorption Properties of Sunflower Seed

Water absorption by sunflower seed in plain water was determined at 10, 20, 30, 40 and 50 °C by recording the weight increase in grain with respect to time. The relationships between moisture gain of seed and soaking time were  $M = M_0 + 0.0315 t^{0.3973}$ ;  $M = M_0 + 0.0443 t^{0.3495}$ ,  $M = M_0 + 0.0419 t^{0.4056}$ ;  $M = M_0 + 0.0884 \ln t - 0.0823$ ;  $M = M_0 + 0.0838 \ln t - 0.0382$  at 10, 20, 30, 40 and 50 °C respectively. The soaking data were fitted in Becker's model to determine the moisture diffusivity which was found to vary from  $3.5264 \times 10^{-2}$  to  $9.3187 \times 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/h. The energy of activation of sunflower seed was found to be 18196 KJ/kg.mol.K. The relationship between moisture diffusivity and reciprocal of absolute temperature followed the Arrhenius equation as  $D = 74.056 e^{-2188.5/T}$ .

**Keywords :** Diffusion, Arrhenius Equation, Activation Energy, Becker's Model,

### Giriş

Ayçiçeği dünyada ve ülkemizde önemli yağ bitkilerinden biri olup, ülkemizde çoğunlukla yağlık olarak yetiştirilir. Dünya ayçiçeği üretimi son yıllarda 23 milyon ton civarında olup, Türkiye üretimde ve ekim alanlarında ilk on ülke arasında yer almaktadır. Ülkemizde yağlık ayçiçeği üretimi, genelde Trakya-Marmara Bölgesinde yoğunlaşmıştır. İç ve Doğu Anadolu Bölgelerinde ise genellikle çerezlik üretim yapılmaktadır.

Ülkemiz yağlık ayçiçeği ekim alanları son yıllarda iklim koşullarına ve uygulanan fiyat politikalarına bağlı olarak 500-600 bin ha, üretimi de 600-850 bin ton civarında değişmektedir. Ayçiçeği üretiminin %75.9'u ise Trakya-Marmara Bölgesinde gerçekleştirilmektedir. Ayçiçeği ekim alanları,

mekanizasyona en uygun bitki olması ve fazla işgücü gerektirmemesi nedeniyle, değişik yörelerde yıldan yıla artmaktadır.

Taneli ürünlerin gerek havada gerekse su içerisinde nem alım özellikleri, onların bilinmesi gereken en önemli fiziksel özelliklerinin başında gelmektedir. Bu özelliğin bilinmesi, ürünün su ile temasını gerektiren yıkama, kurutma, pişirme gibi işlemlerde önemlidir. Bu amaçla, bir çok taneli ürünün su içindeki ve havadaki nem difüzyonu ile ilgili araştırma yapılmış, Peleg's Model, Becker's Model gibi çeşitli modeller geliştirilmiştir (Verma ve Prasad, 1999).

Kang ve Delwiche (1999), izotermal koşullarda, sonlu eleman difüzyon modeliyle, buğdayın su içinde nem alımının difüzyon

katsayılarını saptamışlardır. Dokuz farklı buğday çeşidi kullanılan çalışmada, oda koşullarında (22 °C sıcaklık ve %65 bağıl nem), her 15 dakikada nem ölçümü yapmak suretiyle, toplam 240 dakika suda bekletilen buğdaylarda difüzyon katsayıları, endospermde  $0.46 \times 10^{-10}$  ile  $1.4 \times 10^{-10}$  m<sup>2</sup>/s; pericarpa  $0.042 \times 10^{-10}$  ile  $0.42 \times 10^{-10}$  m<sup>2</sup>/s olarak bulunmuşlardır.

Tagawa vd (2003), buğday ve arpanın su içerisinde su absorpsiyon özelliklerini 5 farklı sıcaklıkta (10,20,30,40,50 °C) belirlemişlerdir. Bu araştırmacılar difüzyon modelinin tahmini için doğrusal olmayan (non-linear) en küçük kareler yöntemini kullanmışlardır. Bu araştırmacılar sıcaklığa bağlı olarak difüzyon katsayılarını buğdayda  $1.1 \times 10^{-12}$  ile  $1.0 \times 10^{-11}$  m<sup>2</sup>/s, arpada  $3.5 \times 10^{-12}$  ile  $3.9 \times 10^{-11}$  m<sup>2</sup>/s arasında bulunmuşlardır.

Andrea vd (2003), horozibiği (amaranth grain) bitkisinin sudaki nem alımını etkileyen bazı faktörleri araştırmışlardır. 30, 40, 50 ve 60 °C sıcaklıklarda yaptıkları bu çalışmada, kürenin dış yüzeyindeki difüzyon için uygulanan 2. Fick yasasından yararlanarak, su absorpsiyon kinetiklerini belirlemişlerdir. Farklı solüsyonların kullanıldığı araştırmada, efektif difüzyon katsayıları  $2.63 \times 10^{-12}$  ile  $8.25 \times 10^{-12}$  m<sup>2</sup>/s arasında bulunmuştur.

Jaros vd (1992), buğdayın su içindeki difüzyon katsayısını hesaplamak için, buğdayı homojen bir küre olarak kabul etmişler ve difüzyon modeli geliştirmişlerdir.

Gowen vd (2005), soyulmuş nohutun su absorpsiyonu ve tekstür kinetiği üzerine yüksek sıcaklığın etkisini araştırmışlardır. 100 °C sıcaklığın üzerinde ve 1.5 dakika sürede soyulmuş nohutların hidrasyon ve tekstür özelliklerinde önemli değişiklikler gözlenmiştir.

Turhan vd (2002), nohutun su içerisinde nem absorpsiyonu özelliklerini saptamak için Peleg Modelini kullanmışlardır. Bu modele göre kısa süreli ölçümlerde 20-100 °C arası sıcaklıklarda  $M = M_o + \frac{t}{K_1 + K_2 t}$  eşitliğinin

kullanılabileceğini, ancak 40 °C'nin üstündeki sıcaklıklarda  $M = M_o + (1/K_1) t$  eşitliğinin kullanılmasının daha uygun olacağını belirtmişlerdir. Burada K<sub>1</sub>, Peleg oran sabiti; K<sub>2</sub>, Peleg kapasite sabiti, M<sub>o</sub> ise başlangıçtaki nem oranıdır.

Bello vd (2004), 25 °C ve 65 °C sıcaklıklar arasında su içerisinde çeltiğin efektif difüzyon

katsayısını, 2. Fick Yasasını uygulayarak hesaplamışlardır. Kabuklu, kabuksuz ve parlatılmış çeltikte yaptıkları araştırmada, difüzyon katsayılarını sırasıyla  $1.56 \times 10^{-11}$  ve  $7.20 \times 10^{-11}$ ;  $2.22 \times 10^{-11}$  ve  $8.22 \times 10^{-11}$ ;  $20.5 \times 10^{-11}$  ve  $47.0 \times 10^{-11}$  m<sup>2</sup>/s olarak bulunmuşlardır.

Verma ve Prasad (1999), mısırın 30 °C ve 90 °C su sıcaklıklarında nem difüzyonunu, Becker's modelini kullanarak saptamışlardır. Nem difüzyon katsayısı  $3.994 \times 10^{-8}$  ile  $40.967 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup>/h arasında, aktivasyon enerjisi ise 35069.55 kJ/kg.mol.K olarak bulunmuştur. Bu araştırmacılar nem difüzyonu ile mutlak sıcaklık arasında  $D = 0.040107e^{-4217.96/T_w}$  ilişkisini bulunmuşlardır. Su içerisinde nem alım miktarı ve zaman arasındaki ilişkiyi de araştıran araştırmacılar,

$m = 2.08717 \times 10^{-2} - 2.21315 \times 10^{-4} T_w + 2.0416 \sqrt{\theta e^{-4217.96/T_w}} + m_o$  ilişkisini bulunmuşlardır.

Bu çalışmada, ayçiçeği tanesinin farklı sıcaklıklarda, su içerisindeki nem difüzyonu özellikleri Becker modeline uygunluk yönünden araştırılmış ve bu sıcaklıklarda nem artışı ile suda bekleme zamanları arasındaki ilişki, difüzyon katsayıları ile aktivasyon enerjisinin hesaplanması amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Denemelerde Meriç 2002 çeşidi Ayçiçeği tohumu kullanılmıştır. Bu tohumun 1000 tane ağırlığı 62.5 gramdır.

Tartımların yapılması amacıyla AND GF-600 tipi ve 1/1000 hassasiyete sahip, elektronik, dijital tartı cihazı kullanılmıştır.

Ayrıca, suyu sabit sıcaklıklarda tutmak amacıyla MAAKE WB20 Marka su banyosu kullanılmıştır.

*Ayçiçeği tanesinin yüzey alanı ve hacminin hesaplanması*

Bu amaçla 100 adet ayçiçeği tanesi kırılarak kabukları açılmış ve tarayıcıda taranarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Ortalama yüzey alanı, geliştirilen bir bilgisayar programı yardımıyla hesaplanmıştır (Kuşçu ve Kayıoğlu, 2004).

Tane hacmi, sıvı (toluen) içerisine bırakılan tanelerin yer değiştirdikleri sıvının ağırlığı esasına göre hesaplanmıştır (Lewis, 1996). Bu amaçla 3 tekrarlı olarak 50 ayçiçeği tanesi kullanılmış ve ortalama hacim ağırlığı bulunmuştur.

### Ayçiçeği Tanelerinin Nem İçeriklerinin Saptanması

Ayçiçeği tanesinin başlangıçtaki nem içeriği, kuru baz esasına göre 103 °C'de 24 saat fırında kurutma yöntemiyle bulunmuştur (Verma ve Prasad, 1999)

### Su İçerisinde Nem Absorbsiyonunun Saptanması

Ayçiçeği tanelerinin su içindeki absorpsiyon davranışlarını saptamak amacıyla, önceden nem içerikleri saptanan 15 g ağırlığındaki örnekler, 3 tekrarlı olarak 180 dakika süreyle saf su içine bırakılmış ve 10 dakika aralıklarla bu örnekler sudan çıkartılarak, dış yüzeylerindeki su kalıntılarının temizlenmesi amacıyla, kağıt havlu içerisinde durulandıktan sonra tartılmışlardır. Bu işlemler, su sıcaklığının nem absorpsiyonu üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla, 10 °C, 20 °C, 30 °C, 40 °C ve 50 °C su sıcaklıklarında yapılmıştır. (Verma ve Prasad, 1999; Kang ve Delwiche, 1999; Abu-Ghannam ve McKenna, 1977)

Yapılan ön ölçümlerde tanelerin ilk 10 dakika içerisindeki nem alım oranları çok yüksek bulunmuştur. Bu nedenle, nem difüzyon hızının ilk 10 dakikada hesaplanmasının daha doğru olacağı sonucuna varılmıştır. Bu amaçla ayrıca her sıcaklık değerinde, 3 tekrarlı olarak, 10 dakika içerisinde 2 dakika aralıklarla ağırlık ölçümleri yapılmıştır.

180 dakika sürede yapılan ölçümler ile su sıcaklıklarına bağlı olarak nem absorpsiyon miktarı ve zamanla olan ilişkiler araştırılmış, 10 dakika sürede yapılan ölçümler ile difüzyon katsayıları saptanmıştır.

### Nem Absorbsiyonu ve Suda Tutulma Zamanı Arasındaki İlişkinin Saptanması

Örneklerin başlangıçtaki nem oranları ve ağırlıklarına bağlı olarak, ölçüm aralıklarındaki nem oranları aşağıdaki bağıntıyla bulunmuştur;

$$M_i = \frac{W_i - W_o \cdot (1 - M_o)}{W_i}$$

Burada;

$M_i$  : i. inci ölçüm zamanındaki nem oranı (%)

$W_i$  : i. inci ölçüm zamanındaki ağırlık (g)

$W_o$  : Başlangıçtaki ağırlık (g)

$M_o$  : Başlangıçtaki nem oranı (%)

Bu işlemten sonra tanenin başlangıçtaki nem düzeyine bağlı olarak, nem kazanım miktarı ( $M_i - M_o$ ) ile suda tutulma zamanı (t)

arasındaki ilişki, 5 farklı sıcaklık değerinde, araştırılmıştır. (Bello vd, 2004)

### Difüzyon Katsayısının Saptanması

Bu amaçla, moleküler difüzyonda Fick's yasasının uygulandığı matematik model kullanılmıştır. (Becker, 1960; Crank, 1975; Verma ve Prasad, 1999)

Bu modelde difüzyon katsayısı aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmaktadır

$$D = \left[ \alpha_b \sqrt{\pi} / 2(m_s - m_o)(s/v) \right]^2 \quad \alpha_b = (m_s - m_o) / \sqrt{t}$$

Burada;

D : Difüzyon katsayısı ( $m^2/s$ )

$m_s$  : Son nem oranı

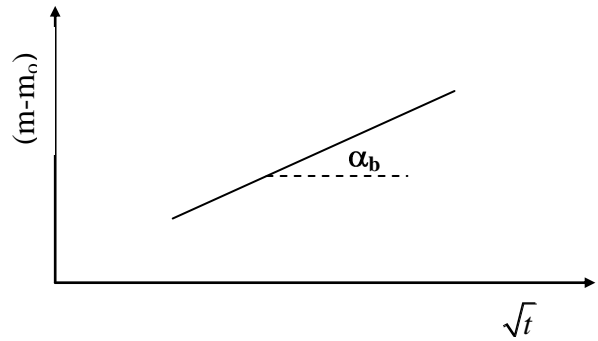
$m_o$  : Başlangıçtaki nem oranı

s : Tane yüzey alanı ( $m^2$ )

v : Tane hacmi ( $m^3$ )

t : Absorpsiyon zamanı (s)

$\alpha_b$  katsayısı, her bir sıcaklık değerinde ( $m - m_o$ ) değerlerine karşılık  $\sqrt{t}$  değerlerinin oluşturduğu doğrusal hattın eğimi olarak bulunmaktadır.



Şekil 1.  $\alpha_b$  katsayısının bulunması

Figure 1. Determination of coefficient of  $\alpha_b$

### Difüzyon Katsayısının Sıcaklıkla Değişimi ve Aktivasyon Enerjisinin Hesaplanması

Difüzyon katsayısının sıcaklıkla ilişkisini saptamak amacıyla Arrhenius tipi ilişki araştırılmıştır (Verma ve Prasad, 1999);

$$D = A_o \cdot e^{-E/R.T}$$

Burada;

D : Difüzyon katsayısı ( $m^2/s$ )

$A_o$  : Katsayı

E : Aktivasyon enerjisi (J/kg mol K)

R : Ünlversal Gaz Sabiti (8314.34 J/kg mol K)

T : Mutlak Sıcaklık (K)

Eşitlikteki katsayıları bulmak amacıyla herbir sıcaklıktaki difüzyon katsayıları ile 1/T ilişkisinin oluşturduğu eğrinin üssel modeli

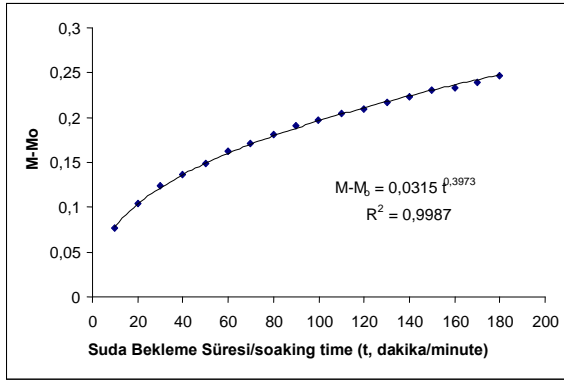
bulunmuştur ( $y=a.e^{bx}$ ). Bu modelden elde edilen katsayılar yardımıyla aktivasyon enerjisi bulunmuştur ( $E = |b|x R$ ).

### Araştırma Sonuçları

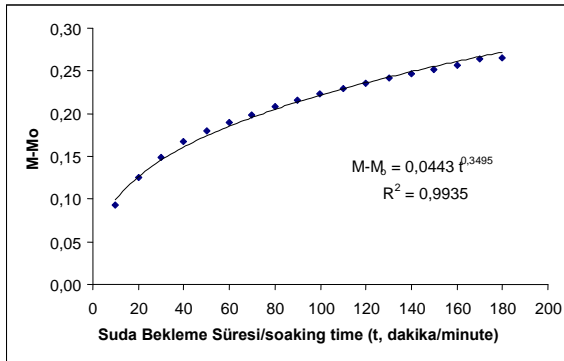
#### Nem Artış Oranı ile Suda Bekleme Süresi Arasındaki İlişki

5 farklı sıcaklık değerinde yapılan çalışmada elde edilen ilişki modelleri grafikler halinde sunulmuştur. 10 °C, 20 °C ve 30 °C su sıcaklıklarında, suda bekleme süresi ve nem artışı arasında en yüksek ilişki üssel modelde elde edilmiştir (Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4);

40 °C ve 50 °C su sıcaklıklarında ise suda bekleme süresi ve nem alımı arasındaki ilişkilerde en uygun model logaritmik model olarak bulunmuştur (Şekil 5, Şekil 6).

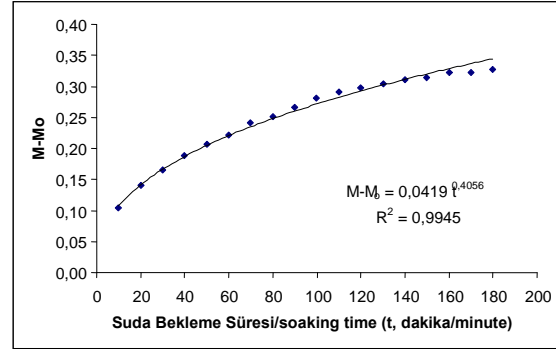


Şekil 2. 10 °C Sıcaklıkta Suda Bekleme Süresi ile Nem Alımı Arasındaki İlişki  
Figure 2. The relationship between soaking time and absorption at 10 °C

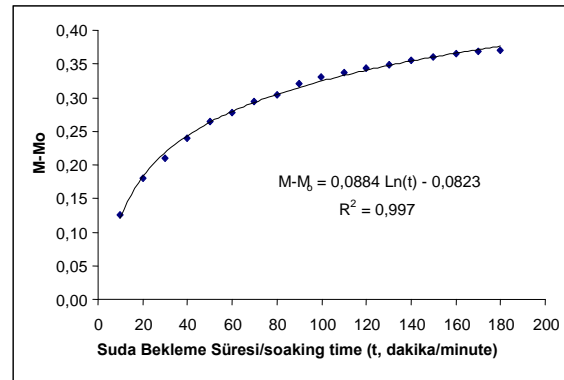


Şekil 3. 20 °C Sıcaklıkta Suda Bekleme Süresi ile Nem Alımı Arasındaki İlişki  
Figure 3. The relationship between soaking time and absorption at 20 °C

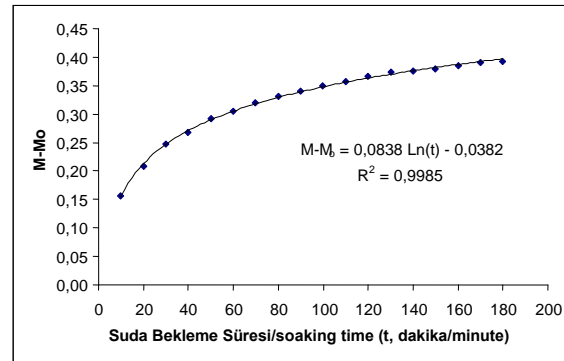
5 farklı sıcaklıkta elde edilen ilişki modelleri Tablo 1'de verilmiştir. Tablodan da görüleceği gibi elde edilen modellerin



Şekil 4. 30 °C Sıcaklıkta Suda Bekleme Süresi ile Nem Alımı Arasındaki İlişki  
Figure 4. The relationship between soaking time and absorption at 30 °C



Şekil 5. 40 °C Sıcaklıkta Suda Bekleme Süresi ile Nem Alımı Arasındaki İlişki  
Figure 5. The relationship between soaking time and absorption at 40 °C



Şekil 6. 50 °C Sıcaklıkta Suda Bekleme Süresi ile Nem Alımı Arasındaki İlişki  
Figure 6. The relationship between soaking time and absorption at 50 °C

korelasyon katsayıları oldukça yüksek bulunmuştur.

Tablo 1. Farklı Sıcaklıklarda Elde Edilen İlişki Modelleri  
Table 1. Relationship models obtained at different temperatures

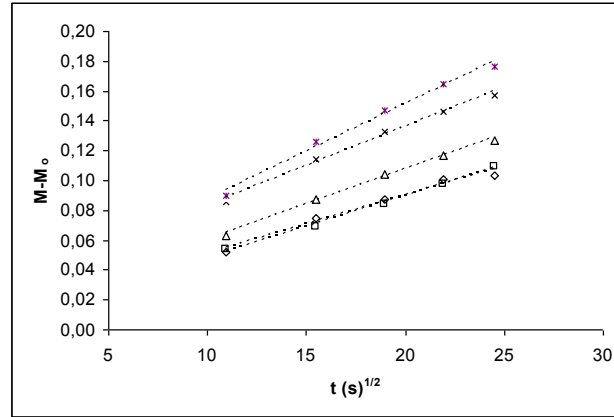
Su Sıcaklığı/ water temp(°C)	Model	Eşitlik/equality	Korelasyon Katsayısı/ correlation coefficient (r)
10	Üssel/exponent.	$M = M_0 + 0.0315 t^{0.3973}$	0.9993
20	Üssel/exponent.	$M = M_0 + 0.0443 t^{0.3495}$	0.9967
30	Üssel/exponent.	$M = M_0 + 0.0419 t^{0.4056}$	0.9972
40	Logaritmik	$M = M_0 + 0.0884 \ln t - 0.0823$	0.9985
50	Logaritmik	$M = M_0 + 0.0838 \ln t - 0.0382$	0.9992

$M$  :  $t$  zamanındaki nem oranı/absorption ratio on  $t$  time;  $M_0$  : Başlangıçtaki nem oranı/ absorption time beginning;  $t$  : Suda bekleme süresi, dakika/soaking time, minute

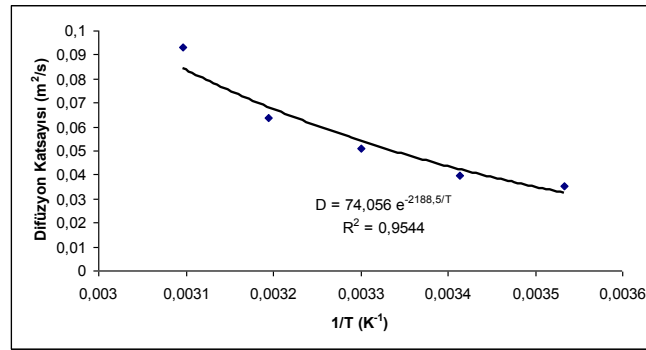
#### Difüzyon Katsayıları

Difüzyon katsayılarının hesaplanması için kullanılan, ayçiçeğinin ortalama yüzey alanı  $0.7045 \text{ cm}^2$ , ortalama hacmi  $0.0769 \text{ cm}^3$  olarak bulunmuştur.

İlk 10 dakikada 2'şer dakika aralıklarla ölçülen değerlerle, 5 farklı sıcaklıkta hesaplanan difüzyon katsayıları Tablo 2'de verilmiştir. Difüzyon katsayıları  $3.5264 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{h}$  ile  $9.3187 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{h}$  arasında değişmiştir.



Şekil 7. Su alım miktarı ve suda kalma zamanının kare kökü arasındaki ilişki  
Figure 7. The relationship between absorption and square root of soaking time



Şekil 8. Difüzyon Katsayısı ve 1/T ilişkisi  
Figure 8. The relationship between diffusion coefficients and 1/T

Tablo 2. Su alım miktarı ve suda kalma zamanının kare kökü arasındaki doğrusal ilişkilerden elde edilen katsayılar ve hesaplanan difüzyon katsayıları

Table 2. Obtained coefficients from linear relationships between absorption and soaking time and calculated diffusion coefficients

Su Sıcaklığı/ Water temp(°C)	$\alpha_c$ ( $\times 10^{-3}$ )	İntercept ( $\times 10^{-3}$ )	Korelasyon Katsayısı/ correlation coefficient (r)	Difüzyon Katsayısı/ diffusion coeff. ( $\times 10^{-5}$ ) ( $m^2/s$ )	Difüzyon Katsayısı/ diffusion coeff. ( $\times 10^{-2}$ ) ( $m^2/h$ )
10	3,9218	11,878	0,9864	0,97955	3,5264
20	4,1722	6,0190	0,9975	1,1086	3,9911
30	4,7141	12,856	0,9980	1,4153	5,0952
40	5,2746	30,299	0,9960	1,7719	6,3788
50	6,3753	2,3740	0,9950	2,5885	9,3187

Su sıcaklıkları ile Difüzyon Katsayısı arasındaki ilişki ve Aktivasyon enerjisi

Difüzyon katsayısının sıcaklıkla ilişkisini saptamak amacıyla, difüzyon katsayıları ile 1/T (Kelvin) arasındaki üssel ilişkinin (Arrhenius tipi) modeli saptanmıştır (Şekil 8). Bu modelde oldukça yüksek bir korelasyon katsayısı elde edilmiştir ( $r = 0.9769$ ).

$$D = 74.056 e^{-2188.5/T}$$

Burada;

D : Difüzyon Katsayısı ( $m^2/s$ )

T : Su sıcaklığı (K)

Bu modelden elde edilen b katsayısı yardımıyla aktivasyon enerjisi bulunmuştur ( $E = |b| \times R$ ). Yukarıdaki eşitlikte  $b = -2188.5$  bulunmuştur. Ünlversal gaz sabiti  $R=8314.34$  J/kg mol K olarak alındığında; Aktivasyon Enerjisi,  $E=18196$  KJ/kg.mol.K olarak hesaplanmıştır.

## Sonuç

Bu çalışmada ayçiçeği tanesinin suda bekleme zamanına bağlı olarak nem artışının bütün su sıcaklıklarında aynı modele uymadığı görülmüştür. 10, 20 ve 30 °C su sıcaklıklarında bu ilişki üssel bir karakter gösterirken, 40 ve 50 °C sıcaklıklarda logaritmik olmuştur. Bu durum, su sıcaklığındaki artışın ayçiçeği kabuğunda bazı fiziksel değişimler yapmış olmasından kaynaklanabilir.

Farklı sıcaklıklarda hesaplanan difüzyon katsayıları, diğer taneli ürünlere göre oldukça yüksek, aktivasyon enerjisi ise daha düşük olmuştur. Bu anlamda suda nem difüzyonu diğer taneli ürünlere göre daha hızlı gerçekleşmekte ve difüzyonun başlayabilmesi için gerekli olan aktivasyon enerjisi de daha az olmaktadır.

## Kaynaklar

- Abu-Ghannam,N.,McKenna, B., 1977. *The application of peleg's equation to model water absorption during the soaking of redkidney beans (Phaseolus vulgaris L.)*. Journal of Food Engineering, 32, 391-401
- Andrea,N.C.R.;R.J.,Aguerre;C.,Suarez,2003. *Study of some factors affecting water absorption by amaranth grain during soaking*, Journal of Food Engineering, 60(2003), 391-396
- Becker,H.A.,1960. *On the absorption of liquid by the wheat kernel*, Cereal Chemistry, 37(3), 309-323
- Bello,M.;M.B.,Tolaba;C.,Suarez,2004. *Factors affecting water uptake of rice grain during soaking*, Lebensm.-Wiss.u.-Technol.37(2004), 811-816
- Crank, J., 1975. *The mathematics of diffusion*, New York, N.Y.: Oxford University Press.

- Gowen, A.; N., AbuGhannam; J., Firas; J., Oliveira, 2005. *Modeling the water absorption process in chickpeas (Cicer arietinum)-The effect of blanching pre-treatment on water intake and texture kinetics*, Journal of Food Engineering, (Article in Press), accepted 17 November 2005.
- Jaros, M.; S. Cenkowski; D. S., Jayas; 1992. *A method of determination of the diffusion coefficient based on kernel moisture and its temperature*, Drying Technology, 10(1):213-222
- Kang, S. and S. R., Delwiche, 1999. *Moisture diffusion modeling of wheat kernels during soaking*, Transactions of the ASAE, Vol.42(5), 1359-1365.
- Kuşcu, H.; B., Kayıoğlu, 2004. *Computer aided calculation of the selected areas in an image*, EE&AE'2004- International Conference, Rousse, Bulgaria.
- Lewis, M. J., 1996. *Physical properties of foods and food processing systems*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England.
- Tagawa, A.; Y. Muramatsu, T., Nagasuna; A., Yano; M., Imoto; S., Murata, 2003. *Water absorption characteristics of wheat and barley during soaking*, Transactions of the ASAE, Vol.46(2), 361-366.
- Turhan, M.; S., Sayar; S., Gunasekaran, 2002. *Application of peleg model to study water absorption in chickpea during soaking*, Journal of Food Engineering, 53(2002), 153-159.
- Verma, R. C.; S. Prasad, 1999. *Kinetics of absorption of water by maize grains*, Journal of Food Engineering, 39(1999), 395-400