

Kolzanın Isısal Özelliklerinin Belirlenmesi

H. Kocabıyık

D. Tezer

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Çanakkale

Bu çalışmada, farklı nem içeriklerine sahip kolza (*Brassica napus L.*) tohumlarının özgül ısı, ısı iletim katsayısı ve ısı yayılım katsayıları saptanmıştır. Ayrıca, ürünün nem içeriğindeki değişimin bu ısısal özellikler üzerindeki etkisi de araştırılmıştır. %7.31 ile %37.6 nem aralıklarında yapılan bu ölçümlerde, kolza tohumunun özgül ısı 2.10 ile 3.12 kJ/kg K; ısı iletim katsayısı 0.214 ile 0.292 W/m K ve ısı yayılım (Termal Difüzyon) katsayısı 1.486×10^{-7} ile 1.633×10^{-7} m²/s arasında değişmiştir. Kolza tohumunun özgül ısı ve ısı iletim katsayıları, nem oranı arttıkça, önemli ölçüde artarken, ısı yayılım (Termal Difüzyon) katsayısı ile nem oranı arasında önemli bir ilişki bulunamamıştır.

Anahtar kelimeler: Kolza, özgül ısı, ısı iletim katsayısı, ısı yayılım katsayısı

Determination of Thermal Properties of Rapeseed

In this study specific heat, thermal conductivity and thermal diffusivity of rapeseed (*Brassica napus L.*) were determined at different moisture contents. Also, effects of change in moisture content of the product on these thermal properties were investigated. In these measurements conducted in the moisture content range of 7.31%-37.6%, specific heat, thermal conductivity and thermal diffusivity of rapeseed ranged from 2.10 to 3.12 kJ/kg K, from 0.214 to 0.292 W/m K and from 1.486×10^{-7} to 1.633×10^{-7} , respectively. While specific heat and thermal conductivity of rapeseed drastically increased with increasing moisture content, no significant relation was determined between moisture content and thermal diffusivity.

Keywords: Rapeseed, specific heat, thermal conductivity, thermal diffusivity, rapeseed

Giriş

Teknolojinin ilerlemesi ve gıda sektöründeki gelişmelerle, günümüzde insan beslenmesi için kullanılan gıdalar, yüksek kalitelerinin elde edilmesi amacıyla, birçok farklı işlemde geçirilerek tüketicilere sunulmaktadır. Bunların başında ısısal işlemler gelmektedir. Gıda ürünlerine uygulanan ısısal işlemlerin başarıya ulaşması için, bu ürünlerin ısısal özelliklerinin bilinmesi gereklidir.

Maddelerin üç önemli ısısal özelliği vardır. Bunlar; özgül ısı, ısı iletim katsayısı, ısı yayılım katsayısıdır.

Özgül ısı; prosesin enerji maliyetinin, makine ve ekipman boyutlarının belirlenmesinde önemli rol oynar. Ayrıca; özgül ısı ürünlerin fiziksel ve kimyasal yapısına bağlı olarak değişiklik gösterir. Isı iletimi maddenin nemine, besin içeriğine ve içyapısına bağlı olarak değişiklik gösterir. Isı iletiminin gerçekleşebilmesi için termodinamik koşulların olması gerekir. Bu koşullar içinde Fourier yasasından yararlanılmaktadır (Mohsenin, 1980).

Kolza (*Brassica napus L.*) tarımı Tekirdağ, Edirne, Kırklareli ve Samsun yöreleri başta olmak üzere ülkemizde son yıllarda artış göstermiştir. 2004 yılı verilerine göre ülkemizde kolzanın ekim alanı 1700 ha, üretimi 4500 ton seviyelerine ulaşmıştır (DİE, 2004).

Kolzadan elde edilen bitkisel yağ besin değeri ve içeriği bakımından zeytinyağı ve yarfıstığı yağının kalitesine yakın olduğu ve kolza üretiminin önemli bir kısmının insan beslenmesinde kullanıldığı çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmektedir. Ayrıca insan beslenmesinin dışında, son yıllarda kolzadan elde edilen türevlerin değişik endüstriyel (biodizel vb) amaçlarla ve küspesinin de hayvan beslenmesinde kullanılması yaygınlaşmaktadır.

Kolza, gerek bitkisel yağ sanayi ve gerekse endüstride işlenmesi aşamalarında birçok teknolojik işlemde geçmektedir. Bu teknolojik işlemler ürünün özelliklerine uygun olmadığı takdirde, ürünün kalitesinin olumsuz yönde etkilenmesi kaçınılmazdır. Bu nedenle

teknolojik işlemlerin yönteminin belirlenmesinde de etkili olan, ürünün fiziksel özelliklerinin bilinmesi önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada; kolzanın özgül ısı, ısı iletim katsayısı ve ısı yayılım katsayısının belirlenmesi ve nem içeriğinin bu ısısız özellikler üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Örneklerin Hazırlanması;

Araştırmada kullanılacak olan kolza taş, toprak vb yabancı maddelerden temizlenmiş ve nem içerikleri belirlenmiştir (ASAE Standarts 352, 2003). Kolza tohumlarının farklı nem seviyelerinin elde edilmesi için ilk nem içeriğine bağlı olarak örnekler distile su ilavesi yapılarak sızdırmaz plastik bir torba içerisine konulmuş ve soğuk hava deposunda +4 °C'de 48 h bekletilmiştir (Singh ve Goswami, 2000; Yang ve Ark., 2003; Irtwange ve Igbeka, 2003).

Nemlendirme işleminden sonra, örnekler plastik torbalardan çıkartılmış, ortam sıcaklığına ulaşması ve serbest nemin uzaklaşması sağlanmıştır. Daha sonra örnekler laboratuvar ortamında kurumaya bırakılmıştır ve bekleme zamanlarına bağlı olarak beş farklı nem seviyesi (%37.60-35.30-31.80-14.60-7.31 wb) elde edilmiştir.

Özgül Isının Belirlenmesi;

Kolzanın özgül ısısının belirlenmesinde karışım yöntemi kullanılmıştır (Mohsenin, 1980; Perez-Alegria ve Ark., 2001; Subramanian ve Viswanathan, 2003). Bu yöntem; ısı yalıtımı olan bir ortamda temas halinde olan sıcak ve soğuk kaynak arasında sıcak kaynağın kaybettiği ısının soğuk kaynağın kazandığı ısı miktarına eşit olduğu ilkesine

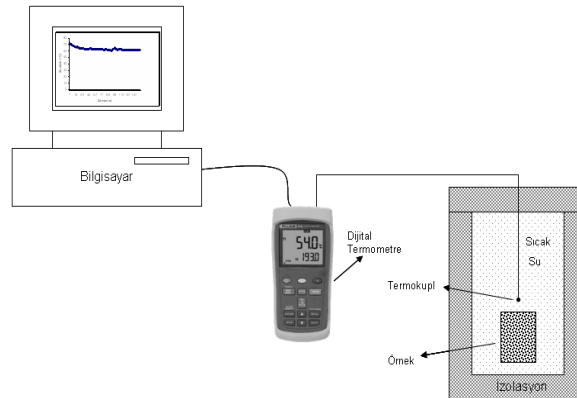
dayanmaktadır. Kalorimetrede örneklerin su ile temaslarını önlemek için cam kapsül kullanılmış, ağırlığı belli olan cam kapsül yardımıyla kalorimetrenin kalibrasyonu yapılmıştır. Cam kapsül içerisine sızdırmaz şekilde yerleştirilmiş örnekler sıcak kaynak olarak kullanılan suyun içerisine daldırılmış (Şekil 1) ve suyun sıcaklık değişimi Fluke 54 II termometre ve k tipi termokupl ile 1 s aralıklarla kayıt edilmiştir. Sıcaklık düşüşünün ve sıcaklık değişiminin durduğu anda kayıt işlemi durdurulmuş ve örneğin özgül ısısı aşağıdaki eşitlikten (2) yararlanılarak hesap edilmiştir (Mohsenin, 1980; Perez-Alegria ve Ark., 2001; Subramanian ve Viswanathan, 2003). Nem içeriğinin özgül ısı üzerine etkisini belirlemek için denemeler her nem seviyesinde iki tekrarlı olarak yapılmıştır.

$$c_k w_k (T_{ki} - T_d) + c_{\bar{o}} w_{\bar{o}} (T_{\bar{o}i} - T_d) = c_s w_s (T_d - T_{si}) \quad (1)$$

$$c_{\bar{o}} = \frac{c_s w_s (T_d - T_{si}) - c_k w_k (T_{ki} - T_d)}{w_{\bar{o}} (T_{\bar{o}i} - T_d)} \quad (2)$$

Burada;

- $c_{\bar{o}}$: Örneğin özgül ısısı; kJ/kgK,
- c_s : Suyun özgül ısısı; kJ/kgK,
- c_k : Kalorimetre kabının özgül ısısı; kJ/kgK,
- w_s : Kalorimetre kabındaki suyun miktarı; kg,
- w_k : Kalorimetre kapsülünün ağırlığı; kg,
- $w_{\bar{o}}$: Örneğin ağırlığı; kg,
- T_d : Denge sıcaklığı; K,
- T_{si} : Suyun ilk sıcaklığı; K,
- $T_{\bar{o}i}$: Örneğin ilk sıcaklığı; K.



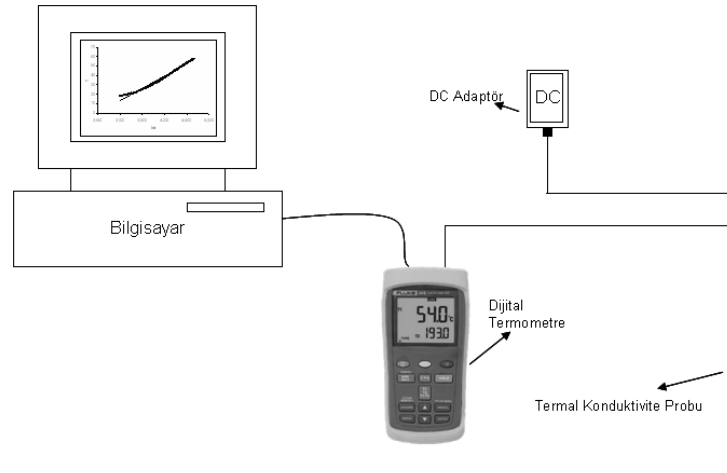
Şekil 1. Özgül ısı ölçüm düzeneği

Isı İletim Katsayısının Belirlenmesi;

Kolzanın ısı iletim katsayısı kararsız hal koşullarında ısıl iletkenlik probu kullanılarak belirlenmiştir (Mohsenin, 1980; Tavman ve Tavman, 1998; Shrivastava ve Datta, 1999; Singh ve Goswami, 2000; Sabapathy ve Tabil, 2003; Kayisoğlu ve Ark., 2004). Isı iletim katsayısının belirlenmesi için kullanılan ölçüm düzeneği şekil 2’de görülmektedir. Isı iletim probu 3.84 mm çapında ve 130 mm uzunluğunda ve et kalınlığı 0.27 mm olan cam

malzemeden yapılmıştır. Isıtma elemanı olarak 0.4 mm çapında ve 130 mm uzunluğunda ısıtıcı tel kullanılmıştır.

Örneğin merkezine yerleştirilen ısı iletim probuna 4.5 V gerilim ve 1200 mA doğru akım uygulanmıştır. Uygulanan gerilim ve akım nedeniyle meydana gelen sıcaklık yükselmesi 1 s aralıklarla toplam 90 s kayıt edilmiş ve ısıtma elemanına giden güç kesilerek sıcaklığın düşüşü yine 1 s aralıklarla toplam 90 s kayıt edilmiştir.



Şekil 2. Isı iletim katsayısı ölçüm düzeneği

Isı iletim katsayısının (k_{ϕ}) hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik (3) kullanılmıştır (Tavman ve Tavman, 1998; Shrivastava ve Datta, 1999; Singh ve Goswami, 2000; Sabapathy and Tabil 2003)

$$k_{\phi} = \frac{Q}{4\pi} \frac{d \ln(t)}{d(\Delta T)} \quad (3)$$

Burada sıcaklığın zamanın logaritmik değeriyle olan değişimi ya da sıcaklık (T) ve zamanın (t) ln değeri arasındaki ilişkiyi oluşturan grafiğin eğimi (S) aşağıdaki eşitlikle (4) belirlenmektedir (Tavman ve Tavman, 1998; Shrivastava ve Datta, 1999; Singh ve Goswami, 2000; Sabapathy and Tabil 2003; Kayisoğlu ve Ark., 2004).

$$\frac{d \ln(t)}{d(\Delta T)} = \frac{1}{S} \quad (4)$$

Isı iletim probuna verilen ısının miktarı (Q) doğru akım güç kaynağı kullanıldığı ve ısıtıcı telin direnci (R) ve akım (I) bilindiği için aşağıdaki eşitlikle (5) belirlenmektedir.

$$Q = I^2 \cdot R \quad (5)$$

Probun ısıtıcı teline verilen ısı miktarı ve lnt değişim oranının belirlenmesiyle, ısı iletim katsayısının hesaplanmasında kullanılan 3 nolu eşitlik yeniden düzenlenerek 6 nolu eşitlik elde edilmiştir.

$$k_{\phi} = \frac{I^2 \cdot R}{4\pi} \frac{1}{S} \quad (6)$$

Denemeler her nem seviyesi için iki tekrarlı yapılmış ve kolzanın nem içeriğinin ısı iletim katsayısına etkisi incelenmiştir.

Isı Yayılım Katsayısının Belirlenmesi;

Kolzanın ölçülen özgül ısı ve ısı iletim katsayılarından yararlanılarak kolzaya ait ısı yayılım katsayısı aşağıdaki eşitlik (7) yardımıyla hesap edilmiştir (Singh ve Goswami, 2000; Irtwange ve Igbeka, 2003). Kolza nem içeriğinin ısı yayılım katsayısına etkisi incelenmiştir.

$$\alpha_{\delta} = \frac{k_{\delta}}{\rho_{\delta} \cdot c_{\delta}} \quad (7)$$

Burada;

α_{δ} : Isı yayılım katsayısı; m²/s,

k_{δ} : Isı iletim katsayısı; W/mK,

ρ_{δ} : Yoğunluk; kg/m³,

c_{δ} : Özgül ısı; J/kgK.

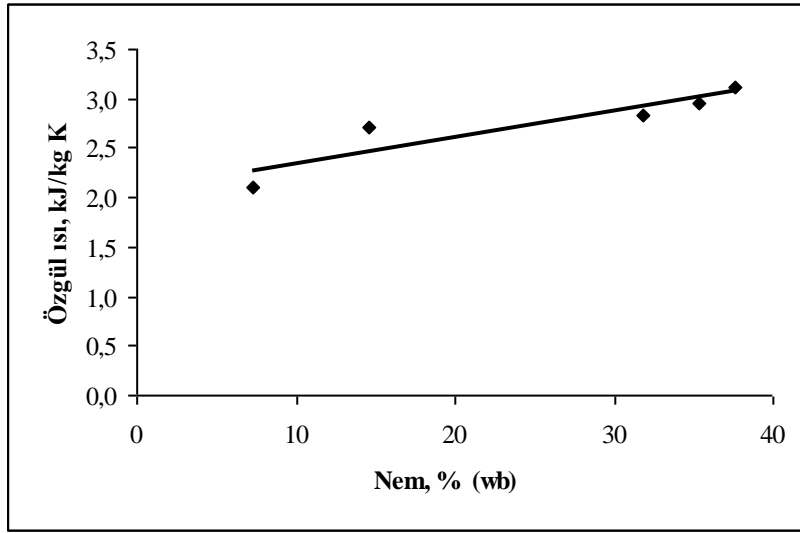
Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Özgül ısı;

Ölçülen özgül ısı değerleri %7.31-37.60 (wb) nem aralığında 2.10-3.12 kJ/kgK arasında gerçekleşmiştir.

Kolzanın nem içeriğinin özgül ısı değerini önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Kolzanın nem içeriği ve özgül ısı değeri arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3). Neme bağlı olarak edilen özgül ısı değerlerinden yapılan regresyon analizi sonucunda eşitlik (8)'de verilen denklem elde edilmiştir (F=14.02*).

$$c_{\delta} = 0.0262 M_{(\%,wb)} + 2.08 \quad (r^2 = 0.8238) \quad (8)$$



Şekil 3. Özgül ısısının nem içeriği ile değişimi

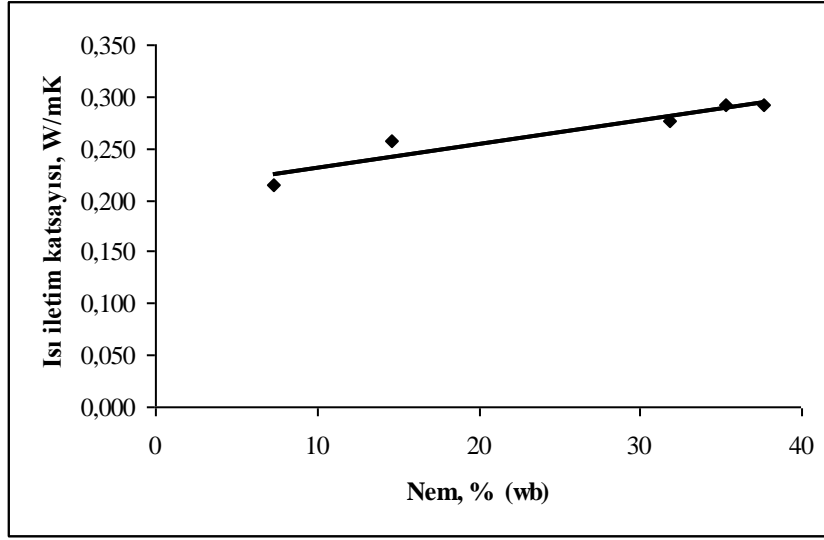
Subramanian ve Viswanathan (2003) altı çeşit darı ve bu darıların unlarının ısısal özelliklerini belirlemek için yaptıkları çalışmada %10-30 nem aralığında özgül ısı ile materyalin nem içeriği arasında doğrusal bir ilişki bulmuşlardır. Yang ve ark. (2002) üç farklı sıcaklık ve beş farklı nem içeriğinde hodan otu tohumlarının özgül ısı değerlerini belirlemek için yaptıkları çalışmada, hodan otu tohumlarının özgül ısısının %1.2-30.3 nem aralığında 0.77-1.99 kJ/kgK arasında değiştiğini ve tohumların nem içeriğinin artmasıyla özgül ısısının da arttığını belirtmişlerdir. Singh ve Goswami (2000) kimyon ile yaptıkları çalışmada %1.8-20.5 nem aralığında kimyonun özgül ısısının 1.33-3.09 kJ/kgK arasında değiştiğini belirtmişler ve ürünün nem içeriğinin özgül ısıyı pozitif şekilde etkilediğini

ifade etmişlerdir. Perez-Alegria ve ark. (2001) kahve tohumları, Hsu ve ark. (1991) antep fıstığı ile yaptıkları çalışmalarda özgül ısısının nem artışıyla doğrusal bir ilişki gösterdiğini belirtmişlerdir.

Isı İletim Katsayısı;

Kolzanın ısı iletim katsayısı %7.31-37.60 (wb) nem aralığında 0.214-0.292 W/mK arasında bulunmuştur. Kolzanın nem içeriğinin ısı iletim katsayılarını önemli ölçüde etkilediği belirlenmiş ve nem içeriğinin artmasıyla ısı iletim katsayısı doğrusal olarak bir artış göstermiştir (Şekil 4). Nemin etkisi altında elde edilen ısı iletim katsayılarıyla yapılan regresyon analizi sonucunda eşitlik (9)'de verilen denklem elde edilmiştir (F=28.30*).

$$k_{\delta} = 0.0026 M_{(\%,wb)} + 0.24 \quad (r^2 = 0.9044) \quad (9)$$



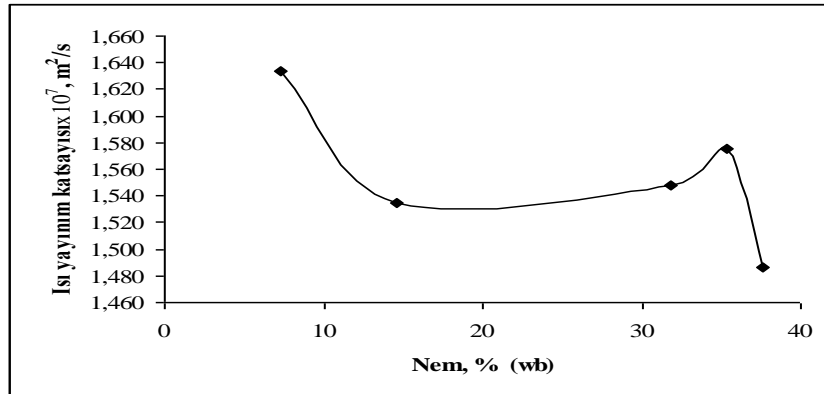
Şekil 4. Isı iletim katsayısının nem içeriğiyle değişimi

Irtwange ve Igbeka (2002) African yam bean ile yaptıkları çalışmada %4-16 nem aralığında ısı iletim katsayısının 0.2175-0.3015 W/mK arasında değiştiğini bildirilmiştir. Üç çeşit buğdayın ısı iletim katsayılarını belirlemek için yapılan çalışmada, %9.17-38.65 nem içeriği aralığında ısı iletim katsayısının 0.159-0.201 W/mK arasında değiştiğini ve nem içeriğiyle ısı iletim katsayısı arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir (Tavman ve Tavman, 1998). Subramanian ve Viswanathan (2003) altı çeşit darı ve bu darıların unlarının ısısal özelliklerini belirlemek için yaptıkları çalışmada, %10-30 nem aralığında ısı iletim katsayısının materyalin nem içeriğinin artmasıyla arttığını belirtmiştir. Yang ve ark. (2002) üç farklı sıcaklık ve beş farklı nem içeriğinde hodan otu tohumlarının ısı iletim katsayılarını belirlemek için yaptıkları çalışmada, hodan otu tohumlarının ısı iletim

katsayılarının %1.2-30.3 nem içeriği aralığında 0.11-0.28 W/mK arasında değiştiğini ve tohumların nem içeriği artışının ısı iletim katsayısını pozitif şekilde etkilediğini belirtmiştir. Isı iletim katsayısının belirlenmesi için Yang ve ark. (2003) çeltik, Kayisoglu ve ark. (2004) mısır, arpa, ayçiçeği, buğday, Singh ve Goswami (2000) kimyon, Perez-Alegria ve ark. (2001) kahve tohumları ile yaptıkları çalışmalarda ısı iletim katsayısı ile nem oranı arasında doğrusal bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

Isı Yayınım Katsayısı;

Kolzanın ısı yayınım katsayısı %7.31-37.60 (wb) nem aralığında $1.486 \times 10^{-7} - 1.633 \times 10^{-7}$ m²/s arasında bulunmuştur. Nem içeriğindeki değişimle kolzanın ısı yayınım katsayısı arasında önemli bir ilişki bulunmamıştır ($r^2=0.4072$, $F=2.04$)



Şekil 5. Isı yayınım katsayısının nem içeriğiyle değişimi

İki farklı buğday çeşidi (Ereğli ve Saruhan) ve bulgurun ısı yayılım katsayılarını belirlemek için yapılan çalışmada %5.9-39.71 nem içeriği aralığında ısı yayılım katsayısının Ereğli için $8.92 \times 10^{-8} - 11.43 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$, Saruhan için $8.76 \times 10^{-8} - 10.78 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ arasında değiştiğini ve bulgur için $8.28 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ olduğu ve nem içeriğine bağlı olarak ısı yayılım katsayısında azalma olduğu tespit edilmiştir (Tavman ve ark. 1997). Subramanian ve Viswanathan (2003) altı çeşit darı ve bu darıların unlarının ısısal özelliklerini belirlemek için yaptıkları çalışmada %10-30 nem aralığında ısı yayılım katsayısının materyalin nem içeriğinin artmasıyla azaldığı belirtilmiştir. Yang ve ark.(2002) üç farklı sıcaklık ve beş farklı nem içeriğinde hodan otu tohumlarının ısı yayılım katsayılarını belirlemek için yaptıkları çalışmada hodan otu tohumlarının ısı yayılım katsayılarının %1.2-30.3 nem içeriği aralığında $2.32 \times 10^{-7} - 3.18 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ arasında değiştiğini ve tohumların nem içeriğinin ısı yayılım katsayısını negatif şekilde etkilediğini

belirtmişlerdir. Isı yayılım katsayısının belirlenmesi için kimyon tohumlarının nem içeriğinin artmasıyla tohumların ısı yayılım katsayısının azalış gösterdiği ve aralarında doğrusal bir ilişkinin olduğu belirtilmiştir (Singh ve Goswami, 2000).

Sonuç

Kolzanın ısısal özelliklerinden özgül ısı, ısı iletim katsayısı ve ısı yayılım katsayısının nem içeriğiyle değişimi ile ilgili şu sonuçlar elde edilmiştir. Kolzanın %7.31-37.60 (wb) nem aralığında özgül ısı değerleri 2.10-3.12 kJ/kgK arasında, ısı iletim katsayısı 0.214-0.292 W/mK arasında ve ısı yayılım katsayısı $1.486 \times 10^{-7} - 1.633 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ arasında olmuştur.

Kolza tohumlarının özgül ısı ve ısı iletkenlik katsayıları nem ile doğrusal bir ilişki göstermiştir. Ancak, ısı yayılım katsayısı ile nem oranı arasında önemli bir ilişki bulunamamıştır.

Kaynaklar

- ASAE Standarts. 2003. S352.2: Moisture measurement- Unground grain and seeds. St Joseph, Michigan USA.
- DİE, 2004. Tarımsal Yapı. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara.
- Hsu, M. H., J. D. Mannapperuma and R. P. Singh, 1991. Physical and thermal properties of pistachios. Journal Agricultural Engineering Research 49(4):311-321.
- Irtwange, S.V. and J.C. Igbeka, 2002. Some physical properties of two African yam bean (*Sphenostylis stenocarpa*) accessions and their interrelations with moisture content. Applied Engineering in Agriculture 18(5):567-576.
- Irtwange, S.V. and J.C. Igbeka, 2003. Influence of moisture content on thermal diffusivity and specific heat of African Yam Bean (*Sphenostylis stenocarpa*). Transactions of the ASAE 46(6): 1633-1636.
- Kayisoglu, B., H. Kocabiyik and B. Akdemir, 2004. The effect of moisture content on the thermal conductivities of some cereal grains. Journal of Cereal Science 39: 147-150
- Mohsenin, N.N. 1980. Thermal Properties of Food and Agricultural Materials. New York, NY: Gordon and Breach.
- Perez-Alegria, L.R., H.J. Ciro, and L. C. Abud, 2001. Physical and thermal properties of parchment coffee bean. Transactions of the ASAE 44(6), 1721-1726.
- Sabapathy, N. and L. G. Tabil, 2003. Thermal conductivity of kabuli type chickpea. ASAE/CSAE North Central Intersectional Meeting, Fargo, North Dakota, October 3-4, ASAE Paper No. RRV03-0012. <http://www.ageng.ndsu.nodak.edu/asae/rrv/RRV03-0012.pdf>
- Shrivastava, M. and A. K. Datta, 1999. Determination of specific heat and thermal conductivity of mushrooms (*Pleurotus florida*). Journal of Food Engineering 39:255-260.
- Singh, K.K. and T. K.Goswami, 2000. Thermal properties of cumin seed. Journal of Food Engineering 45:181-187.
- Subramanian, S. and R. Viswanathan, 2003. Thermal properties of minor millet grains and flours. Biosystems Engineering 84(3)289-296.
- Tavman, S. and I. H. Tavman, 1998. Measurement of effective thermal conductivity of wheat as a function of moisture content. International Community Heat Mass Transfer 25(5):733-741.
- Tavman, S., I. H. Tavman, and S. Evcin, 1997. Measurement of thermal diffusivity of granular food materials. International Community Heat Mass Transfer 24(7)945-953.
- Yang, W., S. Sokhansanj, J. Tang and P. Winter, 2002. Determination of thermal conductivity, specific heat and thermal diffusivity of boroge seeds. Biosystems Engineering 82 (2):169-176.
- Yang, W., T. J. Siebenmorgen, T. P. H. Thielen, and A. G. Cnossen, 2003. Effect of glass transition on thermal conductivity of rough rice. Biosystems Engineering 84 (2):193-200.