

**T.C.**  
**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAZI TIBBİ VE AROMATİK**  
**BİTKİ TOHUMLARININ**  
**ISISAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Hazırlayan : İsmail HACIKURU**

**Danışman : Yrd.Doç.Dr. Habib KOCABIYIK**

**Şubat, 2007**  
**ÇANAKKALE**

**BAZI TIBBİ VE AROMATİK  
BİTKİ TOHUMLARININ  
ISISAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**T.C. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Yüksek Lisans Tezi  
Tarım Makinaları Anabilim Dalı**

---

**Hazırlayan : İsmail HACIKURU**

**Danışman : Yrd.Doç.Dr. Habib KOCABIYIK**

**Şubat, 2007  
ÇANAKKALE**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

**İsmail HACIKURU** tarafından **Yrd. Doç. Dr. Habib KOCABIYIK** yönetiminde hazırlanan “**BAZI TIBBİ VE AROMATİK BİTKİ TOHUMLARININ İSİSAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. İsmail KAVDIR

---

Yönetici

Doç. Dr. Hakan TURHAN

---

Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Habib KOCABIYIK

---

Jüri Üyesi (Danışman)

Prof. Dr. Mehmet Emin ÖZEL

Müdür

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmada bana her tŒrlŒ desteği veren, çalıőmalarımı sabırla ve Œzveriyle yŒnlendiren danıőmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Habib KOCABIYIK'a, çalışma arkadaşlarımdan Biga Meslek YŒksekokulu Őęretim GŒrevlisi Mustafa Murat KUTLUTŒRK'e teőekkŒrŒ bir borç bilirim.

Çalıőmanın deneylerinin yapılmasında katkıda bulunan Dilvin TEZER ve Murat IŐIKTEPE'ye teőekkŒrlerimi sunarım.

Ayrıca sadece bu çalışmada değil tŒm Őęrenim hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini benden esirgemeyen anne ve babama, bu çalıőmam esnasında sabır sınırlarını zorladığım sevgili eőim ŐengŒl HACIKURU ve kızım Elif Yağmur HACIKURU'ya desteklerinden dolayı teőekkŒr ederim.

İsmail HACIKURU

## ÖZET

Bu çalışmada tıbbi ve aromatik bitki tohumlarından rezene, anason, kişniş, susam, keten ve aspir'in özgül ısıları, ısı iletkenlik katsayıları ve ısı yayılım katsayıları deneysel olarak tespit edilmiş ve ürünün nem içeriğinin bu ısıl özellikler üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu ısıl özelliklerin, adı geçen bitki tohumlarının endüstri ürünü haline getirilme aşamasında uygulanan ısıl işlemlerde bilinmesi gerekmektedir.

Yapılan denemeler sonucunda özgül ısı değerleri rezene için %10,80 – 30,10 (db) nem aralığında 2,09 – 4,20 kJ/kg K, anason için %10,40 – 56,00 (db) nem aralığında 1,65 – 3,26 kJ/kg K, kişniş için %8,25 – 37,60 (db) nem aralığında 1,84 – 3,26 kJ/kg K, susam için %8,10 – 40,60 (db) nem aralığında 1,68 – 5,52 kJ/kg K, keten için %7,49 – 27,60 (db) nem aralığında 1,05 – 2,08 kJ/kg K, aspir için %7,26 – 24,30 (db) nem aralığında 1,90 – 3,00 kJ/kg K arasında gerçekleşmiştir.

Isı iletim katsayısı değerleri rezenede %10,80 – 30,10 (db) nem aralığında 0,101 – 0,175 W/m K, anasonda %10,40 – 56,00 (db) nem aralığında 0,135 – 0,162 W/m K, kişnişte %8,25 – 37,60 (db) nem aralığında 0,107 – 0,143 W/m K, susamda %8,10 – 40,60 (db) nem aralığında 0,162 – 0,219 W/m K, ketende %7,49 – 27,60 (db) nem aralığında 0,144 – 0,204 W/m K, aspirde de %7,26 – 24,30 (db) nem aralığında 0,133 – 0,166 W/m K arasında gerçekleşmiştir.

Isı yayılım katsayısı da rezenede %10,80 – 30,10 (db) nem aralığında  $1,36 \times 10^{-7}$  –  $1,618 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s arasında, anasonda %10,40 – 56,00 (db) nem aralığında  $1,2 \times 10^{-7}$  –  $1,872 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s arasında, kişnişte %8,25 – 37,60 (db) nem aralığında  $1,31 \times 10^{-7}$  –  $1,692 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s arasında, susamda %8,10 – 40,60 (db) nem aralığında  $7,198 \times 10^{-8}$  –  $1,515 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s arasında, ketende %7,49 – 27,60 (db) nem aralığında  $1,387 \times 10^{-7}$  –  $3,101 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s arasında, aspirde de %7,26 – 24,30 (db) nem aralığında  $9,236 \times 10^{-8}$  –  $1,354 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s arasında bulunmuştur.

Ürün nem içeriğinin özgül ısı, ısı iletim katsayısı ve ısı yayılım katsayısını etkilediği belirlenmiştir. Nem içeriğinin artmasıyla özgül ısı ve ısı iletim katsayıları

artış göstermiştir. Özgül ısı ve ısı iletim katsayılarının tersine nem içeriğinin artmasıyla ısı yayılım katsayısı değerlerinde azalma meydana gelmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Özgül ısı, Isı iletkenlik katsayısı, Isıl yayılım katsayısı, Rezene, Anason, Kişniş, Susam, Keten, Aspir.

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP – 2006/09) tarafından desteklenmiştir.

## ABSTRACT

In the study specific heat, thermal conductivity and thermal diffusivity of fennel, anise, coriander, sesame, flax and safflower, which are of the medical and aromatic seeds, were determined. These thermal properties should be known and taken into consideration during the heat treatment applied to prepare these aforesaid seeds as industrial products.

As a result of the experiments, specific heat values were determined to be 2,09 - 4,20 kJ/kg K in a humidity range of 10,80% - 30,10%(db) for fennel, 1,65 - 3,26 kJ/kg K in a humidity range of 10,40% - 56,60%(db) for anise, 2,09 - 4,20 kJ/kg K in a humidity range of 8,25% - 37,60%(db) for coriander, 1,68 - 5,52 kJ/kg K in a humidity range of 8,10% - 40,60%(db) for sesame, 1,05 - 2,08 kJ/kg K in a humidity range of 7,49% - 27,60%(db) for flax, 1,90 - 3,00 kJ/kg K in a humidity range of 7,26% - 24,30%(db) for safflower.

Thermal conductivities were determined to be 0,101 - 0,175 W/m K in a humidity range of 10,80% - 30,10%(db) for fennel, 0,135 - 0,162 W/m K in a humidity range of 10,40% - 56,00%(db) for anise, 0,107 - 0,143 W/m K in a humidity range of 8,25% - 37,60%(db) for coriander, 0,162 - 0,219 W/m K in a humidity range of 8,10% - 40,60%(db) for sesame, 0,144 - 0,204 W/m K in a humidity range of 7,49% - 27,60%(db) for flax, 0,133 - 0,166 W/m K in a humidity range of 7,26% - 24,30%(db) for safflower.

Thermal diffusivities were determined to be  $1,36 \times 10^{-7} - 1,618 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s in a humidity range of 10,80% - 30,10%(db) for fennel,  $1,2 \times 10^{-7} - 1,872 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s in a humidity range of 10,40% - 56,00%(db) for anise,  $1,31 \times 10^{-7} - 1,692 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s in a humidity range of 8,25% - 37,60%(db) for coriander,  $7,198 \times 10^{-8} - 1,515 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s in a humidity range of 8,10% - 40,60%(db) for sesame,  $1,387 \times 10^{-7} - 3,101 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s in a humidity range of 7,49% - 27,60%(db) for flax and  $9,236 \times 10^{-8} - 1,354 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s in a humidity range of 7,26% - 24,30%(db) for safflower.

In the study, it is determined that the product's humidity content effects specific heats, thermal conductivities and thermal diffusivities. While humidity content increases, specific heat and thermal conductivity demonstrated an increase. Contrary to specific heat and thermal conductivity, while humidity content increases, there has been a decrease in the values of thermal diffusivity.

**Key Words:** Specific heat, Thermal conductivity, Thermal diffusivity, Fennel, Anise, Coriander, Sesame, Flax, Safflower.

This study is supported by Canakkale Onsekiz Mart University's Scientific Research Projects (BAP – 2006-09).



## İÇERİK

<b>YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU</b> .....	ii
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	iii
<b>ÖZET</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	6
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	10
<b>3.1. Örneklerin Hazırlanması</b> .....	10
<b>3.2. Özgül Isının Belirlenmesi</b> .....	11
<b>3.3. Isı İletim Katsayısının Belirlenmesi</b> .....	12
<b>3.4. Isı Yayınım Katsayısının Hesaplanması</b> .....	14
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA</b> .....	16
<b>4.1. Özgül Isı</b> .....	16
<b>4.2. Isı İletim Katsayısı</b> .....	20
<b>4.3. Isı Yayınım Katsayısı (Diffusivite)</b> .....	24
<b>5. SONUÇ</b> .....	29
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	31
<b>EKLER</b> .....	I
<b>ÇİZELGELER</b> .....	IV
<b>ŞEKİLLER</b> .....	V
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	VI

## 1. GİRİŞ

Tarımsal ürünler ve gıda materyalleri üretimden tüketime kadar bir çok mühendislik işleminden geçmektedir. Isısal işlemler en fazla uygulanan işlemler arasında yer almaktadır. Ürünlerin depolanması ya da işlenmesi sırasında ısıtma, kurutma, evaporasyon, pastörizasyon, sterilizasyon, pişirme, soğutma, nemlendirme, dondurma, ve havalandırma gibi ısısal işlemler uygulanmaktadır. Gerek ısıtma ve gerekse soğutma işlemlerinde ısı uygulanması ile ulaşılmak istenen sonuç materyalin tepkisi ve onun ısısal özelliklerine bağlıdır. Bu ürünlere uygulanacak işlemlerin mühendislik hesaplamalarının yapılabilmesi ve ürün işlemede yeni teknik ve metotların geliştirilebilmesi için ürünlerin belirli ısısal özelliklerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Özellikle kimyasal bileşimi ve aromatik özelliği çevre ve bulunduğu ortamın şartlarındaki küçük değişimlerden çok çabuk etkilenen tarımsal ürünler ve gıda maddelerinin işlenmesinde bu özellikler daha fazla önem taşımaktadır.

Baharat bitki tohumları yapılarındaki uçucu yağ oranları ve aromatik özellikleri nedeniyle ısısal işlemlerden en çok etkilenen ürünlerdir. Üretimi yapılan bir çok baharat bitki tohumları hasattan tüketiciye ulaşıncaya kadar bir takım ısısal işlemlerden geçmektedir.

Rezene, anason, kişniş, susam, keten ve aspir ülkemizde en çok üretimi yapılan tıbbi ve aromatik bitkilerdir. Bu ürünlere ait üretim değerleri Çizelge 1.1'de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Rezene, anason, kişniş, susam, keten ve aspirin ülkemizdeki üretim değerleri (TUİK, 2004)

Ürünler	Alan (ha)		Verim (Kg/ha)	Üretim (ton)	Fiyat (TL/Kg)	Değer (milyon TL)	Pazarlanan Değeri (milyon TL)
	Ekili	Hasat Edilen					
Rezene*	-	-	-	-	-	-	-
Anason	17.530	17.530	627	11.000	2.548.165	28.029.819	27.469.223
Kişniş*	-	-	-	-	-	-	-
Susam	43.000	42.990	535	23.000	1.885.872	43.375.054	36.868.796
Keten (tohum)	220	220	364	80	1.510.500	120.840	117.214
Aspir	165	165	909	150	247.571	37.136	33.422

\* İstatistiksel verilere rastlanamamıştır.

Rezene (*Foeniculum vulgare (mill.) Geartin*); çok eskiden beri özellikle Akdeniz ülkelerinde sebze ve salata olarak kullanılmaktadır. Kökeni Akdeniz Bölgesi ve Batı Asya olan rezene bugün değişik yollarla dünyanın birçok yerlerine yayılmıştır. İyi bir rezene meyvesi %3,5 – 6 uçucu yağ içerir, ülkemiz koşullarında ortalama %5,1 olarak saptanmıştır. Bileşimin en önemli maddesi Anethol'dur ve %30 – 60 arasındadır. Bu, anason ile aynı aromaya sahiptir. Meyve endospermi %12 – 18 yağ, %14 – 22 protein içermektedir. Yemek kültürleri içinde, rezene tohumları; soslar, balık yemekleri ve ekmekte kullanılmaktadır. Bileşimindeki uçucu ve katı yağların yanısıra, albüminli maddeler nişasta, provitamin, flavonlar, bergoptan ve storin içerikli cumarin bulunan rezene, iştahsızlık, sindirim zorlukları ve safra kesesi rahatsızlıklarına karşı etkisiyle, kronik mide mukoza iltihabına karşı başarıyla kullanılan bir bitkidir (Sırmagül vd, 2002; Özbek, 2002).

Anason (*Pimpinella anisum L.*); Anason çok eski bir kültür bitkisidir. Kökeni tam olarak bilinmemektedir. Bugün anason değişik iklim bölgelerine yayılmıştır. Ancak sıcak iklim bölgelerindeki yaygınlığı daha fazladır. Kültürü birçok ülkede yapılmaktadır. Anason meyvesi uçucu yağ içermektedir. Bunun oranı %1,5 – 3 arasında değişmektedir. Acı ve yakıcı tadı, kokusu sebebiyle tükürük ve mide

ifrazatını çoğaltır, dolayısıyla iştah açar, hazmı kolaylaştırır, bağırsak gazlarının meydana gelmesini önler. Anethol, müsekkin ve bağırsak spazmlarını, sancıları çözücüdür. Fazlası hafif sarhoşluk ve sonra da ağır uyku verir. Bu özelliği sebebiyle gaz şikayetlerinden dolayı uyumayan çocuklara hem ağrıyı gidermek, hem de uyutmak maksadıyla anason çayı içirilmesi çok bilinen bir uygulamadır. Anason çayı süt veren annelerde sütü arttırır, öksürüklerde göğsü yumuşatır. Anason yağı vazelin ile karıştırılarak vücut bitlerine karşı kullanılabilir. Müsilaj sebebiyle hafif müşhil etkilidir. Ayrıca idrar söktürür (Erdoğan vd, 2004; Maden vd, 2004; Şimşek vd, 2005).

Kişniş (*Coriandrum sativum L.*); Eski bir kültür bitkisidir. Ülkemizde özellikle Akdeniz Bölgesi'nde yaygındır. Ancak bugün Orta Avrupa, Hollanda, Romanya, Rusya, Hindistan, Doğu Asya, Japonya, Kuzey ve Güney Amerika, Mısır ve özellikle Fas'ta tarımı yapılmaktadır. Kişnişin meyvesinin en önemli maddesi uçucu yağdır. Kökene göre uçucu yağ oranı %0,2 ile %1,5 arasında değişir. Uçucu yağ oranı ile meyve büyüklüğü arasında belirli bir korelasyon vardır. Küçük danelilerde uçucu yağ oranı, büyük danelilere göre daha yüksektir. Uçucu yağın ortalama %40'ı meyve kabuğunda, %60'ı tohumda bulunur. Uçucu yağın esas maddesi D-Linalool'dur. Bu, uçucu yağın %60 – 70'ini oluşturur. Kişniş tohumları içerdiği yağlarla mideyi uyarır; iştahı açar, sindirimi kolaylaştırır ve hazımsızlığa iyi gelir. Aynı nedenle mide ve bağırsaklardaki gazı söktürür. Aniden başlayan mide ve karın ağrılarını bastırır. Özellikle çocuklarda diareyi (ishal) kesici etkiler yapar. Hafif yatıştırıcı etkisi vardır. Kişniş antiseptik (mikrop kırıcı) etkiler de taşır. Kişniş, etlerin terbiye ve muhafaza edilmesinde kullanıldığı gibi bazı içki (likör) ve şekerlemelerin hazırlanmasında da kullanılmaktadır (Kaya vd, 2000; Kan ve İpek, 2002).

Susam (*Sesamum indicum L.*); Ülkemizde tarımı yapılan yağ bitkileri içerisinde önemli bir yeri olan susam, tohumlarında %50 – 60 yağ içeren yazlık ve otsu bir bitkidir. Bileşiminde ayrıca %25 protein bulunmaktadır. Besleyici özelliği ve lezzetinden dolayı insan besini olarak çok miktarda tüketilir. Yağı hemen hemen kokusuz ve açık renklidir. Yemek yağı olarak kullanılır. Tedavide müşhil etkilidir.

Kabukları soyulmuş susam tohumlarının ezilmesiyle tahin elde edilir. Bu da pekmeze karıştırılarak yendiği gibi ayrıca tahin helvası yapımında da kullanılır. Ayrıca susam tohumları simit ve pastaların üzerine konur (Baydar ve Turgut, 2000).

Keten (*Linum usitatissimum L.*); Dünyanın bir çok yerinde yetişen keten bitkisi Türkiye’de de Batı ve İç Anadolu ve Karadenizde fazla olmak üzere Anadolu’nun birçok yerinde yetişir. Dünya üretiminde %70 ile Rusya başta gelir. Bu ülkeyi %20 ile Polonya izler. Keten tohumlarından, kavrulduktan sonra, düşük ısıda sıkılmak suretiyle keten yağı elde edilir. Bu sabit bir yağdır. Keten yağında %90 oranında doymamış asitler bulunur. Keten yağı, yanıklardan ileri gelen yaralarda ağrı dindirici olarak kullanılır. Bazı sabunların bileşimine girer. Boyacılıkta kullanılır. Bezir yağı elde edilir. Keten tohumunun yağı alındıktan sonra geriye küspesi kalır. Keten tohumları su veya süt ile kaynatılarak lapa yapılır ve haricen ilaç şeklinde kullanılır. Keten tohumu antimantari, antimitoz ve antioksidan özellikler taşır. Keten tohumlarında bulunan müsilaj, bağırsakta su çekip şişerek, mekanik müşhil olarak tesir eder (Abadoğlu, 2006; Anonim, 2006).

Aspir (*Carthamus tinctorius L.*); tohumlarında %30 – 45 arasında yağ bulunan, küspesi hayvan yemi olarak kullanılabilen, kuraklığa dayanıklı, yazlık karakterde ve ortalama 110 – 140 gün arasında yetişebilen tek yıllık bir yağ bitkisidir. Aspir bitkisi dünyanın değişik bölgelerinde afrodisyak olarak, kusmayı teşvik ettiği için zehirlenmelerde panzehir olarak, ishal yapıcı olarak, romatizmaya karşı merhem olarak, bazı yemeklerin içine katılan gıda maddesi olarak kullanılmaktadır. Bundan başka yağı alındıktan sonra geriye kalan küspe, içerdiği %25’e varan ham protein oranıyla (ortalama %22 – 24) hayvancılıkta iyi bir yem kaynağıdır (Babaoğlu, 2006).

Bu çalışmada incelenen tıbbi ve aromatik bitkilerin insan sağlığı üzerindeki etkileri konusunda kısaca bilgiler verilmiştir. İnsan sağlığı için bu denli yararlı olan bitkilerin tamamı ülkemizde yetişmektedir. Bu bitkilerden yararlanmak için değişik işlemlerden geçirmek gereklidir. Bu işlemlerin en temelinde de özgül ısı, ısı iletim katsayısı ve ısı yayılım katsayısı gibi ürünün ısıl özelliklerinin tespiti gelmektedir.

Çünkü bu özellikleri bilinen materyaller değişik işlemlere tabi tutularak insan sağlığına yararlı hale getirilirler.

Değişik işlemlere tabi tutularak kullanılan bu ürünler üreticiler için de iyi bir ekonomik gelir kaynağı olmaktadır. Bu aşamada “tarla bitkileri” kategorisinden “endüstri bitkileri” kategorisine geçmektedirler. Türkiye İstatistik Kurumu’nun 2004 verilerine göre bu ürünlerin pazarlama değeri 100 milyon YTL civarına yaklaşmaktadır. Bu nedenlerden dolayı ülkemizde üretilen her ürünün ayrı ayrı incelemesinin yapılmasında gereklilik vardır. Tarım ürünlerinin hammadde olarak değil, işleminden geçirilmiş endüstri ürünleri olarak pazarlanması ülkemiz ekonomisi açısından önemli olduğu gibi, Türkiye’yi uluslar arası platformda “tarım ülkesi” tanımlamasından “tarımsal endüstri ülkesi” tanımlamasına taşıyacaktır.

Bu çalışmada, Türkiye’de tarımı yapılan ve hasattan sonra kurutma, depolama ve havalandırma işlemleri sırasında değişik şekillerde ısı işleme maruz kalan hassas kimyasal ve aromatik içeriğe sahip bazı baharat bitkilerinin (rezene, anason, kişniş, susam, keten, aspir) taneli ürünlerinin ısı özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda bu taneli ürünlerin özgül ısıları, ısı iletkenlik katsayıları ve ısı yayılım katsayıları belirlenmiş ve ürünlerin nem içeriklerinin bu ısısız özelliklere etkileri incelenmiştir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu çalışma yapılırken önceki yapılan buna benzer çalışmalar incelenmiş ve bu çalışmalardan bazıları özet olarak aşağıda verilmiştir.

Tavman vd. (1997) Ereğli ve Saruhan buğdayları ile buğday ürünü olan bulguru materyal olarak kullanmışlar ve ısı yayılım katsayısının belirlenmesi için bir düzenek hazırlamışlardır. Bu düzenekte yapılan ölçümler neticesinde Ereğli ve Saruhan buğdayları ve bulgurun ısı yayılım katsayılarını %5,9 – 39,71 nem içeriği aralığında Ereğli için  $8,92 \times 10^{-8}$  –  $11,43 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s, Saruhan için  $8,76 \times 10^{-8}$  –  $10,78 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s arasında değiştiğini ve bulgur için  $8,28 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s olarak bulmuşlardır. Ayrıca nem içeriğine bağlı olarak ısı yayılım katsayısında azalma olduğunu tespit etmişlerdir.

Tavman ve Tavman (1997) yine Ereğli ve Saruhan buğdayları ile buğday ürünü olan bulguru materyal olarak kullanarak ısı iletim katsayısı tespitinde bulunmuşlar. Üç çeşit materyalin ısı iletim katsayılarını belirlemek için yapılan çalışmada %9,17 – 38,65 nem içeriği aralığında ısı iletim katsayısının 0,159 – 0,201 W/m K arasında değiştiği ve nem içeriği ile ısı iletim katsayısı arasında pozitif doğrusal bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir.

Shrivastava ve Datta (1998) %10,24 - %89,68 nem ve 40 – 70 °C sıcaklık aralığında, üç farklı yoğunluktaki ( 111,06 , 383,49 ve 655,86 kg/m<sup>3</sup> ) mantarla ilgili bir çalışma yapmışlar. Yapılan bu çalışmada nem oranının özgül ısı ve ısı iletkenlik katsayısı üzerinde önemli bir etkisinin olduğu ortaya çıkmış ve yoğunluğun da mantarın ısı iletkenliği üzerine etkisinin çok önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Singh ve Goswami (2000) kimyon tohumlarıyla yaptıkları araştırmada kimyonun özgül ısını, ısı iletkenlik katsayısını ve ısı yayılım katsayısını tespit etmeye çalışmışlardır. Kimyonun özgül ısını –70°C ile 50°C sıcaklık ve %1,8 - %20,5 nem aralığında 1330 – 3090 J/kg K, ısı iletkenlik katsayısını –50°C ile 50°C sıcaklık ve %1,8 - %20,5 nem aralığında 0,046 – 0,223 W/m K olarak bulmuşlardır.

Isı yayılım katsayısı ise %1,8 - %11,1 nem aralığında  $14,72 \times 10^{-8} - 12,87 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$  iken %20,5 nem oranında  $13,96 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$  olarak bulunmuştur. Bu bulguların sonucunda; özgül ısının ve ısı iletkenlik katsayısının kimyonun nem içeriğiyle doğrusal bir ilişki gösterdiğini ve nem içeriğinin artmasıyla özgül ısı ve ısı iletkenliğinin artış gösterdiğini, nem içeriğinin artmasıyla tohumların ısı yayılım katsayısının azalma gösterdiğini ve aralarında doğrusal bir ilişkinin olduğunu belirtmişlerdir.

%17 - %87 nem ve 10 – 60 °C sıcaklık aralığında sarımsağın özgül ısısını belirlemek için yapılan araştırmada özgül ısının nem oranı ve sıcaklığa bağlı değişimi incelenmiş, özgül ısının nem oranı ve sıcaklığa bağlı olarak arttığı bulunmuş ve bu değerlerle yapılan istatistik çalışmada nem oranının yüksek olduğu durumlarda nem içeriği ve özgül ısı ilişkisini belirleyen  $R^2$  değerinin 0,5 civarlarına indiği gözlenmiştir (Kramkowski vd. 2001).

Perez – Alegria vd. (2001) kahve çekirdeklerinin %4,2 - %56,0 nem aralığında ısıl özelliklerinin belirlenmesi için yaptıkları çalışmada örnek materyallerin özgül ısı ve ısı iletim katsayılarını incelemişler. Çalışma sonunda %4,2 - %56,0 nem aralığında özgül ısının 1,5 – 5 kJ/kg K arasında, aynı nem aralığında ısı iletim katsayısının da 0,01 – 0,02 W/m K arasında değiştiğini ve nem içeriğiyle özgül ısı ve ısı iletkenlik katsayısı arasında pozitif doğrusal bir ilişkinin olduğunu belirtmişlerdir.

Hodan otu (*Borago officinalis*) tohumlarının 6 – 20 °C sıcaklık ve %1,2 - %30,3 nem aralığında özgül ısı, ısı iletkenlik katsayısı ve ısı yayılım katsayısının tespitine yönelik yapılan bir çalışmada hodan otu tohumlarının özgül ısının 0,77 – 1,99 kJ/kg K, ısı iletkenlik katsayısının 0,11 – 0,28 W/m K, ısı yayılım katsayısının da  $2,32 \times 10^{-7} - 3,18 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  arasında değiştiği ve bu ısıl özelliklerin nem içerikleriyle doğrusal bir ilişki içinde oldukları belirlenmiştir (Yang vd. 2002).

Kayısoğlu vd. (2003), yaptıkları çalışmada arpa, buğday, mısır ve ayçiçeği tanelerinin ısı iletkenliği ile nem oranları arasında bir ilişki kurmaya çalışmışlardır.



Yapılan denemeler sonucunda nem içeriği ve ısı iletkenlik arasındaki ilişkinin  $R^2$  değerlerinin 0,96 ile 0,99 arasında olduğu bulunmuş ve nem oranı arttıkça ısı iletkenliğinin de arttığını belirtmişlerdir.

Irtwange ve Igbeka (2003) TSs 137 ve TSs 138 tipi iki African yam bean üzerinde hasattan sonraki süreç ve depolama özelliklerine yönelik bilgi sağlamak amacıyla %4, %8, %12 ve %16 nem içeriğinde bir çalışma yürütmüşlerdir. %4 - %16 nem aralığında ısı yayılım katsayısının TSs 137 için  $1,28 \times 10^{-7}$ 'den  $8,51 \times 10^{-8}$   $m^2/s$ 'ye, TSs 138 için  $1,42 \times 10^{-7}$ 'den  $8,51 \times 10^{-8}$   $m^2/s$ 'ye kadar azalırken iki tür için de özgül ısının 2098'den 4992 J/kg °C arasında değiştiği gözlenmiştir. Her iki üründe de özgül ısı ve ısı yayılım katsayıları üzerinde nem oranının etkisinin önemli olduğu bulunmuştur.

25 °C ile 100 °C sıcaklık ve %7 - %25 nem aralığında nohutun ısı iletkenliğinin belirlenmesi için yapılan deneyler sonucunda sıcaklık ve nem artışı ile birlikte ısı iletkenliğinin de arttığı gözlenmiştir. Bununla beraber nem içeriğinin ve sıcaklığın ısı iletkenliği üzerine etkilerini gösteren deneysel bir denklem geliştirilmiştir (Tabil ve Sabapathy 2003).

Hsu ve Heldman (2004) sulu nişastanın ısı iletkenliğini belirlemek ve hem taneli hem de jölemsi sulu nişastanın ısı iletkenliğine ilişkin tahminde kullanılabilecek teorik bir model geliştirmeyi amaçlamışlardır. Bu çerçevede nişastanın ısı iletkenliğini %55 - %70 nem içeriği ve 5 °C – 45 °C sıcaklık aralıklarının bir fonksiyonu olarak ve sondaj metodu kullanılarak deneysel olarak incelemişlerdir. Sonuçta deneysel ısı iletkenliği hem taneli hem de jölemsi sulu nişastanın artan nem içeriği ve sıcaklık miktarıyla birlikte arttığı gözlenmiştir.

Kumcuoğlu vd. (2004) nem içeriği %52,99 ile %69,64 aralığında olan dana kıyma, dana sucuk, dana köfte, hindi kıyma, hindi sosis ve hindi sucuk hamurları gibi bazı et ürünlerinin 25 °C ile 80 °C sıcaklık aralığında ısı yayılım katsayılarının tespiti konusunda bir çalışma yapmışlardır. Sonuçları sıcaklığın fonksiyonu olarak

değerlendirmişler ve tüm örneklerde ısı yayılım katsayısının sıcaklıkla artış gösterdiği sonucuna varmışlardır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Örneklerin Hazırlanması

Araştırmada kullanılan rezene, anason, kişniş, susam, keten ve aspir tohumları yabancı maddelerden ( taş, toprak, kırık dane, vb.) temizlenmiş ve ilk nem içerikleri kuru esasa (db) göre belirlenmiştir (ASAE Standarts 352, 1998; AOAC, 1990). Bu taneli materyallerin farklı nem seviyelerinin elde edilmesi için ilk nem içeriğine bağlı olarak örneklere ilave edilmesi gereken saf su miktarı hesap edilmiş ve örneklere su ilave edilmiş ve sızdırmaz plastik bir torba içerisine konulduktan sonra soğuk hava deposunda +4°C’de 48 saat bekletilmiştir. Soğuk hava deposuna konulan su ilave edilmiş torbalar tohumlarda tekdüze bir nem içeriğinin sağlanması için 12 saat aralıklarla alt üst edilmiştir (Singh ve Goswami, 2000; Yang vd. 2003; Irtwange ve Igbeka, 2003).

Nemlendirme işleminden sonra soğuk hava deposundan alınan örnekler, plastik torbalardan çıkartılmış ve laboratuvar ortamına bırakılarak ortam sıcaklığına ulaşması ve serbest nemin uzaklaşması sağlanmıştır. Farklı nem seviyelerinin elde edilmesi için nemlendirilmiş olan örnekler laboratuvar ortamında kurumaya bırakılmış ve 5 farklı nem seviyesi elde edilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Örneklerin nem içerikleri (% db)

Materyal	Nem Seviyesi				
	I	II	III	IV	V
Rezene	30,10	23,40	18,80	13,50	10,80
Anason	56,00	41,10	27,70	22,40	10,40
Kişniş	37,60	25,30	17,70	11,60	8,25
Susam	40,60	31,30	19,40	10,10	8,10
Keten	27,60	16,30	12,40	9,60	7,49
Aspir	24,30	19,00	12,60	8,90	7,26

### 3.2. Özgül Isının Belirlenmesi

Örneklerin özgül ısılarının belirlenmesinde karışım yöntemi ( Mixtures Method) kullanılmıştır (Mohsenin, 1980; Perez-Alegria vd. 2001; Subramanian ve Viswanathan, 2003). Karışım yöntemi taneli ürünlerin özgül ısılarının belirlenmesinde en uygun yöntemlerden biridir (Mohsenin, 1980). Bu yöntem; ısı yalıtımı olan kapalı bir ortamda temas halinde olan sıcak ve soğuk kaynak arasında kütle transferi olmaksızın sıcak kaynağın kaybettiği ısının soğuk kaynağın kazandığı ısı miktarına eşit olduğu ilkesine dayanmaktadır. Taneli ürünlerin su ile temas ederek suyu absorbe etmemesi için örneklerin içerisine konulacağı ağırlığı ve özgül ısısı bilinen 50,65 mm uzunluğunda 44 mm çapında ve 1,5 mm et aklınlığına sahip bir cam kapsül kullanılmıştır. Oda sıcaklığındaki soğuk örnekler cam kapsül içerisine sızdırmaz şekilde yerleştirilmiş, sıcak kaynak olarak (90°C) kullanılan kalorimetre içerisindeki saf suyun (300 ml) içerisine daldırılmış ve suyun sıcaklık değişimi Fluke 54 II termometre ve k tipi termokupl ile 1 s aralıklarla kayıt edilmiştir (Şekil 3.1). Sıcak kaynağın sıcaklık düşüşünün durduğu ve değişiminin olmadığı anda kayıt işlemi durdurulmuş ve örneğin özgül ısısı ( $c_{\bar{o}}$ ) aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesap edilmiştir (Mohsenin, 1980; Perez-Alegria vd. 2001; Subramanian ve Viswanathan, 2003). Nem içeriğinin özgül ısı üzerine etkisini belirlemek için denemeler her bir ürün için her nem seviyesinde iki tekrarlı olarak yapılmıştır.

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

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

Burada:

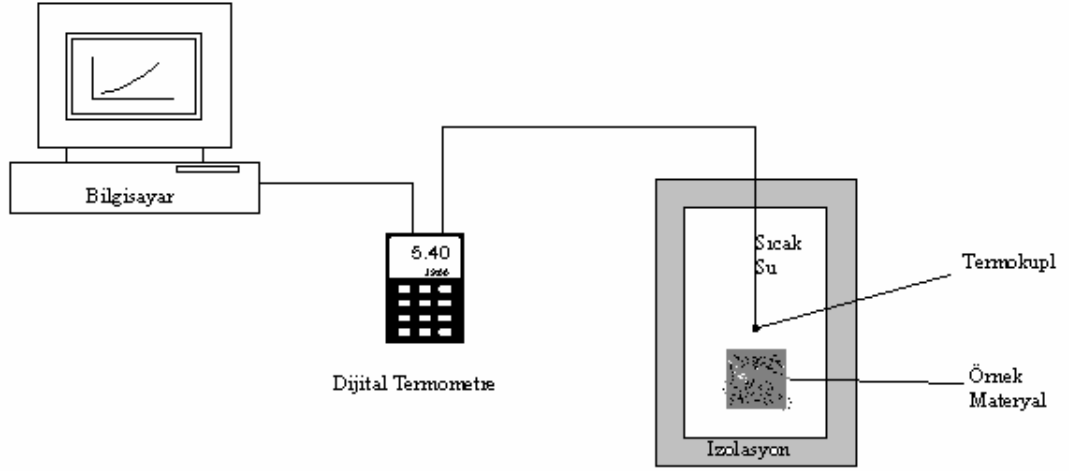
$c_{\bar{o}}$  : Örnek materyalin özgül ısısı; kJ/kg K

$c_s$  : Suyun özgül ısısı (4,187); kJ/kg K

$c_k$  : Kalorimetre kabının özgül ısısı; kJ/kg K

$w_s$  : Kalorimetre kabındaki suyun miktarı; kg

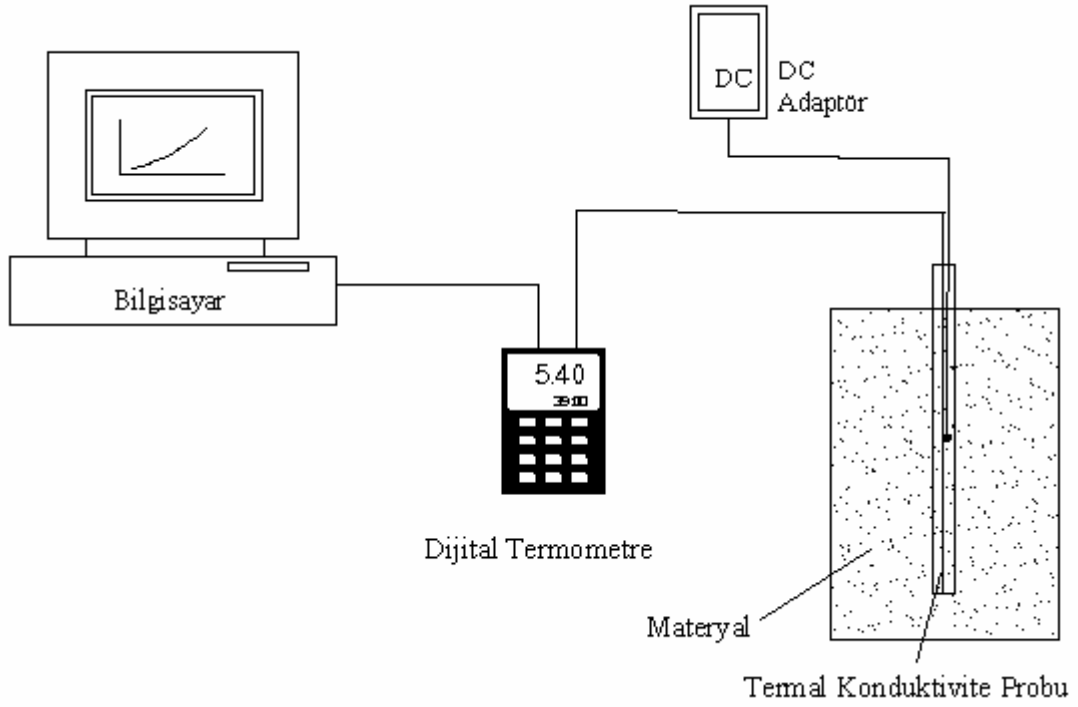
- $w_k$  : Kalorimetre kapsülünün ağırlığı; kg  
 $w_ö$  : Örnek materyalin ağırlığı; kg  
 $T_d$  : Denge sıcaklığı; K  
 $T_{si}$  : Suyun ilk sıcaklığı; K  
 $T_{öi}$  : Örnek materyalin ilk sıcaklığı; K



Şekil 3.1. Özgül ısı ölçüm düzeneği

### 3.3. Isı İletim Katsayısının Belirlenmesi

Rezene, anason, kişniş, susam, keten ve aspir tohumlarının ısı iletim katsayıları kararlı hal (steady state) koşullarında ısı iletkenlik probu kullanılarak belirlenmiştir (Mohsenin, 1980; Tavman ve Tavman, 1998; Shrivastava ve Datta, 1999; Singh ve Goswami, 2000; Kayisoglu vd. 2004; Tabil, 2003). Isı iletim katsayısının belirlenmesi için kullanılan ölçüm düzeneği Şekil 3.2.'de görülmektedir. Isı iletkenlik probu 3,84 mm çapında, 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.



Şekil 3.2. Isı iletim katsayısı ölçüm düzeneği

Örnek merkezine yerleştirilen ısı iletkenlik 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.

Isı iletim katsayısının ( $k_{\delta}$ ) hesaplanmasında aşağıdaki (3) nolu eşitlik kullanılmıştır (Tavman ve Tavman, 1998; Shrivastava ve Datta, 1999; Singh ve Goswami, 2000; Sabapathy ve Tabil 2003).

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

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 ve Tabil 2003; Kayisoğlu vd., 2004).

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

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

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

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 edilmiş ve ısı iletim katsayısı belirlenmiştir.

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

Denemeler her bir taneli ürün için her bir nem seviyesinde iki tekrarlı yapılmış ve nem içeriğinin ısı iletim katsayısına etkisi incelenmiştir.

### 3.4. Isı Yayılım Katsayısının Hesaplanması

Araştırmada kullanılan taneli ürünlerin ölçülen özgül ısı ( $c_{\delta}$ ), ısı iletim katsayısı ( $k_{\delta}$ ) ve ürünün nem içeriğine bağlı olarak elde edilen yoğunluğundan ( $\rho_{\delta}$ ) yararlanılarak örnek materyallere ait ısı yayılım katsayısı ( $\alpha_{\delta}$ ) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir (Lewis, 1996; Singh ve Goswami, 2000).

Örnek materyallerin nem içeriklerinin ısı yayılım katsayısına etkisi incelenmiştir.

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

Burada;

- $\alpha_{\delta}$  : Örnek materyalin ısı yayılım katsayısı; m<sup>2</sup>/s,  
 $k_{\delta}$  : Örnek materyalin ısı iletim katsayısı; W/m K,  
 $\rho_{\delta}$  : Örnek materyalin yoğunluğu; kg/m<sup>3</sup>  
 $c_{\delta}$  : Örnek materyalin özgül ısı; j/kg K

Denemeler sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde ve nem içeriğinin ısısal özellikler üzerine etkisini veren denklemlerin seçilmesinde ve elde edilen denklemin güvenilirliğinin analizi için MİNİTAB Release 14 ve DataFit 8.0 istatistik paket programları kullanılmıştır.



## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Özgül Isı

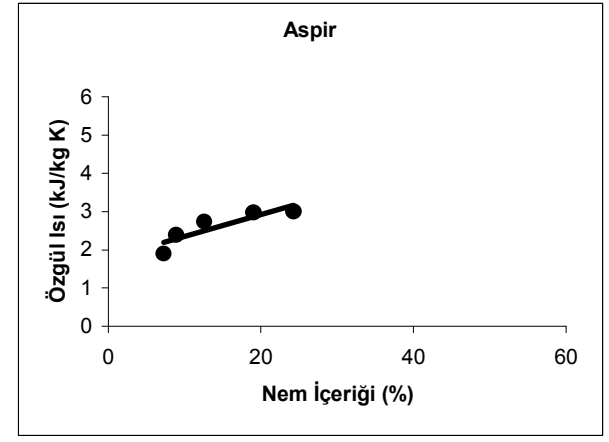
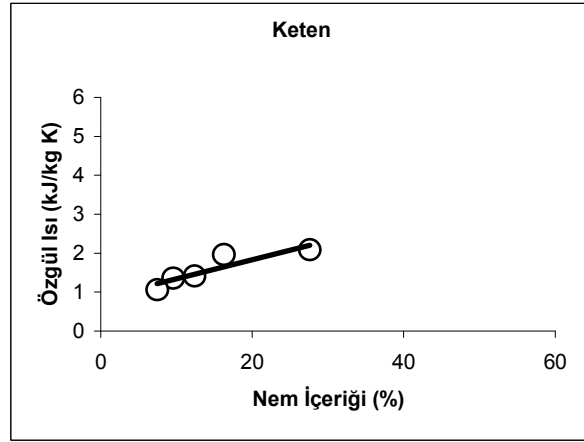
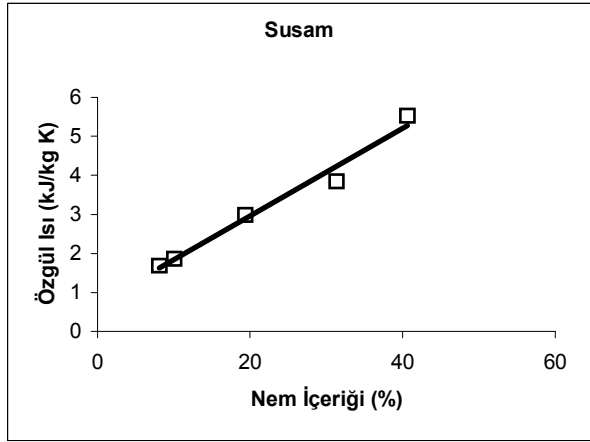
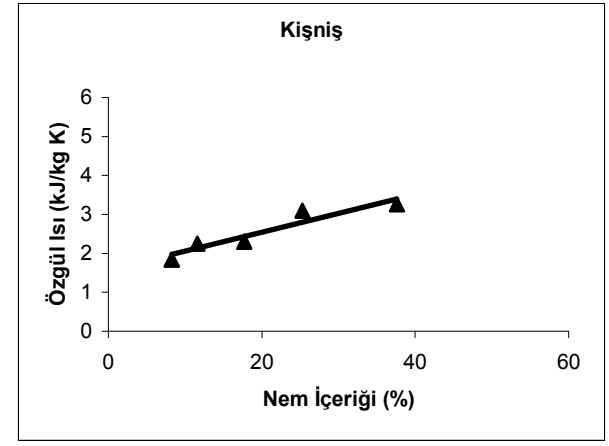
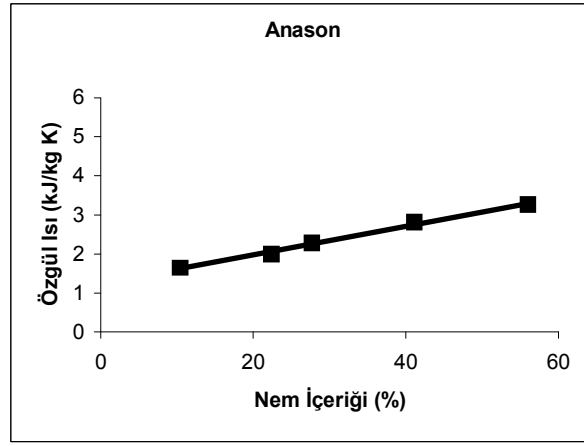
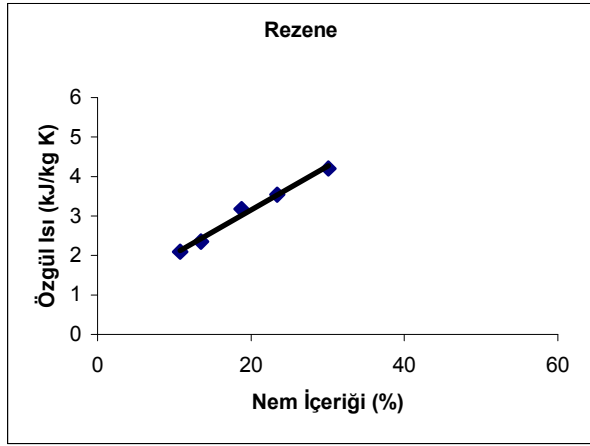
Yapılan denemeler sonucunda elde edilen rezene, anason, kişniş, susam, keten ve aspir tohumlarına ait özgül ısı değerleri Çizelge 4.1.'de görülmektedir. Özgül ısı değerleri rezene için %10,80 – 30,10 (db) nem aralığında 2,09 – 4,20 kJ/kg K, anason için %10,40 – 56,00 (db) nem aralığında 1,65 – 3,26 kJ/kg K, kişniş için %8,25 – 37,60 (db) nem aralığında 1,84 – 3,26 kJ/kg K, susam için %8,10 – 40,60 (db) nem aralığında 1,68 – 5,52 kJ/kg K, keten için %7,49 – 27,60 (db) nem aralığında 1,05 – 2,08 kJ/kg K, aspir için %7,26 – 24,30 (db) nem aralığında 1,90 – 3,00 kJ/kg K arasında gerçekleşmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Örneklerin özgül ısı değerleri (kJ/kg K)

Materyal	Nem Seviyesi				
	I	II	III	IV	V
Rezene	4,20	3,54	3,18	2,35	2,09
Anason	3,26	2,81	2,28	1,99	1,65
Kişniş	3,26	3,10	2,30	2,24	1,84
Susam	5,52	3,84	2,98	1,86	1,68
Keten	2,08	1,96	1,41	1,35	1,05
Aspir	3,00	2,97	2,73	2,38	1,90

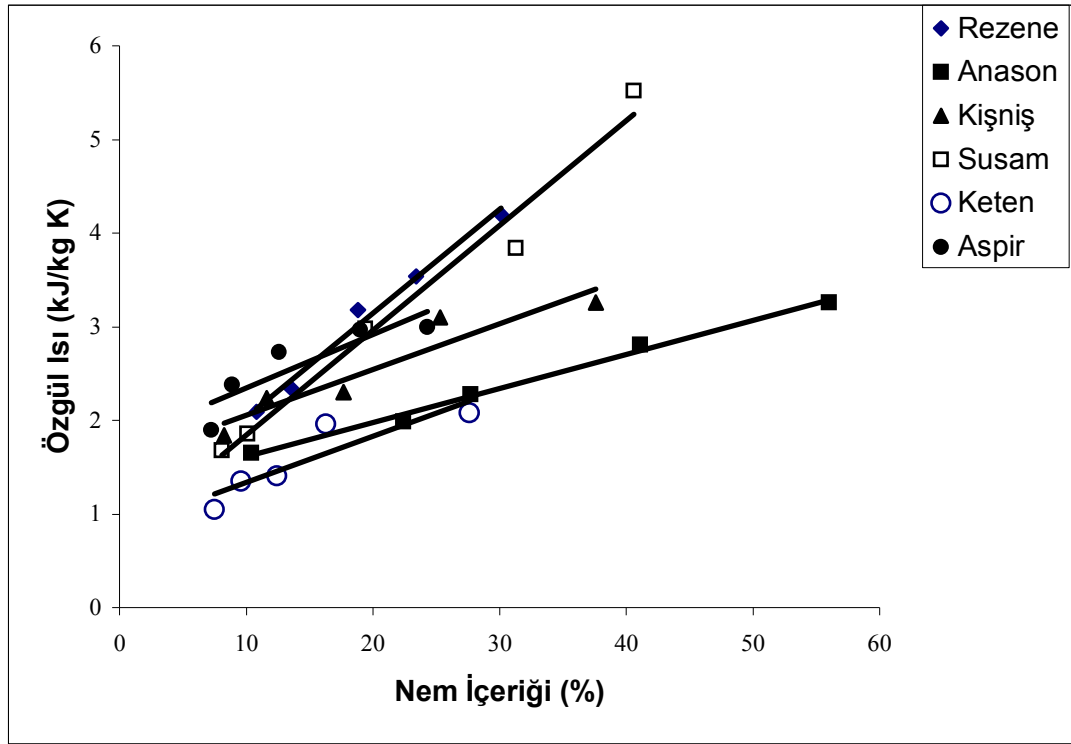
Örnek materyallerin nem içeriğinin özgül ısı değerini etkilediği görülmüş (Şekil 4.1) ve nem içeriği ve özgül ısı değeri arasında doğrusal bir ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Subramanian ve Viswanathan (2003), yaptıkları çalışmada altı çeşit darı ve unlarının ısıl özelliklerini belirlemişler ve %10 - %30 nem aralığında özgül ısının materyalin nem içeriğiyle pozitif bir ilişki gösterdiğini belirtmişlerdir. Yang vd. (2002) üç farklı sıcaklık ve beş farklı nem içeriğinde hodan tohumlarının özgül ısı değerlerini belirlemek için yaptıkları çalışmada hodan tohumlarının özgül ısısının 0,77 – 1,99 kJ/kg K arasında değiştiğini ve tohumların nem içeriğinin özgül ısıyı pozitif şekilde etkilediğini belirtmiştir. Sing ve Goswami

(2000) kimyon, Perez-Alegria vd. (2001) kahve tohumları, Hsu vd. (1991) antep fıstığı ile yaptıkları çalışmalarda özgül ısının nem artışıyla doğrusal bir ilişki gösterdiğini belirtmişlerdir.



Şekil 4.1. Örneklerin özgül ısılarının nem içeriği ile değişimi

Örneklerin özgül ısı değerlerinin nem içeriğine bağlı olarak değişimleri farklılık göstermiştir (Şekil 4.1). Rezene, susam ve anasonun özgül ısı değerlerinin nem içeriği ile değişimi kişniş, keten ve aspirin özgül ısı değerlerinin nem içeriği ile değişiminden daha kuvvetli bir ilişki göstermiştir (Çizelge 4.2; Şekil 4.2). Tüm ürünler için nem içeriğinin özgül ısı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2).



Şekil 4.2. Özgül ısının nem içeriği ile değişimi

Çizelge 4.2. Örneklerin özgül ısılarının nem içeriği ile değişimini veren denklemler

Materyal	Denklem	R <sup>2</sup>	S	F
Rezene	$c = 0,1109 \text{ Nem } (\%, \text{ db}) + 0,9285$	0,9868	0,1147	224,08**
Anason	$c = 0,0365 \text{ Nem } (\%, \text{ db}) + 1,2489$	0,9930	0,0619	428,06**
Kişniş	$c = 0,0488 \text{ Nem } (\%, \text{ db}) + 1,5673$	0,8949	0,2269	25,53*
Susam	$c = 0,1121 \text{ Nem } (\%, \text{ db}) + 0,7217$	0,9776	0,2726	130,76**
Keten	$c = 0,0493 \text{ Nem } (\%, \text{ db}) + 0,8460$	0,8111	0,2182	12,88*
Aspir	$c = 0,0571 \text{ Nem } (\%, \text{ db}) + 1,7725$	0,7803	0,2498	10,66*

\*p<0,05' e göre önemli; \*\*p<0,01' e göre önemli

## 4.2. Isı İletim Katsayısı

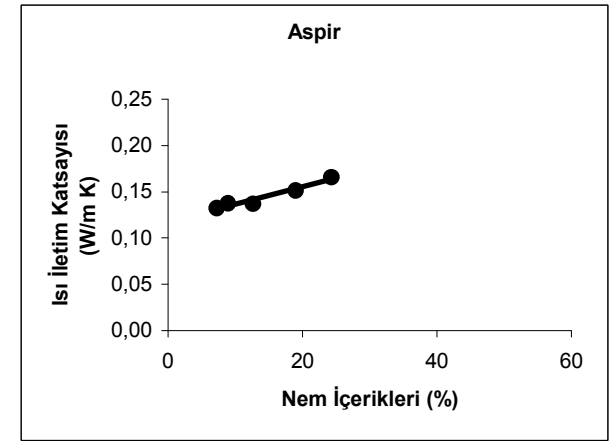
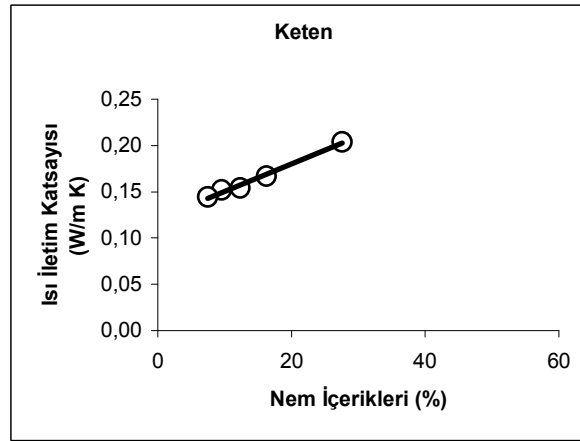
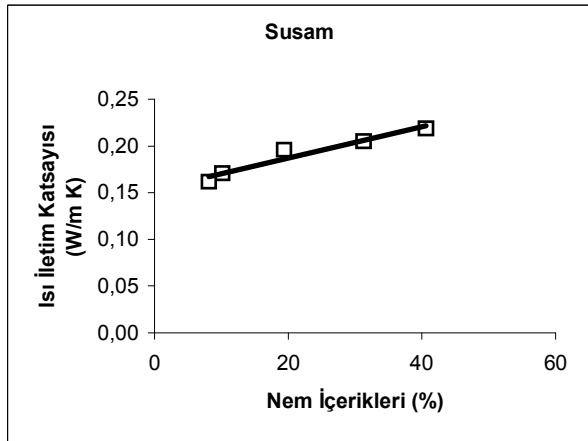
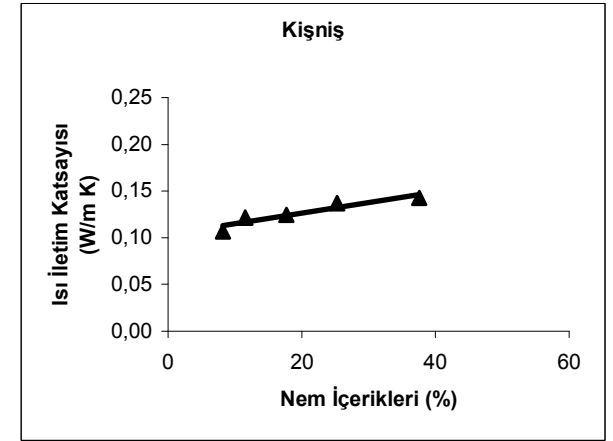
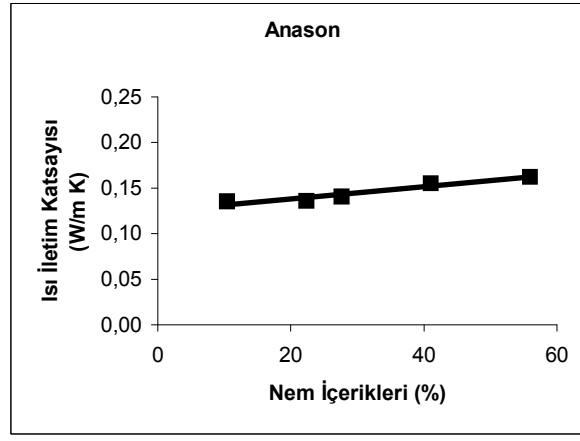
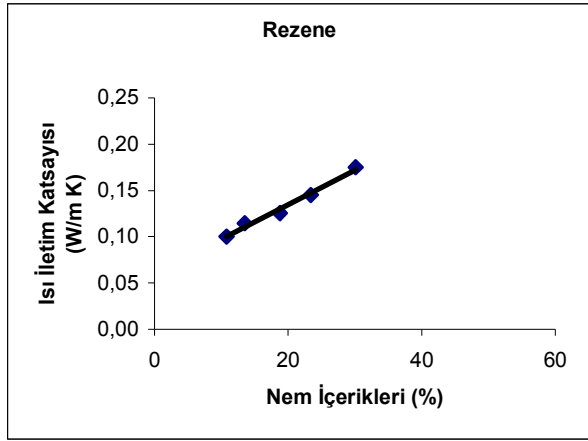
Denemeler sonucunda rezene, anason, kişniş, susam, keten ve aspir tohumlarına ait ısı iletim katsayıları Çizelge 4.3.'te görülmektedir. Isı iletim katsayıları rezene için %10,80 – 30,10 (db) nem aralığında 0,101 – 0,175 W/m K, anason için %10,40 – 56,00 (db) nem aralığında 0,135 – 0,162 W/m K, kişniş için %8,25 – 37,60 (db) nem aralığında 0,107 – 0,143 W/m K, susam için %8,10 – 40,60 (db) nem aralığında 0,162 – 0,219 W/m K, keten için %7,49 – 27,60 (db) nem aralığında 0,144 – 0,204 W/m K, aspir için %7,26 – 24,30 (db) nem aralığında 0,133 – 0,166 W/m K arasında gerçekleşmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Örneklerin ısı iletkenlik katsayıları (W/m K)

Materyal	Nem Seviyesi				
	I	II	III	IV	V
Rezene	0,175	0,145	0,126	0,115	0,101
Anason	0,162	0,155	0,140	0,136	0,135
Kişniş	0,142	0,137	0,124	0,122	0,107
Susam	0,219	0,205	0,196	0,171	0,162
Keten	0,204	0,167	0,156	0,152	0,144
Aspir	0,166	0,152	0,137	0,137	0,133

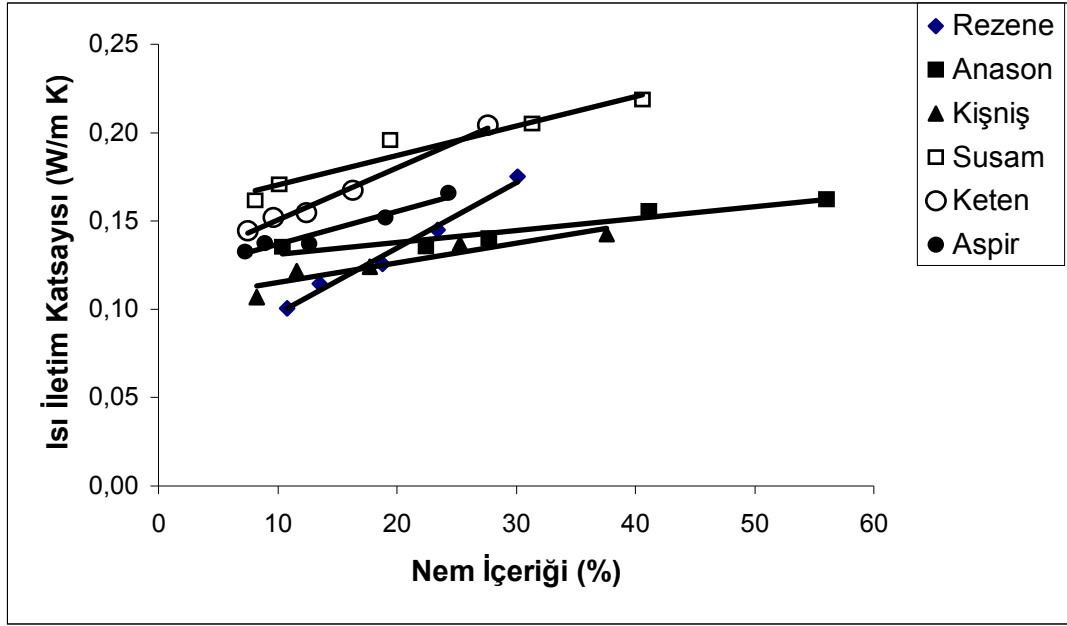
Örnek materyallerin nem içeriğinin ısı iletkenlik katsayılarını etkilediği görülmüş ve nem içeriğinin artmasıyla ısı iletim katsayısının doğrusal olarak arttığı tespit edilmiştir (Şekil 4.3). Üç çeşit buğdayın ısı iletim katsayılarını belirlemek için yapılan çalışmada %9,17 – 38,65 nem içeriği aralığında ısı iletim katsayısının 0,159 – 0,201 W/m K arasında değiştiğini ve nem içeriği ile ısı iletim katsayısı arasında pozitif 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 pozitif bir ilişki gösterdiğini belirtmişlerdir. Yang vd. (2002) üç farklı sıcaklık ve beş farklı nem içeriğinde hodan tohumlarının ısı iletim katsayılarını belirlemek için yaptıkları çalışmada hodan

tohumlarının ısı iletim katsayılarının %1,2 – 30,3 nem içeriği aralığında 0,11 – 0,28 W/m K arasında değiştiğini ve tohumların nem içeriğinin ısı iletim katsayısını pozitif şekilde etkilediğini belirtmiştir. Isı iletim katsayısının belirlenmesi için Yang vd (2003) eltik, Kayisoglu vd (2004) mısır, arpa, ayçiçeği, buğday, Singh ve Goswami (2000) kimyon, Perez-Alegria vd. (2001) kahve tohumları ile yaptıkları çalışmalarda ısı iletim katsayısının nem artışıyla doğrusal bir ilişki gösterdiğini belirtmişlerdir.



Şekil 4.3. Örneklerin ısı iletim katsayılarının nem içeriği ile değişimi

Isı iletim katsayısının nem içeriğine bağlı olarak değişimi her ürün için farklılık göstermektedir (Şekil 4.4). Tüm örneklerin nem içeriği değişimi örneğin ısı iletkenlik katsayısını önemli derecede etkilemiş ve tüm örneklerin nem içeriği ile ısı iletkenlik katsayıları arasında sıkı ilişkiler meydana gelmiştir (Çizelge 4.4, Şekil 4.4)



Şekil 4.4. Isı iletim katsayısının nem içeriği ile değişimi

Çizelge 4.4. Örneklerin ısı iletkenlik katsayılarının nem içeriği ile değişimini veren denklemler

Materyal	Denklem	R <sup>2</sup>	S	F
Rezene	$k = 0,0037 \text{ Nem } (\%, \text{ db}) + 0,0603$	0,9851	0,0041	198,94**
Anason	$k = 0,0007 \text{ Nem } (\%, \text{ db}) + 0,1244$	0,9212	0,0040	34,55*
Kişniş	$k = 0,0011 \text{ Nem } (\%, \text{ db}) + 0,1041$	0,8738	0,0058	26,66*
Susam	$k = 0,0017 \text{ Nem } (\%, \text{ db}) + 0,1539$	0,9423	0,0066	48,98**
Keten	$k = 0,003 \text{ Nem } (\%, \text{ db}) + 0,121$	0,9893	0,0028	274,00**
Aspir	$k = 0,0019 \text{ Nem } (\%, \text{ db}) + 0,1179$	0,9488	0,0036	56,00**

\*p<0,05' e göre önemli; \*\*p<0,01'e göre önemli



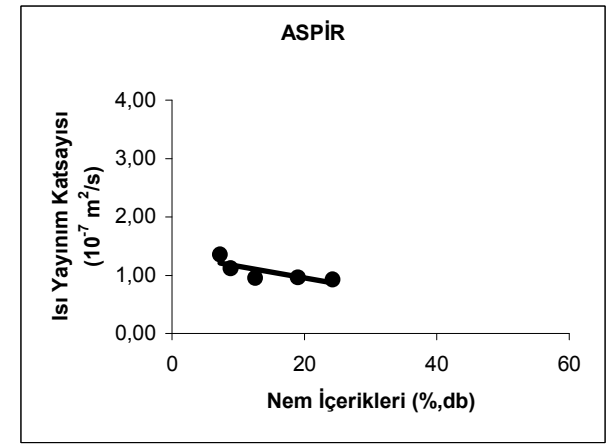
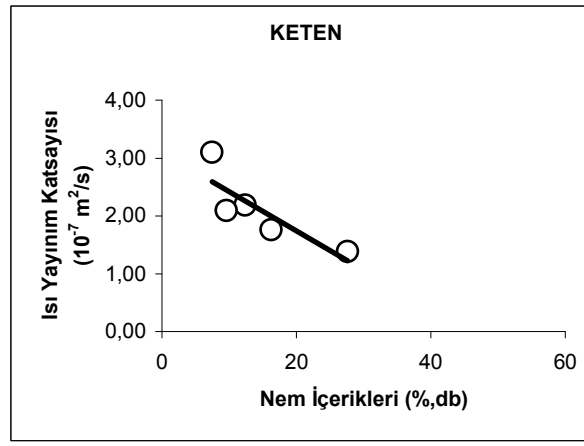
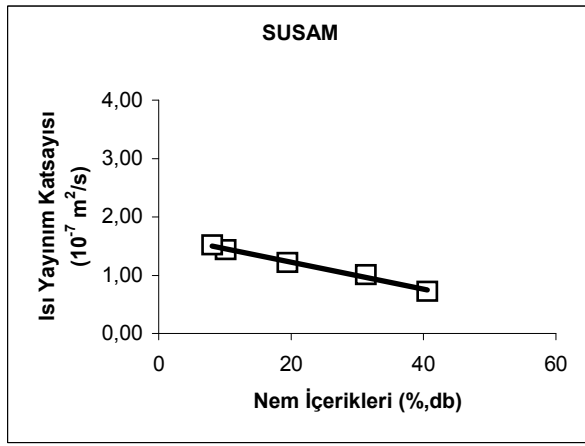
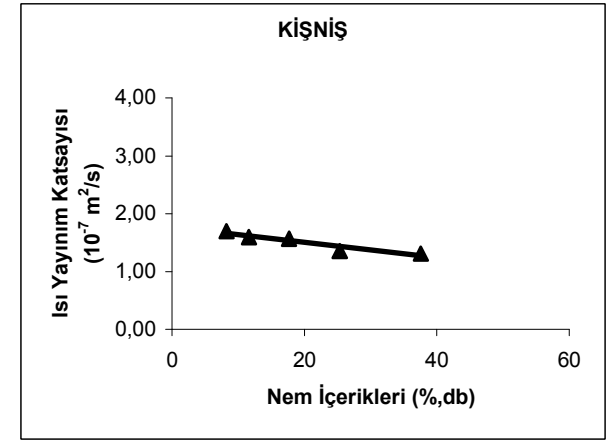
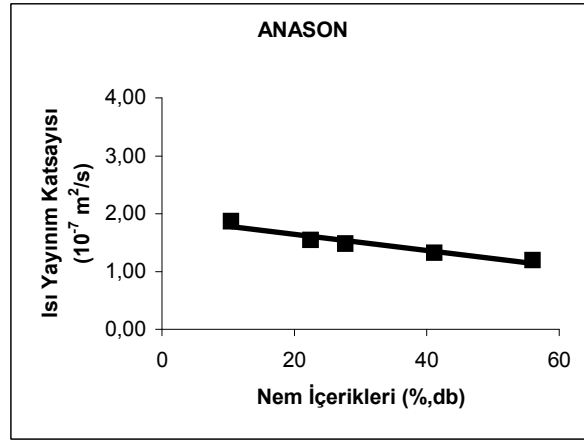
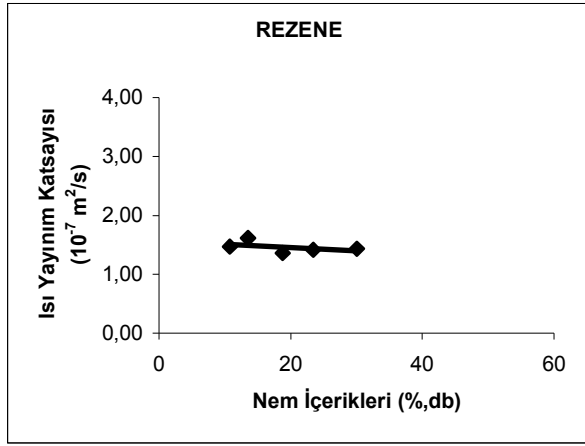
### 4.3. Isı Yayınım Katsayısı (Diffusivite)

Rezene, anason, kişniş, susam, keten ve aspir tohumlarına ait ısı yayınım katsayıları Çizelge 4.5.'te görülmektedir. Buna göre rezenenin ısı yayınım katsayısı %10,80 – 30,10 (db) nem aralığında  $1,36 \times 10^{-7} - 1,618 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  arasında, anasonun ısı yayınım katsayısı %10,40 – 56,00 (db) nem aralığında  $1,2 \times 10^{-7} - 1,872 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  arasında, kişnişin ısı yayınım katsayısı %8,25 – 37,60 (db) nem aralığında  $1,31 \times 10^{-7} - 1,692 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  arasında, susamın ısı yayınım katsayısı %8,10 – 40,60 (db) nem aralığında  $7,198 \times 10^{-8} - 1,515 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  arasında, ketenin ısı yayınım katsayısı %7,49 – 27,60 (db) nem aralığında  $1,387 \times 10^{-7} - 3,101 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  arasında, aspirin ısı yayınım katsayısı %7,26 – 24,30 (db) nem aralığında  $9,236 \times 10^{-8} - 1,354 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  arasında bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Örneklerin ısı yayınım katsayıları ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

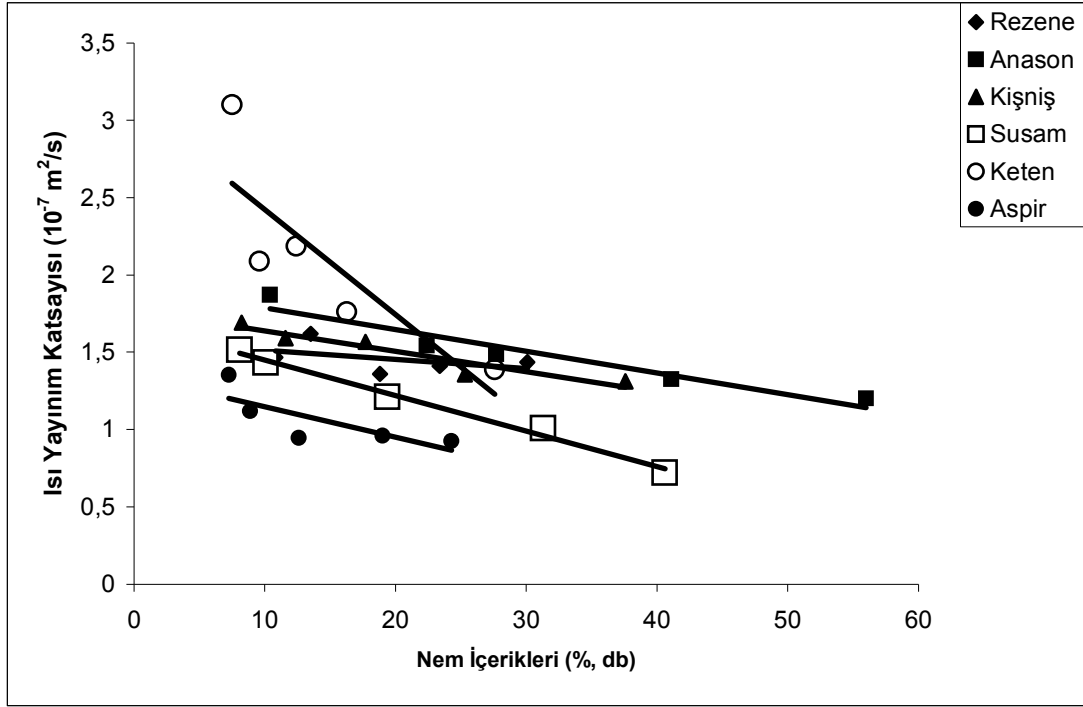
Materyal	Nem Seviyesi				
	I	II	III	IV	V
Rezene	$1,435 \times 10^{-7}$	$1,411 \times 10^{-7}$	$1,360 \times 10^{-7}$	$1,618 \times 10^{-7}$	$1,466 \times 10^{-7}$
Anason	$1,200 \times 10^{-7}$	$1,325 \times 10^{-7}$	$1,487 \times 10^{-7}$	$1,544 \times 10^{-7}$	$1,872 \times 10^{-7}$
Kişniş	$1,310 \times 10^{-7}$	$1,356 \times 10^{-7}$	$1,567 \times 10^{-7}$	$1,591 \times 10^{-7}$	$1,692 \times 10^{-7}$
Susam	$7,198 \times 10^{-8}$	$1,009 \times 10^{-7}$	$1,211 \times 10^{-7}$	$1,432 \times 10^{-7}$	$1,515 \times 10^{-7}$
Keten	$1,387 \times 10^{-7}$	$1,762 \times 10^{-7}$	$2,184 \times 10^{-7}$	$2,088 \times 10^{-7}$	$3,101 \times 10^{-7}$
Aspir	$9,236 \times 10^{-8}$	$9,605 \times 10^{-8}$	$9,456 \times 10^{-8}$	$1,117 \times 10^{-7}$	$1,354 \times 10^{-7}$

Örneklerin ısı yayınım katsayıları her bir örneğin nem içeriğine bağlı olarak değişim göstermektedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Örneklerin ısı yayılım katsayılarının nem içeriği ile değişimi

Anason, kişniş ve susamda nem içeriğinin ısı yayılım katsayısı üzerine etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmuş ve nem içeriği ile ısı yayılım katsayısı arasında sıkı ilişkiler meydana gelmiştir. Rezene, keten ve aspirde ürünün nem içeriği ısı yayılım katsayısını etkilemiş fakat regresyon istatistiki açıdan önemli olmamıştır (Şekil 4.6., Çizelge 4.6).



Şekil 4.6. Isı yayılım katsayısının nem içeriği ile değişimi

Çizelge 4.6. Isı yayılım katsayısının nem içeriği ile değişimini veren denklemler

Materyal	Denklem	R <sup>2</sup>	S	F
Rezene	$\alpha = -5,79 \times 10^{-10} \text{ Nem}_{(\%, \text{ db})} + 1,57 \times 10^{-7}$	0,2116	$9,99 \times 10^{-9}$	0,805
Anason	$\alpha = -1,39 \times 10^{-9} \text{ Nem}_{(\%, \text{ db})} + 1,93 \times 10^{-7}$	0,9242	$8,10 \times 10^{-9}$	36,591**
Kişniş	$\alpha = -1,32 \times 10^{-9} \text{ Nem}_{(\%, \text{ db})} + 1,76 \times 10^{-7}$	0,9034	$5,85 \times 10^{-9}$	28,060*
Susam	$\alpha = -2,31 \times 10^{-9} \text{ Nem}_{(\%, \text{ db})} + 1,68 \times 10^{-7}$	0,9897	$3,78 \times 10^{-9}$	288,87**
Keten	$\alpha = -6,77 \times 10^{-9} \text{ Nem}_{(\%, \text{ db})} + 3,09 \times 10^{-7}$	0,7094	$3,97 \times 10^{-8}$	7,321
Aspir	$\alpha = -1,97 \times 10^{-9} \text{ Nem}_{(\%, \text{ db})} + 1,34 \times 10^{-7}$	0,6029	$1,32 \times 10^{-9}$	4,556

\*p<0,05' e göre önemli; \*\*p<0,01' e göre önemli

Isı yayılım katsayısının hesaplanmasında kullanılan özgül ısı ve ısı iletim katsayılarının nem içeriğinden önemli derecede etkilendiği göz önüne alındığında ısı yayılım katsayısının da etkilenmesi öngörülmekteydi. Fakat ürünlerin nem içeriğine bağlı olarak bazı fiziksel yapılarındaki (boyut) değişimin farklılık göstermesi sonucunda ürünlerin yoğunluklarında değişim düzenli olmamıştır (Çizelge 4.7). Nem içeriğinin ısı yayılım katsayısına etkisinin düşük olması yoğunlukların nem içeriği ile düzensiz değişim göstermesinden kaynaklandığı söylenebilir.

Çizelge 4.7. Örnek Materyallerin yoğunlukları (kg/m<sup>3</sup>)

Materyal	Nem Seviyesi				
	I	II	III	IV	V
Rezene	290,33	290,33	290,33	301,00	328,00
Anason	414,83	417,33	413,67	441,33	437,50
Kışniş	333,70	326,00	344,50	341,30	343,20
Susam	550,17	528,83	541,83	640,00	634,83
Keten	707,00	484,20	501,80	539,30	443,20
Aspir	598,50	532,00	530,70	517,00	515,80

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  $8,92 \times 10^{-8}$  –  $11,43 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s, Saruhan için  $8,76 \times 10^{-8}$  –  $10,78 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s arasında değiştiğini ve bulgur için  $8,28 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s olduğu ve nem içeriğine bağlı olarak ısı yayılım katsayısında azalma olduğu tespit edilmiştir (Tavman vd.,1997). Subramanian ve Viswanathan, 2003 altı çeşit darı ve bu darıların unlarının ısıl özelliklerini belirlemek için yaptıkları çalışmada %10 – %30 nem aralığında ısı yayılım katsayısının materyalin nem içeriğinin artmasıyla azaldığını belirtmişlerdir. Yang vd. (2002) üç farklı sıcaklık ve beş farklı nem içeriğinde hodan tohumlarının ısı yayılım katsayılarını belirlemek için yaptıkları çalışmada hodan tohumlarının ısı yayılım katsayılarının %1,2 – 30,3 nem içeriği aralığında  $2,32 \times 10^{-7}$  –  $3,18 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/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 azalma gösterdiği ve aralarında doğrusal bir ilişkinin olduğu belirtilmiştir (Singh ve Goswami, 2000).

## 5. SONUÇ

Bazı tıbbi ve aromatik bitki tohumlarının bazı ısısal özelliklerinin belirlenmesi ve bu ısısal özellikler üzerine nem içeriğinin etkisi araştırılmıştır. Ürünlerin özgül ısı belirlemesi için karışım yöntemi, ısı iletim katsayısının belirlenmesi için ısı iletim probu ve ısı yayılım katsayısının belirlenmesi için özgül ısı, ısı iletim katsayısı ve yoğunluktan yararlanarak hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Yapılan denemeler sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

Özgül ısı değerleri rezene için %10,80 – 30,10 (db) nem aralığında 2,09 – 4,20 kJ/kg K, anason için %10,40 – 56,00 (db) nem aralığında 1,65 – 3,26 kJ/kg K, kişniş için %8,25 – 37,60 (db) nem aralığında 1,84 – 3,26 kJ/kg K, susam için %8,10 – 40,60 (db) nem aralığında 1,68 – 5,52 kJ/kg K, keten için %7,49 – 27,60 (db) nem aralığında 1,05 – 2,08 kJ/kg K, aspir için %7,26 – 24,30 (db) nem aralığında 1,90 – 3,00 kJ/kg K arasında gerçekleşmiştir. Örnek materyallerin nem içeriği, özgül ısı değerini etkilediği belirlenmiş ve özgül ısının nem içeriğinin artmasıyla artış gösterdiği belirlenmiştir.

Isı iletim katsayısı değerleri rezenede %10,80 – 30,10 (db) nem aralığında 0,101 – 0,175 W/m K, anasonda %10,40 – 56,00 (db) nem aralığında 0,135 – 0,162 W/m K, kişnişte %8,25 – 37,60 (db) nem aralığında 0,107 – 0,143 W/m K, susamda %8,10 – 40,60 (db) nem aralığında 0,162 – 0,219 W/m K, ketende %7,49 – 27,60 (db) nem aralığında 0,144 – 0,204 W/m K, aspirde de %7,26 – 24,30 (db) nem aralığında 0,133 – 0,166 W/m K arasında gerçekleşmiştir. Örnek materyallerin nem içeriğinin ısı iletim katsayısını etkilediği belirlenmiş ve nem içeriğinin artmasıyla ısı iletim katsayısının doğrusal olarak arttığı gözlemlenmiştir.

Isı yayılım katsayısı da rezenede %10,80 – 30,10 (db) nem aralığında  $1,36 \times 10^{-7}$  –  $1,618 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s arasında, anasonda %10,40 – 56,00 (db) nem aralığında  $1,2 \times 10^{-7}$  –  $1,872 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s arasında, kişnişte %8,25 – 37,60 (db) nem aralığında  $1,31 \times 10^{-7}$  –  $1,692 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s arasında, susamda %8,10 – 40,60 (db) nem aralığında

$7,198 \times 10^{-8} - 1,515 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  arasında, ketende %7,49 – 27,60 (db) nem aralığında  $1,387 \times 10^{-7} - 3,101 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  arasında, aspirde de %7,26 – 24,30 (db) nem aralığında  $9,236 \times 10^{-8} - 1,354 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  arasında bulunmuştur. Isı yayılım katsayısında özgül ısı ve ısı iletim katsayılarının tersine bir durumla karşılaşılmıştır. Örnek materyallerin nem içeriklerinin artmasıyla ısı yayılım katsayılarının azaldığı belirlenmiştir.

İncelenen altı çeşit tıbbi ve aromatik bitki tohumlarının özgül ısıları, ısı iletim ve ısı yayılım katsayıları tespit edilmiştir. Gıda ve ilaç sektöründe kullanılan bu materyaller genellikle ısıl işlemde geçirilerek tüketilmektedir. Bu nedenle rezene, anason, kişniş, susam, keten ve aspir tohumlarına ait özgül ısı, ısı iletim ve ısı yayılım katsayılarının mutlaka bilinmesi gerekir. Bu çalışmada bulunan sonuçlar gıda ve ilaç sektörleri için yararlı olacaktır.

## 6. KAYNAKLAR

- Abadoğlu, Ö., 2006. Keten Tohumu ve Allerjik Reaksiyonlar: Bir Olgu Sunumu. Astım Allerji İmmünoloji 2006;4(1):24-25
- Anonim, 2006. Keten, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Keten>, 18.11.2006
- AOAC 1990. Official methods of analysis. Washington DC. Association of official analytical chemists.
- ASAE Standarts. 2003. S352.2: Moisture measurement-Unground grain and seeds. St Joseph, Michigan USA.
- Babaoğlu, M., 2006. Aspir Yetiştiriciliği, <http://www.ziraatci.com/yetistir/sayfa.asp?konuid=72&manual=off&shf=1>, 02.12.2006
- Baydar, H. ve İ. Turgut, 2000. Susam (Sesamum indicum L.) genetiği ve ıslahı üzerine araştırmalar I. bitki tipini belirleyen özelliklerin kalıtımı. Türk J. Biyol. 24 (2000) 503-512 Tübitak.
- DİE, 2004. Tarımsal Yapı. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara.
- Erdoğan, E., A. Kaya, M.Ç. Rağbetli, H. Özbek, N.Cengiz, 2004. Anason (Pimpinella anisum) ekstresinin deneysel akut karaciğer hasarında karaciğer koruyucu etkisi var mı? Van Tıp Dergisi, Cilt: 11, Sayı: 3, Temmuz/2004.
- Er,C. ve M.Yıldız, 1997. Tütün, İlaç ve Baharat Bitkileri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No 1479, Ankara.
- Hsu, M. H., J. D. Mannapperuma ve R. P. Singh, 1991. Physical and thermal properties of pistachios. Journal Agricultural Engineering Research 49(4):311-321.



Hsu, C.L. ve D.R. Heldman, 2004. Prediction models for the thermal conductivity of aqueous starch. International Journal of Food Science and Technology 2004, 39, 737 – 743

TUİK, 2004. [http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab\\_id=136](http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=136), 01.12.2006

Irtwange, S.V. ve 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. ve 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.

Kan, Y., ve A. İpek, 2002. Seçilmiş bazı kişniş (*Coriandrum sativum* L.) hatlarının verim ve bazı özellikleri. 14. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, Bildiriler, 29-31 Mayıs 2002, Eskişehir.

Kaya N., G. Yılmaz, İ. Telci, 2000. Farklı zamanlarda ekilen kişniş (*Coriandrum sativum* L.) popülasyonlarının agronomik ve teknolojik özellikleri. Türk J. Agric For 24 (2000) 355-364 Tübitak.

Kayisoglu, B., H. Kocabiyik ve B. Akdemir, 2004. The effect of moisture content on the thermal conductivities of some cereal grains. Journal of Cereal Science 39: 147–150

Kramkowski, R., E. Kaminski ve M. Serowik, 2001. Effect of moisture and temperature of garlic on its specific heat. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, 2001 Volume 4, Issue 2, Series Agricultural Engineering. <http://www.ejpau.media.pl/volume4/issue2/engineering/art-06.html>

- Kumcuoğlu, S., Ő. Tavman ve İ.H. Tavman, 2004. Bazı et ürünlerinin ısı yayınganlık değęerlerinin sıcaklıkla değışimi. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi* 24, 11 – 17, 2004
- Lewis, M.J. 1996. *Physical properties of foods and food processing systems*. Abington Hall, Abington, Cambridge CBI 6AH England.
- Maden, S., A. Karakaya, K. Erzurum, F. Demirci, G. Tuncer, E. akır, 2004. Antalya, Burdur, Denizli anason ekim alanlarındaki cercospora yanıklık hastalığının (*Cercospora* sp.) yaygınlığı ve mücadelesine yönelik araştırmalar. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri, Ankara – “2005”.
- Mohsenin, N.N. 1980. *Thermal Properties of Food and Agricultural Materials*. New York, NY: Gordon and Breach.
- Özbek, H., 2002. *Foeniculum Vulgare* Miller (Rezene) meyvesi uçucu yağının Lethal Doz 50 (LD<sub>50</sub>) düzeyi ve sağlıklı ve diyabetli farelerde hipoglisemik etkisinin araştırılması. *Van Tıp Dergisi*, Cilt: 9, Sayı: 4, Ekim/2002.
- Perez-Alegria, L.R., H.J. Ciro, ve L. C. Abud, 2001. Physical and thermal properties of parchent coffee bean. *Transactions of the ASAE* 44(6), 1721-1726.
- Sabapathy, N. ve 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. ve A. K. Datta, 1999. Determination of specific heat and thermal conductivity of mushrooms (*Pleurotus florida*). *Journal of Food Engineering* 39:255-260.
- Sırmagül, B., E. Yıldırım, K. Erol, N. Kırımer, Ö. Aslandere, K.H.C. Başer, 2002. Rezene (*Foeniculum vulgare* Mill.) ayının izole damar preparatları üzerine

etkisi. 14. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, Bidiriler, 29-31 Mayıs 2002, Eskişehir.

Singh, K.K. ve T. K.Goswami, 2000. Thermal properties of cumin seed. *Journal of Food Engineering* 45:181-187.

Subramanian, S. ve R. Viswanathan, 2003. Thermal properties of minor millet grains and flours. *Biosystems Engineering* 84(3):289-296.

Şimşek, Ü.G., T. Güler, M. Çiftçi, O.N. Ertaş, B. Dalkılıç, 2005. Esans yağ karışımının (kekik, karanfil ve anason) broylerlerde canlı ağırlık, karkas ve etlerin duyuşal özellikleri üzerine etkisi. *YYÜ Vet. Fak. Derg.* 2005, 16(2):1-5

Tavman, S. ve 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, ve 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 ve 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, ve A. G. Clossen, 2003. Effect of glass transition on thermal conductivity of rough rice. *Biosystems Engineering* 84 (2):193-200.

## EKLER

**Ek. Isısal özellikler üzerine nemin etkisinin Varyans Analiz Sonuçları**

**Rezene,  $c = 0,928 + 0,111$  Rezene Nem % (db)**

Kaynaklar	DF	SS	MS	F	P
Regrasyon	1	2,9492	2,9492	224,08	0,001
Hata	3	0,0395	0,0132		
Toplam	4	2,9887			

**Rezene,  $k = 0,0603 + 0,00372$  Rezene Nem % (db)**

Kaynaklar	DF	SS	MS	F	P
Regrasyon	1	0,0033087	0,0033087	198,94	0,001
Hata	3	0,0000499	0,0000166		
Toplam	4	0,0033586			

**Rezene,  $\alpha = 1,57 \times 10^{-7} - 5,79 \times 10^{-10}$  Rezene Nem % (db)**

Kaynaklar	DF	SS	MS	F	P
Regrasyon	1	$8,042 \times 10^{-17}$	$8,042 \times 10^{-17}$	0,805	0,4357
Hata	3	$2,996 \times 10^{-16}$	$9,988 \times 10^{-17}$		
Toplam	4	$3,801 \times 10^{-16}$			

**Anason,  $c = 1,25 + 0,0365$  Anason Nem % (db)**

Kaynaklar	DF	SS	MS	F	P
Regrasyon	1	1,6412	1,6412	428,06	0,000
Hata	3	0,0115	0,0038		
Toplam	4	1,6527			

**Anason,  $k = 0,124 + 0,000674$  Anason Nem % (db)**

Kaynaklar	DF	SS	MS	F	P
Regrasyon	1	0,00056020	0,00056020	34,55	0,010
Hata	3	0,00004865	0,00001622		
Toplam	4	0,00060885			

**Anason,  $\alpha = 1,93 \times 10^{-7} - 1,39 \times 10^{-9}$  Anason Nem % (db)**

Kaynaklar	DF	SS	MS	F	P
Regrasyon	1	$2,404 \times 10^{-15}$	$2,404 \times 10^{-15}$	36,599	0,0091
Hata	3	$1,970 \times 10^{-16}$	$6,568 \times 10^{-17}$		
Toplam	4	$2,601 \times 10^{-15}$			

**Kişniş,  $c = 1,57 + 0,0488$  Kişniş Nem % (db)**

Kaynaklar	DF	SS	MS	F	P
Regrasyon	1	1,3148	1,3148	25,53	0,015
Hata	3	0,1545	0,0515		
Toplam	4	1,4693			

**Kişniş,  $k = 0,104 + 0,00111$  Kişniş Nem % (db)**

Kaynaklar	DF	SS	MS	F	P
Regrasyon	1	0,00068527	0,00068527	20,66	0,020
Hata	3	0,00009950	0,00003317		
Toplam	4	0,00078477			

**Kişniş,  $\alpha = 1,76 \times 10^{-7} - 1,32 \times 10^{-9}$  Kişniş Nem % (db)**

Kaynaklar	DF	SS	MS	F	P
Regrasyon	1	$9,614 \times 10^{-16}$	$9,6014 \times 10^{-16}$	28,068	0,0131
Hata	3	$1,028 \times 10^{-16}$	$3,425 \times 10^{-17}$		
Toplam	4	$1,064 \times 10^{-15}$			

**Susam,  $c = 0,722 + 0,112$  Susam Nem % (db)**

Kaynaklar	DF	SS	MS	F	P
Regrasyon	1	9,7205	9,7205	130,76	0,001
Hata	3	0,2230	0,0743		
Toplam	4	9,9435			

**Susam,  $k = 0,154 + 0,00166$  Susam Nem % (db)**

Kaynaklar	DF	SS	MS	F	P
Regrasyon	1	0,0021272	0,0021272	48,98	0,006
Hata	3	0,0001303	0,0000434		
Toplam	4	0,0022575			

**Susam,  $\alpha = 1,68 \times 10^{-7} - 2,31 \times 10^{-9}$  Susam Nem % (db)**

Kaynaklar	DF	SS	MS	F	P
Regrasyon	1	$4,134 \times 10^{-15}$	$4,134 \times 10^{-15}$	288,874	0,0004
Hata	3	$4,293 \times 10^{-17}$	$1,431 \times 10^{-17}$		
Toplam	4	$4,177 \times 10^{-15}$			

**Keten,  $c = 0,846 + 0,0493$  Keten Nem % (db)**

Kaynaklar	DF	SS	MS	F	P
Regrasyon	1	0,61371	0,61371	12,88	0,037
Hata	3	0,14289	0,04763		

Toplam	4	0,75660			
<b>Keten, <math>k = 0,121 + 0,00296</math> Keten Nem % (db)</b>					
Kaynaklar	DF	SS	MS	F	P
Regrasyon	1	0,0022077	0,0022077	274,80	0,000
Hata	3	0,0000241	0,0000080		
Toplam	4	0,0022318			

<b>Keten, <math>\alpha = 3,09 \times 10^{-7} - 6,77 \times 10^{-9}</math> Keten Nem % (db)</b>					
Kaynaklar	DF	SS	MS	F	P
Regrasyon	1	$1,158 \times 10^{-14}$	$1,158 \times 10^{-14}$	7,322	0,0734
Hata	3	$4,743 \times 10^{-15}$	$1,581 \times 10^{-15}$		
Toplam	4	$1,632 \times 10^{-14}$			

<b>Aspir, <math>c = 1,77 + 0,0571</math> Aspir Nem % (db)</b>					
Kaynaklar	DF	SS	MS	F	P
Regrasyon	1	0,66491	0,66491	10,66	0,047
Hata	3	0,18721	0,06240		
Toplam	4	0,85212			

<b>Aspir, <math>k = 0,118 + 0,00187</math> Aspir Nem % (db)</b>					
Kaynaklar	DF	SS	MS	F	P
Regrasyon	1	0,00071368	0,00071368	56,00	0,005
Hata	3	0,00003823	0,00001274		
Toplam	4	0,00075191			

<b>Aspir, <math>\alpha = 1,34 \times 10^{-7} - 1,97 \times 10^{-9}</math> Aspir Nem % (db)</b>					
Kaynaklar	DF	SS	MS	F	P
Regrasyon	1	$7,915 \times 10^{-16}$	$7,915 \times 10^{-16}$	4,556	0,1225
Hata	3	$5,212 \times 10^{-16}$	$1,737 \times 10^{-16}$		
Toplam	4	$1,313 \times 10^{-15}$			

## ÇİZELGELER

Çizelge No	Çizelge Adı	Sayfa No
Çizelge 1.1.	Rezene, anason, kişniş, susam, keten ve aspirin ülkemizdeki üretim değerleri (TUİK 2004).....	2
Çizelge 3.1.	Örneklerin nem içerikleri (% db).....	10
Çizelge 4.1.	Örneklerin özgül ısı değerleri (kJ/kg K).....	16
Çizelge 4.2.	Örneklerin özgül ısılarının nem içeriği ile değişimini veren denklemler.....	19
Çizelge 4.3.	Örneklerin ısı iletkenlik katsayıları (W/m K).....	20
Çizelge 4.4.	Örneklerin ısı iletkenlik katsayılarının nem içeriği ile değişimini veren denklemler.....	23
Çizelge 4.5.	Örneklerin ısı yayılım katsayıları (m <sup>2</sup> /s).....	24
Çizelge 4.6.	Isı yayılım katsayısının nem içeriği ile değişimini veren denklemler .....	26
Çizelge 4.7.	Örnek Materyallerin yoğunlukları (kg/m <sup>3</sup> ).....	27

## ŞEKİLLER

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 3.1.	Özgül ısı ölçüm düzeneği.....	12
Şekil 3.2.	Isı iletim katsayısı ölçüm düzeneği.....	13
Şekil 4.1.	Örneklerin özgül ısılarının nem içeriği ile değişimi.....	18
Şekil 4.2.	Özgül ısının nem içeriği ile değişimi.....	19
Şekil 4.3.	Örneklerin ısı iletim katsayılarının nem içeriği ile değişimi.....	22
Şekil 4.4.	Isı iletim katsayısının nem içeriği ile değişimi.....	23
Şekil 4.5.	Örneklerin ısı yayılım katsayılarının nem içeriği ile değişimi.	25
Şekil 4.6.	Isı yayılım katsayısının nem içeriği ile değişimi.....	26



## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : İsmail HACIKURU

**Doğum Yeri ve Yılı** : Gümülcine – YUNANİSTAN / 1961

**Adres** : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Biga Meslek  
Yüksekokulu – ÇANAKKALE

### **Eğitim Durumu**

1967 – 1973 : Aşağıköy Türk İlkokulu – YUNANİSTAN

1973 – 1978 : Gümülcine Azınlık Lisesi Ortaokul Kısmı – YUNANİSTAN

1978 – 1979 : Biga Lisesi Ortaokul Kısmı – Biga/ÇANAKKALE

1979 – 1982 : Biga Lisesi – Biga/ÇANAKKALE

1982 – 1989 : Lisans – Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi  
Makine Mühendisliği Bölümü

2004 - ..... : Yüksek Lisans - Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri  
Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı.

### **Mesleki Deneyim**

1990 – 1993 : Mercan Mühendislik Ltd. Şti. – Üretim Mühendisi

1993 – 2000 : Dekorsan Dış Ticaret ve Metal San. Ltd. Şti. – Üretim Mühendisi –  
Üretim Müdürü – Planlama Müdürü – Fabrika Müdürü

2000 – 2001 : Karaca Asansör A.Ş. – Teknik Sorumlu

2001 – 2002 : Külahçioğlu-Freezer A.Ş. – Üretim Müdürü

2002 - ..... : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Biga Meslek Yüksekokulu –  
Öğretim Görevlisi – Müdür Yardımcısı