

ISIL İŞLEMİN AĞAÇ MALZEMEDE ISI YALITIM ÖZELLİĞİNE ETKİSİ*

Ayhan AYTİN¹, Süleyman KORKUT², Hamiyet Şahin KOL³

¹Düzce Üniversitesi, DMYO, Malzeme ve Malz. İşleme Teknolojileri Böl., 81000, Düzce, TÜRKİYE

²Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, OEM Bölümü, 81000, Düzce, TÜRKİYE

³Karabük Üniversitesi, Orman Fakültesi, OEM Bölümü, Karabük, TÜRKİYE
ayhanaytin@duzce.edu.tr

Özet-Bilindiği gibi doğal bir hammadde olarak çok geniş bir kullanım alanı bulunan ağaç malzeme yapısı gereği iyi bir izolatör olabilme özelliğine sahiptir. Ağaç malzemenin ısı izolatörlüğü çeşitli mühendislik uygulamaları ile daha da iyileştirilebilmektedir. Örneğin bunlardan biri olan ısıtma işlemi, ağaç malzeme ısı izolasyonu kabiliyetini artırmaktadır. Çalışmamızda da Türkiye’de doğal olarak yetişmekte olan ağaç türlerinde ısıtma işlemi ile ısı iletim katsayısı değerlerinde meydana gelen değişimlerle ilgili literatür eksikliğini gidermek amaçlanmış olup, bu amaçla Yabani Kiraz (*Cerasus avium*(L.) Monench) odunu üzerinde çalışılmış, ThermoWood yöntemi ile 190 ile 212°C sıcaklıklarda ve 1 ile 2 saat sürelerde ısıtma işlemi tabii tutulan örnekler üzerinde daha sonra radyal ve teğet yönlerde olmak üzere termal iletkenlik katsayısı ölçümleri yapılmıştır. Sonuç olarak ısıtma işlemi Yabani Kiraz (*Cerasus avium*(L.) Monench) odunda radyal yönde biraz daha fazla olmak üzere normal oduna göre ısı iletkenlik katsayısını yaklaşık % 20 kadar azalttığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler- Isıtma işlemi, Yabani Kiraz, Termal iletkenlik

THE EFFECT OF HEAT TREATMENT ON INSULATING PROPERTIES IN WOODEN MATERIAL

Abstract-As it is known, wooden material that has a wide usage area as a natural raw material is a good insulator because of its structure. The heat insulator of the wooden material can be improved with various engineering applications. For instance; heat treatment, as one of these applications, increases the heat insulating capacity of wooden material. In our study, we aimed to fulfil the need in the literature for changes in thermal conductivity coefficient with heat treatment in tree types grown naturally in Turkey and for this purpose, we worked on Wild Cherry (*Cerasus avium*(L.) Monench) wood and measured the thermal conductivity coefficient of samples heat treated for 1 and 2 hours at 190 and 212°C with ThermoWood method in the radial and tangent directions. As a result, it was determined that heat treatment decreased the thermal conductivity coefficient about 20 % , a little more in radial direction, in Wild Cherry (*Cerasus avium*(L.) Monench) wood.

Keywords- Heat treatment, *Cerasus avium*, Thermal conductivity

1.GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ağaç malzeme, yüzyıllardır insanların çeşitli gereksinimlerini karşılamak için kullanmış oldukları yenilenebilir doğal bir hammaddedir. Literatürde insan gereksinimlerinin karşılanabilmesi amacı ile ağaç malzemenin üretilmiş yaklaşık 10.000 civarında ürün olduğu bildirilmektedir (Bozkurt ve Erdin 1997-1).

Çok geniş kullanım alanı bulunan ağaç malzemenin boyutsal değişim, biyolojik degradasyon ve renk değişimi gibi istenmeyen özellikleri onun kullanım ömrünü kısaltmakta ve değer kayıplarına sebep olmaktadır. Günümüzde çeşitli yöntemler ile ağaç malzemenin bu özelliklerini iyileştirerek kullanım ömrünü uzatmak ve değerini artırmak mümkün olabilmektedir.

Isıl işlem, ağaç malzemenin istenmeyen özelliklerini ortadan kaldırarak kullanım ömrünü uzatmaya yönelik çalışmalardan biri de olarak dikkati çekmektedir(Anonim 2003-2). Esas olarak ısıl işlem, hücre çeperinin polimer bileşiklerinin kimyasal kompozisyonunda kalıcı değişimlerle sonuçlanan fiziksel bir işlemdir. Metodun temel fikri kimyasal reaksiyonların hızlandığı yaklaşık 150°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ağaç malzemenin ısı ile muamele edilmesine dayanmaktadır(Johansson 2005-3). Ayrıca TS CEN/TS 15679(2010-4) standardında ise ısıl işlem görmüş ağaç malzeme, hücre duvarı malzemesinin kompozisyonu ve fiziksel özellikleri 160°C'nin'den daha yüksek sıcaklığa ve oksijen mevcudiyeti azaltılmış şartlara maruz bırakılarak değiştirilmiş odun olarak tasvir edilmektedir. Bu şekilde odunun en azından bazı özellikleri enine kesiti boyunca kalıcı olarak etkilenecek şekilde değiştirilmiş olmaktadır.

Isıl işlem uygulaması odunun moleküler yapısının modifiye edilmesine yol açtığından performansını arttırmaktadır. Isıl işlem uygulaması ile artan potansiyel nitelikler; mantar ve böceklerle karşı biyolojik dayanıklılık, düşük denge rutubet içeriği, daralma ve genişlemedeki azalmaya bağlı olarak artan boyutsal stabilite, artan termal izalasyon kabiliyeti, boya adhezyonu, dış hava şartlarına dayanıklılıkta artma, dekoratif renk çeşitliliği ve kullanım süresinde uzamadır(Enjily ve Jones 2006-5, Wikberg 2004-6).

Isı iletkenliğindeki pozitif yönlü değişim ağaç malzemenin ısıl işleminde hedeflenen ana amaçların yanında ekonomik olarak fırsata dönüştürülebilecek bir kazanımdır. Aslında ağaç malzeme poröz yapısı nedeni ile iyi bir izolatördür. Çünkü odun ve diğer lignoselülozik materyallerin poröz özellikleri enerji transmisyonu için gerekli serbest elektronların noksanlığına dolayısı ile ısıyı az iletmelerine sebep olmaktadır(Bozkurt ve Göker 1987-7, Örs ve Keskin 2001-8).

Isıl işlemde ise uygulama sıcaklığına bağlı olarak yoğunluk düşmekte olup yoğunluk azalması ağaç malzemeyi daha da poröz yapıya dönüştürmektedir. Bu nedenle ısıl işlem görmemiş ağaç malzemeye göre ısıl işlem görmüş ağaç malzeme ısı iletkenlik azalmaktadır(Gu and Hunt 2007-9, Şahin Kol 2009-10, Sefil 2010-11). Diğer taraftan Aytaşkın (2009-12)'a göre ahşap diğer malzemelere göre iç boşlukları fazla, özgül ısı ve ısı yalıtım özelliği yüksek, fakat buna karşılık ısı iletkenliği küçük olduğundan ısı yalıtım malzemesi olarak tercih edilmektedir. Gözenekli yapısı sebebiyle, ısı iletkenliği bakımından diğer yapı malzemelerine üstünlük kazanmaktadır.

Bu çalışmadaki amaç Yabani Kiraz (*Cerasus avium*(L.) Monench) odununda ısı iletkenliğinin ThermoWood yöntemi ile ısıl işlemi sonrası meydana gelen değişimi ortaya koymaktır.

2. YÖNTEM (METHOD)

Düzce Orman İşletme Müdürlüğü Odayeri İşletme Şefliği sahası 17 no'lu bölmesinden beş (5) adet Yabani Kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench) ağacı temin edilmiştir. Odayeri İşletme

Şefliği'nin Yabani Kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench ağaçlarının alındığı 17 no'lu bölme kayın ve gürgen ağaçlarının hakim olduğu 800 metre rakım, %50-60 eğim ve kuzey baki özelliklerine sahiptir.

Ağaçların seçiminde TS 4176/(1984-13)'e göre hareket edilmiş olup, herhangi bir doğal büyüme kusuru olmayan, alındıkları bölgeyi en iyi temsil edebilecek bireyler olmalarına dikkat edilmiştir. Seçilen ağaçlar dipten itibaren 1,30 m yükseklikten sonra 2 m'lik gövde kısımlarına ayrılmış ve her parça üzerinde gerekli işaretlemeler yapılmıştır.

Elde edilen 2 m'lik gövde kısımları keskin kesiş yöntemi ile TS 2470/(1976-14)'e göre 60 mm kalınlığında kalaslar biçilmiştir. Daha sonra kalaslar klasik kurutma yöntemi ile ortalama %12 sonuç rutubetine kadar ısıtma işlemi yapılarak 20±2°C ve %65±5 bağıl neme ayarlanabilen iklimlendirme odasında bekletilmiştir.

2.1. Isıl işlem ve deney örneklerin hazırlanması (Preparation of test samples and heat treatment)

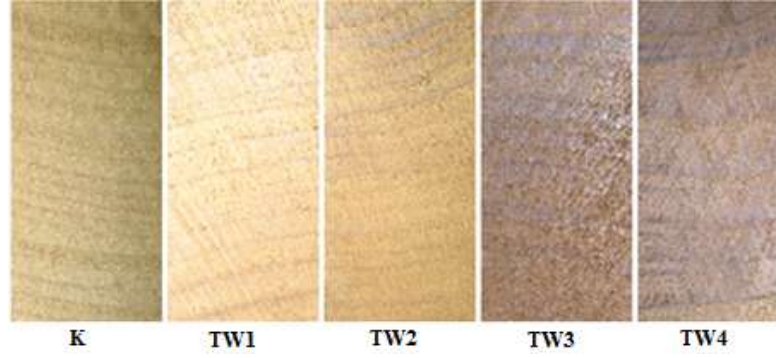
Isıl işlem, ThermoWood yöntemi ile Nova Orman Ürünleri San. Tic. A.Ş.'nin Gerede/Bolu fabrikasında hava kurusu haldeki ağaç malzemelerle birlikte yapılmıştır. ThermoWood yöntemi ile ısıtma işlem uygulamasında işletmenin üretim programına uygun olarak 190°C ve 212°C sıcaklıklarda 1 ve 2 saat süre ile ısıtma işlemi yapılarak 4 farklı varyasyon oluşturulmuştur (Tablo 1).

Isıl işlem uygulaması tamamlanan kalaslardan çalışma kapsamında kullanılacak olan test örnekleri TS CEN/TS 15679-4'e göre hazırlandıktan sonra kontrol(K) örnekleri ile birlikte %20±2°C sıcaklık ve %65±5 bağıl neme sahip iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa gelinceye kadar 2 ay bekletilerek deneysel çalışmalara geçilmiştir.

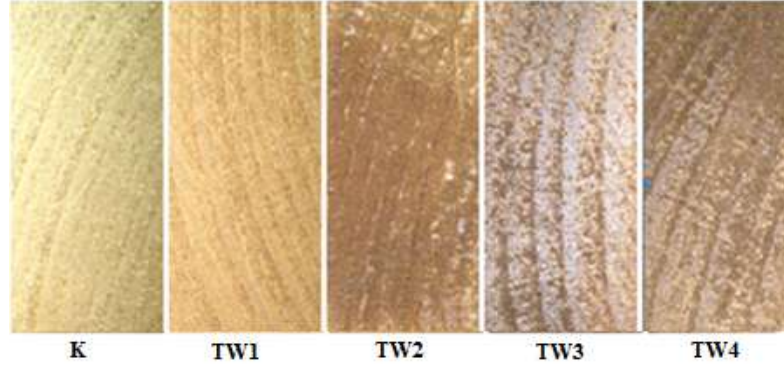
Tablo 1. Test varyasyonları

Örnek özellikleri			Kısaltma
Kontrol			K
Isıl işlem grupları	190°C	1 saat	TW ₁
		2 saat	TW ₂
	212°C	1 saat	TW ₃
		2 saat	TW ₄

Isı iletkenlik katsayısı ölçülecek her bir varyasyon'dan 10 teğet ve 10 radyal olmak üzere toplamda 100 adet örnek hazırlanmıştır. ASTM C 177/C 518/(2004-15)'e göre hazırlanan 20x50x100 mm boyutlarındaki deney örnekleri, 20±2°C sıcaklık ve %65±5°C bağıl nemde ağırlıkları değişmez hale gelinceye kadar bekletilmiştir. Örneklerin ortasından genişlik ve yükseklikleri ±0,01 mm duyarlılık kumpasla ölçülerek kesit yüzeyleri hesaplanmıştır. Şekil 1 ve 2'de sırası ile teğet ve radyal yönde ısı iletkenliği katsayısı ölçümünde kullanılan test örnekleri görülmektedir.



Şekil 1. Teğet yön ısı iletkenliği katsayısı test örnekleri.



Şekil 2. Radyal yön ısı iletkenliği katsayısı test örnekleri.

Isı iletkenliği ölçümleri, ASTM C 1113-99/(2004-17)'e göre Quick Thermal Conductivity-500(QTM-500) ısı iletkenliği test makinesinde PD-11 sensör probu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm deneylerden önce cihazın kalibrasyon ölçümleri yapıldıktan sonra deneye geçilmiş ve her bir örneğin bir dakika süreyle otomatik olarak ölçümleri yapılmıştır. Isı iletkenliği katsayısının belirlenmesinde kullanılan QTM-500 cihazı Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Isı iletkenlik katsayısının QTM-500 cihazı ile ölçülmesi(Sefil 2010-11).

Ölçüm sonuçlarına göre ısı iletkenliği katsayısı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır(1);

$$\lambda = \frac{Q \times e}{A \times z \times (t_2 - t_1)} \text{ (W/m.K)} \quad (1)$$

Formüldeki sembollerin açıklaması aşağıda verilmiştir;

- λ : Isı iletkenliği katsayısı, (W/m.K)
 Q : Isı miktarı, (Cal veya Kcal)
 e : Kalınlık, (cm, m)
 A : Yüzey alanı, (cm², m²)
 z : Zaman, (sn, saat)
 t_2-t_1 : İki yüzey arasındaki sıcaklık farkı, (°C)

2.2. Değişim Oranlarının Hesaplanması (Calculation of Exchange Rate)

Başlangıç değerleri ile son değerler arasındaki değişim oranlarının hesaplanmasında aşağıdaki formülden yararlanılmıştır(2);

$$D_o = \frac{K_{\delta} - S_{\delta}}{K_{\delta}} \times 100 \text{ (% değişim)} \quad (2)$$

- D_o : Değişim oranı (%)
 K_{δ} : Kontrol ölçümü değeri (değişimin hesaplanmasına esas teşkil eden ilk ölçüm)
 S_{δ} : Son ölçüm değeri

2.3. Verilerin İstatistik Değerlendirmesi (Statistical Analysis of Data)

Yapılan çalışmada verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi için SPSS paket programından faydalanılmıştır. Çalışmada faktörlerin elde edilen sonuçlar üzerinde anlamlı olup olmadığını belirleyebilmek için varyans analizine, anlamlı bulunan faktörler üzerinde farklılığın boyutunu belirleyebilmek için de Duncan testine başvurulmuştur.

3. BULGULAR (FINDINGS)

Yabani Kiraz (*Cerasus avium*(L.) Monench) odununda kontrol göre ısı işlem görmüş örneklerde teğet ve radyal yönlerde belirlenen ısı iletkenliği katsayısı (λ) değerlerine ilişkin istatistikler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Isı iletkenliği katsayısına ilişkin istatistikler.

	T	\bar{X} (W/m.K)	SS	ED	EY	R
Radyal Yön	K	0.1470	0.0054	0.14	0.16	11.57
	TW1	0.1282	0.0021	0.13	0.13	7.82
	TW2	0.1257	0.0061	0.12	0.14	7.15
	TW3	0.1156	0.0018	0.11	0.12	5.63
	TW4	0.1146	0.0014	0.11	0.12	4,96
Teğet Yön	K	0.1401	0.0038	0.14	0.15	11.65
	TW1	0.1224	0.0031	0.12	0.13	7.48
	TW2	0.1193	0.0027	0.11	0.12	6.82
	TW3	0.1152	0.0041	0.11	0.12	5.37
	TW4	0.1093	0.0033	0.11	0.11	4.86

T: Isıl işlem sıcaklığı(°C), Z: Süre(Saat), \bar{X} : Aritmetik ortalama, SS: Standart sapma, ED: En küçük değer, EY: En yüksek değer, Örnek Sayısı: 10

Isıl işlem sonrasında ısı iletkenliği değerleri arasında fark olup olmadığını görmek için BVA testi yapılmış ve sonuçları Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Isı iletkenliği katsayısı değerlerine ait BVA sonuçları.

	Yabani Kiraz Odunu BVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F hesap	P değeri*
Teğet Yön	Gruplar arası	0.005	4	0.001	110,32	0.000
	Gruplar içi	0.001	45	0.000		
	Toplam	0.006	49			
Radyal Yön	Gruplar arası	0.007	4	0.002	111,14	0.000
	Gruplar içi	0.001	45	0.000		
	Toplam	0.008	49			

*) $P \leq 0.05$

BVA sonuçlarına göre ısıl işlem görmüş test örnekleri ile K arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak ($P \leq 0.05$) düzeyinde anlamlı farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir. Farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi için yapılan duncan testi ve her bir kombinasyona ait etkileşim değerleri Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Isı iletkenliği katsayısına ilişkin duncan testi ve etkileşim değerleri.

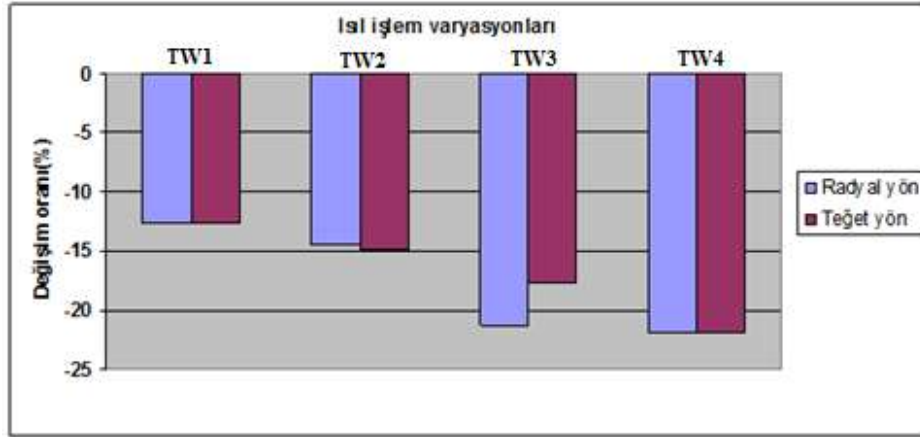
	Duncan testi			Etkileşim değerleri			
	T	\bar{X} (W/m.K)	HG	Varyasyonlar	Fark	Varyasyonlar	Fark
Radyal Yön	K	0.1470	a	K – TW1	*0.0187	TW1-TW3	*0.0126
	TW1	0.1282	b	K – TW2	*0.0213	TW1-TW4	*0.0136
	TW2	0.1257	b	K – TW3	*0.0313	TW2-TW3	*0.0100
	TW3	0.1156	c	K – TW4	*0.0323	TW2-TW4	*0.0110
	TW4	0.1146	c	TW1 -TW2	0.0025	TW3-TW4	0.0009
Teğet Yön	K	0.1401	a	K – TW1	*0.0177	TW1-TW3	*0.0071
	TW1	0.1224	b	K – TW2	*0.0208	TW1-TW4	*0.0130
	TW2	0.1193	b	K – TW3	*0.0249	TW2-TW3	*0.0041
	TW3	0.1152	c	K – TW4	*0.0308	TW2-TW4	*0.0100
	TW4	0.1093	d	TW1 -TW2	0.0004	TW3-TW4	*0.0058

*) $P \leq 0.05$ düzeyinde fark bulunduğunu ifade etmektedir.

Yabani Kiraz odununda radyal ve teğet yönde λ değerleri arasında farklılık gösteren kombinasyonu belirlemek için yapılan duncan testi sonuçlarına göre, K ile tüm ısıl işlem görmüş varyasyonlar arasındaki değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Etkileşim değerlerine göre, ısıl işlem görmüş test örneklerinde K’ne göre değişim (azalma) her iki yönde de en fazla TW4’de sırası ile radyal ve teğet yönde olmak üzere 0,0323 (W/m.K) ve 0,0308(W/m.K), en küçük TW1’de sırası ile radyal ve teğet yönde olmak üzere 0,0126 (W/m.K) ve 0,0071 (W/m.K) olarak belirlenmiştir. Öte yandan ısı iletkenliği katsayısı genel olarak radyal yönde teğet yöne göre yaklaşık %4-5 arasında daha yüksek çıkmıştır.

Isıl işlem uygulama şartlarındaki değişikliklere göre ısıl işlem görmüş varyasyonlara ait λ değerlerinin K’ne göre oransal değişimi Şekil 4’de verilmiştir. Şekil 4’e göre λ hem radyal hem de teğet yönde ısıl işlem sıcaklığı ve süresine bağlı olarak değişmiş, ısıl işlem sıcaklığı arttıkça ve süresi uzadıkça λ azalmıştır. En yüksek azalma oranı her iki yönde de TW4’de olmak üzere radyal yönde %22,04, teğet yönde %21,98 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4. Isı iletkenliği katsayısında ısıl işlem ile meydana gelen değişim (%).

Elde edilen sonuçlara göre ısıl işlem görmüş Yabani Kiraz odununda ısı iletkenliği değişimi üzerine sıcaklık, süre ve lif yönü etkili olmuştur. Bu sonuçlar literatür ile uyumluluk göstermekte olup Çaliova (2011-18), Şahin Kol ve Sefil (2011-19), Sefil (2010-11) çalışmalarında benzer sonuçları bildirmişlerdir.

Isıl işlemin ısı iletkenliğini azaltması ısıl işlem sonrası odunda meydana gelen kimyasal ve fiziksel değişimlere atfedilmektedir. Bozkurt ve Göker(1987-7) odunda ısı iletkenliği üzerine özgül ağırlık, rutubet içeriği ve liflerin diziliş yönü önemli etki yaptığını, özgül ağırlık ve rutubet miktarı azaldıkça ısı iletkenliğinin de azaldığını belirtmektedirler.

Zhou ve diğ. (2013-20) çalışmalarında ısıl işlem görmüş ağaç örneklerinde denge rutubeti içeriğinin ısıl işlem görmemiş örneklere göre %23,4 ile %37,4 arasında azaldığını tespit etmişlerdir. Sefil (2010-11), çalışmasında ısıl işlemin odunun DRM'nı %48 kadar azalttığını, aynı odun örneklerinde özgül ağırlığın önemli oranda düştüğünü belirtmiş, radyal yöndeki ısı iletkenliğinin teğet yöndekine göre yüksek çıktığını bildirmiştir. Ayrıca iğne yapraklı ağaçlarda ısıl işlem görmüş odunun ısı iletkenliğinin kontrole kıyasla %20-25 azaldığını, bu nedenle ThermoWood'un ısı yalıtımının söz konusu olduğu kullanım alanlarında ideal olabileceğini belirtmektedir. Şahinkol (2009-10), Gu ve Hunt (2007-9) ısıl işlemin odunun ısı iletkenliğini önemli oranda azalttığını, çünkü ısıl işlem ile ağaç malzeme denge rutubeti miktarının azalmakta olduğunu, literatürde rutubet miktarı ile ısı iletkenliği arasında doğrusal bir ilişki olduğu ve rutubet düştükçe ısı iletkenliğinin de düşeceğini bildirmişlerdir.

VTT tarafından ısı iletkenliği üzerine yapılan bir çalışmada, ısıl işlem uygulanmış odunda ısı iletkenliğinin düşmekte olduğu belirtilmektedir. Araştırmaya göre iğne yapraklı ağaçlarda ısıl işlem görmüş odunun ısı iletkenliği kontrole kıyasla %20-25 azalmıştır. Bu nedenle thermowood malzemenin ısı yalıtımının söz konusu olduğu kullanım alanlarında ideal olabileceği ifade edilmiştir (Anonim 2003-2).

4. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Isıl işlem görmüş Yabani Kiraz *Cerasus avium*(L.) Monench) odununda ısı iletkenliği azalmış, en yüksek azalma 212°C ve 2 saat ısıl işlem görmüş test örneklerinde radyal yönde %22,04, teğet yönde %21,98 olarak gerçekleşmiştir. Isıl işlem sonrasında Yabani Kiraz (*Cerasus avium*(L.) Monench) odunu daha yalıtkan hale gelmiştir.

İlave bilgi: Bu çalışma “Yabani Kiraz (*Cerasus* (L.) Monench) Odununun Fiziksel, Mekanik ve Teknolojik Özellikleri Üzerine Yüksek Sıcaklık Uygulamasının Etkisi” isimli doktora çalışmasından türetilmiştir.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Bozkurt A.Y., Erdin N., Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı, İstanbul Üniversitesi, ISBN 975-404-449-X, (1997).
- [2]. Anonim, <http://www.thermowood.fi> (Erişim Tarihi: 28 Haziran 2010).
- [3]. Johansson D., Strengh and colour response of solid wood to heat treatment, *Licentiate Thesis*, Luleå Teknoloji Üniversitesi, Department of Skellefteå Campus, Sweden, (2005).
- [4]. TS CEN/TS 15679, Isıl işleme şekil erilmiş kereste-terimler ve karakteristikler, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2010).
- [5]. Enjily V., Jones D., The potential for modified materials in the panel products industry, *Wood Resources and Panel Properties Conference*, Valencia-Spain, (2006) E44/E49.
- [6]. Wikberg H., Advanced solid state nmr spectroscopic techniques in the study of thermallymodified wood, *Academic Dissertation*, Helsinki Üniversitesi, Helsinki-Finland, (2004).
- [7]. Bozkurt ve Göker 1987
- [8]. Örs Y., Keskin H., *Ağaç Malzeme Bilgisi*, Atlas, İstanbul, (2001).
- [9]. Gu, H. M., and Hunt, J.F., “Two-dimensional finite element heat transfer model of softwood. part III. effect of moisture content on thermal conductivity”, *Wood and Fiber Science*, 39 (1) (2007) 159-166.
- [10]. Şahin, Kol, H., “Thermal and dielectric properties of pine wood in the transverse direction”, *BioResources*, 4 (4) (2009) 1663-1669.
- [11]. Sefil Y., Thermowood yöntemiyle ısıl işlem uygulanmış göknar ve kayın odunlarının fiziksel ve mekanik özellikleri, *Yüksek Lisans Tezi*, Karabük Üniversitesi, (2010).
- [12]. Aytaşkın A., çeşitli kimyasal maddelerle emprenye edilmiş ağaç malzemelerin bazı teknolojik özellikleri, *Yüksek Lisans Tezi*, Karabük Üniversitesi, (2009).
- [13]. TS 4176, Odunun fiziksel ve mekanik özelliklerinin tayini için homojen mescerelerden numune ağacı ve laboratuvar numunesi alınması, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1984).
- [14]. TS 2470, Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için numune alma metotları ve Genel özellikler, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1976).
- [15]. ASTM C 177/C 518, Methods of measuring thermal conductivity, absolute and reference method, *American Society for Testing and Materials International*, West Consokocken, (2004).
- [16]. Aytin A., “Effect of High Temperature Treatment on Physical, Mechanic and Technologic Properties of Wild Cherry(*Cerasus avium* (L.) Monench)”, Doctoral Thesis, University of Duzce, (2013).
- [17]. ASTM C 1113-99, Standart test for thermal conductivity of refractories by hot wire (Platinum Resistance Thermometer technique), *American Society for Testing and Materials International*, West Consokocken, (2004).
- [18]. Çaliova Z., Kızılağaç ve doğu ladini odunlarının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine ısıl işlemin etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Karabük Üniversitesi, (2011).
- [19]. Şahin Kol H., Sefil Y., The thermal conductivity of fir and beech wood heat treated at 170, 180, 190, 200, and 212°C, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 121 (2011) 2473–2480.
- [20]. Zkou Q., Tu D., Liao L., Guo Q., Moisture of heat-treatedwood, *BioResources* 8(1) (2013) 182-188.