

Sıcak Bitkisel Yağ ile Muamele Edilen Toros Göknarı (*Abies cilicica*) Odununun Bazı Fiziksel Özellikleri

Bekir Cihad BAL*

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği 46040,
Kahramanmaraş/Türkiye

ÖZET: Masif ahşap malzemeyi bozucu zararlılara karşı korumak için bazı farklı metotlar kullanılmaktadır. Bunun yanında, odunun fiziksel özelliklerini modifiye etmek için ısı işlem modifikasyonu gibi bazı metotlar da kullanılmaktadır. Endüstriyel uygulamalarda, ısı işlem modifikasyonunun kullanımı son on yılda artmıştır. Toros göknarı (*Abies cilicica*) odunu biyolojik olarak çok çabuk bozulabilir bir odundur ve farklı alanlarda kullanılmadan önce bazı koruyucu maddelerle muamele edilir. Bu çalışmada, Toros göknarı sıcak bitkisel yağ ile 160, 180, 200 ve 220°C sıcaklıklarda muamele edilmiştir. İşlem sonrası, odunun, ağırlık artışı, yoğunluk, denge rutubeti miktarı, teğet yönde şişme, radyal yönde şişme ve hacmen şişme, lif doygunluk noktası gibi bazı fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca, ağırlık artışı ile genişleme yüzdeleri arasındaki ilişki belirlenmiştir. Gruplar arasındaki istatistiksel olarak önemli farklar ANOVA kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre; ağırlık artışının ve diğer fiziksel özelliklerin sıcaklık arttıkça azaldığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Yağ ısı işlemi, Toros göknarı, fiziksel özellikler

Some Physical Properties of Taurus Fir Wood (*Abies cilicica*) Treated with Hot Vegetable Oil

ABSTRACT: Some different methods are used to protect solid wood materials from destructive pests. In addition, some methods are used to modify the physical properties of wood, such as thermal modification. The use of thermal modification in industrial applications has increased in the last decade. Taurus fir (*Abies cilicica*) wood is a very vulnerable wood, and it is treated with some preservatives before being used in many different areas. In this study, the Taurus fir wood was treated with hot oil at temperature of 160, 180, 200 and 220°C. After the treatment, some physical properties of the wood were determined, e.g., weight gain, density, equilibrium moisture content, tangential swelling, radial swelling, and volumetric swelling, fiber saturation point. In addition, the relationships between weight gain and swelling percentage were determined. The statistically-significant differences between groups were determined using ANOVA. According to obtained data; it was determined that the weight gain and other physical properties decreased as the temperature increases.

Keywords: Oil heat treatment, Taurus fir wood, physical properties

1. GİRİŞ

Odun doğada bol bulunan, yenilenebilir, kolay işlenen, ucuz, yoğunluğuna göre mekanik performansı iyi, estetik açıdan tercih edilen, doğada kolayca bozunabilen, ısı yalıtım özelliği iyi olan, çevre dostu bir mühendislik malzemesidir. Fakat bu olumlu özelliklerinin yanında, mikroorganizmalar ve böcekler tarafından kolayca tahrip edilebilmesi, boyutsal kararlılığının düşük olması, renk ve yüzey görüntüsünün homojen olmaması, gibi istenmeyen özellikleri de

bulunmaktadır [1–3]. Ayrıca, anizotropik bir yapıda olması (farklı yönlerde farklı şekilde özellikler göstermesi), lif özelliklerinin [4,5], fiziksel özelliklerinin [6–8], mekanik özelliklerinin [9–11] kökten taca doğru ya da özden çevreye doğru değişmesi ise kullanım alanında sorunlara neden olan özelliklerindedir. Bu olumsuz özelliklerin bertaraf edilebilmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir [1,12]. Bu yöntemler; asetillendirme, çeşitli kimyasallarla yapılan yöntemler, mekanik yöntemler (kontrplak üretimi gibi), sadece üst yüzeye uygulanan koruyucu

*Sorumlu Yazar: Bekir Cihad BAL, bcbal@hotmail.com

yöntemler gibi birçok başlık altında toplanmıştır [1]. Ancak, masif ahşap malzemenin biyolojik dayanıklılığını artırmak için kullanılan emprenye yöntemleri ve bu alanda kullanılan zehirli içeriğe sahip kimyasal maddeler günümüzde çevreye verdikleri zarar dolayısıyla, yerini çevre dostu yöntemlere bırakmaya başlamışlardır. Günümüzde, bu yöntemler yerine bazı ısıtma yöntemleri fazlaca kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemlerin bazıları ve kullanan ülkeler şu şekilde verilmiştir; Finlandiya'da Thermowood, Hollanda'da PlatoWood, Fransa'da Retiwood, Almanya'da Oil Heat Treatment, İsveç'te Calignum, Rusya'da Thermabolite, Avusturya'da Huber Holz, Danimarka'da Wood Treatment Technology, Amerika, Kanada ve Rusya'da Westwood [13]. Türkiye'de Thermowood yöntemi birkaç firma tarafından endüstriyel olarak uygulanmaktadır [14].

Bu yöntemler uygulanırken, ısı taşıyıcı olarak sıcak hava, su buharı, inert bir gaz (nitrogen gazı) veya sıcak yağ kullanılmaktadır. Almanya'da uygulanan Oil Heat Treatment (OHT) bitkisel yağ kullanan bir yöntemdir. Bu özelliği ile diğerlerinden ayrılan bir tekniktir. Yapılan ısıtma işlemi sonunda ahşap malzemede diğer yöntemlerde genelde ağırlık kaybı olurken, OHT metodunda ahşabın yağ almasından dolayı ağırlık artışı meydana geldiği bildirilmiştir. Ahşabın rengi koyulaşmakta ve kokusu değişmektedir. Makinelerle işlenmesi daha kolay olmaktadır. Biyolojik dayanıklılığı artmaktadır [12-14]. Bu güne kadar yapılan bilimsel çalışmalarda, gerek OHT metodu ile ve gerekse diğer metotlarla uygulanan ısıtma işlemi modifikasyonun ahşap malzemenin farklı özellikleri üzerine etkileri birçok ağaç türü üzerinde yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur [15-17]. Yapılan çalışmalar sonunda, kesin bazı sonuçlar rapor edilmiştir. Örneğin; oksijen varlığında, normal atmosfer şartlarında ve değişik sıcaklık seviyelerinde yapılan ısıtma işlemi sonunda, ahşap malzemede ağırlık kaybı meydana gelmiştir. Artan sıcaklık seviyesi ile beraber ağırlık kaybı da artmaktadır [18,19]. Ağırlık kaybı ne kadar yüksekse ahşap malzemenin mekanik özelliklerindeki azalma o kadar fazladır [20]. En fazla azalma ise birçok çalışmada ortaya konduğu gibi şok direncindedir [13,19]. Kütle kaybı arttıkça, ahşap malzemenin yoğunluğu, çalışması, denge rutubeti azalmakta ve bünyesine daha az su almaktadır [18,19]. Sıcak yağ içerisinde OHT metoduna göre yapılan çalışmalarda ise; işlem sonunda yağ emiliminden dolayı ağırlık artışı oluşmaktadır. OHT metodunda işlem sıcaklığı arttıkça ağırlık artışı (yağ emilimi) azalmaktadır [15,16,21].

Ahşap malzemenin parlaklığı değişmekte ve rengi koyulaşmaktadır [22].

Isıtma işlemi modifikasyonunda kullanılan yöntem hangi yöntem olursa olsun, ahşap malzemenin kullanılacağı yere göre farklı sıcaklık seviyelerinde işlem yapılır. Örneğin; Thermowood yönteminde 180°C ve 212°C sıcaklıklar uygulanmaktadır [14]. Böylece ahşabın ömrü 25 yıla kadar uzamaktadır. Isıtma işlemi uygulanmış masif ağaç malzeme boyutsal stabilitesinden dolayı bahçe mobilyası, dış kaplama malzemesi, saunalarda döşeme malzemesi, kapı veya pencere gibi yerlerde kullanılmaktadır [23].

Sıcak yağ kullanılarak yapılan laboratuvar deneylerinde, önceki çalışmalarda; keten tohumu yağı, ayçiçek yağı, kanola yağı, soya yağı, mısır yağı gibi bitkisel yağlar denenmiştir [16,24-26]. Bitkisel yağlar, bazı bitkilerin tohum ya da meyvelerinden elde edilen, doymamış yağ asidi bakımından zengin olan sıvı haldeki yağlardır. Genel olarak, kuruyan, yarı kuruyan ve kurumayan yağlar olmak üzere üç grupta toplanırlar. Bitkisel yağlar, odun koruma endüstrisinde, doğada mikro organizmalar tarafından çabuk bozuna bildikleri için ve zehirli içerikleri olmadığı için tercih edilmektedir [27]. Endüstriyel olarak yapılan uygulamalarda keten tohumu yağı kullanıldığı belirtilmiştir. Yağ kullanımının amaçları; işlem esnasında sıcaklığın homojen olarak oduna aktarılmasını sağlamak ve işlem esnasında odunun oksijenle temasını kesmektir [15].

Özellikle doğal dayanıklılığı düşük olan ağaç türlerinin koruyucu işlem görmeden kullanılması kısa servis sürelerine neden olmaktadır. Bu süreleri uzatmak için farklı ısıtma yöntemleri uygulanabilmektedir. Ancak, farklı ağaç türlerinin farklı metotlarla işlem görmesi sonucu elde edilen sonuçlar da farklıdır.

Türkiye'de doğal olarak yetişen ve endüstriyel öneme sahip olan geniş yapraklı ağaç türleri; kayın, kavak, akçaağaç, meşe, ıhlamur ve iğne yapraklı ağaç türleri ise; çam, ladin, ardıç, sedir ve göknar sayılabilir. Türkiye'de Karadeniz ve Akdeniz bölgelerinde göknar doğal olarak yetişmektedir. Yetiştirildiği bölgeye göre; Doğu Karadeniz göknarı, Uludağ göknarı, Kazdağı göknarı ve Toros göknarı olarak dört farklı göknar bulunmaktadır. Odunu sarımsı-gri beyaz renktedir. Öz odunu koyu renkli değildir. Reçine kanalı bulunmaz. İğne yapraklı ağaç türleri içerisinde göknar doğal dayanıklılığı düşük olan türlerden birisidir [2]. Bu nedenle, bu çalışmada, Toros göknarı odununun sıcak

yağ ile ısıtıl işlem modifikasyonu sonrası fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

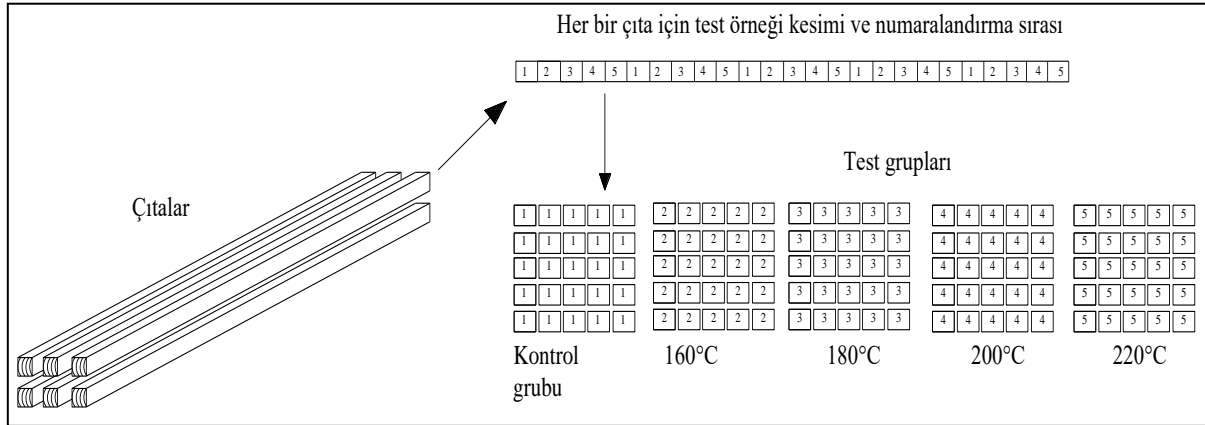
Bu çalışmada deneme materyali olarak, Toros göknarı (*Abies cilicica*) odunu kullanılmıştır. Denemede kullanılan keresteler, satın alma yoluyla Kahramanmaraş'ta bir keresteciden tedarik edilmiştir. Kereste parçaları, Şekil 1'de görüldüğü gibi, enine kesitleri 25 x 25 mm olan çıtalara biçilmiştir. Bu çıtalar oda şartlarında kurumaya bırakılmıştır. Sonra, bu çıtaların enine kesitleri 20 x 20 mm olacak şekilde planya ve kalınlık makinesinde rendelenmiştir. Elde edilen bu çıtalardan, ölçüleri 20 x 20 x 30 mm olacak şekilde test örnekleri kesilmiştir. Kesilen her test örneği, sırası ile bir test grubuna dâhil edilmiştir. Böylece, oluşturulan test gruplarının yoğunluk, lif yönü ve yıllık halka yönü bakımından homojenliği sağlanmaya çalışılmıştır. Her grup için 25 adet test örneği hazırlanmıştır. Hazırlanan test örnekleri, 103°C sıcaklıkta ağırlığı değişmez hale gelinceye kadar kurutulmuştur. Bu durumdaki ölçüleri ve ağırlığı kaydedilmiştir. Sonra, 160, 180, 200 ve 220°C sıcaklıklarda 2 saat süre ile sıcak ayçiçeği yağı

içerisinde normal atmosfer şartlarında ısıtıl işlem uygulanmıştır. Çalışmada laboratuvar tipi bir ısıtıcı kullanılmıştır. Isıtıl işlem sonrası, test örnekleri yağ emilimini azaltmak için, yağın soğuması beklenmeden, dışarı alınmış, yüzeyleri bir bez parçası ile silinmiş ve ağırlıkları tekrar kaydedilmiştir. Böylece, ağırlık artışı tespit edilmiştir. Test örnekleri sonra su içerisine batırılmıştır. Suya batık halde iki hafta süre ile bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda sudan çıkarılmış ve ölçüleri ve ağırlığı tekrar ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Bu veriler kullanılarak, genişleme yüzdeleri, ağırlık artışı ve lif doygunluk noktası gibi değerler ölçülmeye çalışılmıştır. Rutubet testleri TS 2471 [28] ve yoğunluk testleri TS 2472 [29] Türk standartlarına göre yapılmıştır. Ağırlık artışı (AA) ise aşağıdaki Formül 1'e göre hesaplanmıştır.

$$AA = (M_1 - M_2) / M_1 \times 100 \quad (\%) \quad (1)$$

Burada; AA, ağırlık artışı (%), M_1 , ısıtıl işlem öncesi test örneği ağırlığı (g), M_2 , ısıtıl işlem sonrası test örneği ağırlığı (g).

Elde edilen bulgular istatistiksel olarak SPSS programında değerlendirilmiştir. Gruplar arasındaki farklar Tukey testi ile gösterilmiştir.



Şekil 1. Test örneklerinin hazırlanması ve grupların oluşturulması

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan denemeler sonunda elde edilen; yoğunluk (ısıtıl işlem uygulanmadan önce ölçülen tam kuru yoğunluk), ağırlık artışı, teğet, radyal ve boyuna yöndeki genişleme, genişleme anizotropisi, lif doygunluk noktası, suda bekletme süresi sonunda ölçülen maksimum rutubet seviyeleri gibi fiziksel özelliklere ait bulgular Çizelge 1'de verilmiştir. Elde edilen bulgular incelendiğinde, yoğunluk değerleri arasında küçük farklar bulunduğu ancak istatistiksel

olarak gruplar arasında önemli bir farklılığın olmadığı (NS) görülmektedir. Masif ağaç malzeme ile yapılan laboratuvar denemelerinde yoğunluk değerinin gruplar arasında birbirlerine çok yakın olması test sonuçlarındaki hata payı bakımından son derece önemlidir. Ancak, yoğunluk değerleri birbirlerine çok yakın homojen gruplar oluşturmak, ağaçların doğal yapıları gereği zordur. Ağaçların farklı noktalarında yoğunluklarda farklıdır. Bu konuda yapılan önceki çalışmalarda, ağaçlarda kökten taca doğru ve özden kabuğa doğru yoğunluk değerlerinin ve diğer bazı

fiziksel özelliklerin çok önemli seviyede değiştiği bildirilmiştir [7,9,30,31]. Ayrıca, iğne yapraklı bazı ağaçlarda öze yakın yerlerde reçine oluşumu nedeniyle yoğunluk değerleri farklıdır [2,11].

Odunun sıcak yağ ile ısıtılma işlemi modifikasyonu sonrası ağırlığında önemli derecede artış meydana gelmektedir. Çizelge 1’de verilen ağırlık artışı değerleri incelendiğinde 160°C’de yaklaşık olarak %40 ve 220°C’de ise %9 seviyelerinde olduğu görülmektedir. Gruplar arasındaki ağırlık artışı önemli seviyede ($p < 0.001$) birbirinden farklıdır. Bu konuda yapılan önceki çalışmalarda da benzer sonuçlar bulunmuştur [15,16]. Genelde sıcaklık seviyesi arttıkça ağırlık artışı (yağ emilimi) azalmaktadır. Bunda etkili olan faktörün ısıtılma işlemi sonrası sıcak yağ içerisinde çıkarılan odun örneklerinin soğuması esnasında odun içerisindeki havanın hızlı soğuması ile oluşan vakum etkisi olduğu belirtilmiştir [15,16,21]. Ayrıca, anatomik yapı, porozite ve permeabilite gibi odun özelliklerinin yağ emilimi üzerine etkili olduğu farklı ağaç türlerinin sıcak yağ ile ısıtılma modifikasyonu üzerine yapılan çalışmalarda belirlenmiştir [21].

Teğet, radyal, boyuna yönde ve ayrıca hacimsel olarak genişleme yüzdeleri Çizelge 1’de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre 160 ve 180°C’de 2 saat süre ile yapılan ısıtılma işleminin genişleme yüzdeleri üzerine istatistiksel olarak önemli seviyede etkili olmadığı görülmektedir. Ancak, 200 ve 220°C’de yapılan işlemin ise, önemli seviyede ($p < 0.001$) etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, teğet yönündeki genişlemenin radyal yönüne bölünmesi ile elde edilen genişleme anizotropisi de azalmıştır. Bu sonuçlar, ısıtılma işlemi modifikasyonunun önemli sonuçlarından-dır. Oduna meydana gelen bu değişimler, yüksek sıcaklığın, hemiselüloz, selüloz ve lignin gibi odun bileşenleri üzerindeki etkisi sonucu oluşmaktadır. Hemiselüloz ve selüloz sıcaklıktan etkilenmekte, önce hemiselülozlarda olmak üzere bozulmalar meydana gelmektedir. Hidroksil grupları azalmakta ve böylece higroskopisitesi azalmaktadır [19,32,33]. Lignin diğerlerine göre sıcaklığa dayanıklı bir odun bileşenidir [33]. Bazı araştırmacılar, ısıtılma işlemi sonrası, lignin miktarının arttığını belirlemişlerdir [34]. Ancak, bir diğer araştırmada ısıtılma işlemi sonrası belirlenen ligninin saf lignin olmadığı belirtilmiştir [19]. Ayrıca, ligninin hücre çeperinde dallanma yaptığı belirtilmiştir [13,33].

Çizelge 1. Fiziksel özelliklere ait bulgular, Tukey testi sonuçları ve önem düzeyleri

Gruplar		D	AA	G _T	G _R	G _L	G _T /G _R	G _V	LDN	R _m
		g/cm ³	%	%	%	%	-	%	%	%
Kontrol grubu	x	0.403	-	8.0a	3.3a	0.6a	2.5a	11.9a	29.7a	96.3b
	ss	0.047		1.2	0.6	0.2	0.5	1.5	4.5	14.2
160°C	x	0.391	40.2a ¹	7.8a	3.2a	0.5ab	2.5a	11.5a	29.9a	78.7a
	ss	0.063	22.9	1.0	0.6	0.2	0.5	1.4	5.1	21.3
180°C	x	0.389	20.4b	7.3a	3.2a	0.4b	2.4ab	10.9a	28.2a	101.6c
	ss	0.061	10.7	1.2	0.8	0.2	0.8	1.7	3.7	25.7
200°C	x	0.397	15.2bc	5.8b	2.7b	0.4bc	2.2b	8.8b	22.4b	118.2c
	ss	0.048	4.8	1.2	0.7	0.1	0.4	1.7	3.8	17.4
220°C	x	0.393	9.0c	3.3c	1.6c	0.3c	2.2b	5.2c	13.5c	90.8ab
	ss	0.059	8.8	0.8	0.3	0.1	0.5	1.1	3.6	23.3
Önem düzeyleri		NS	***	***	***	***	*	***	***	***

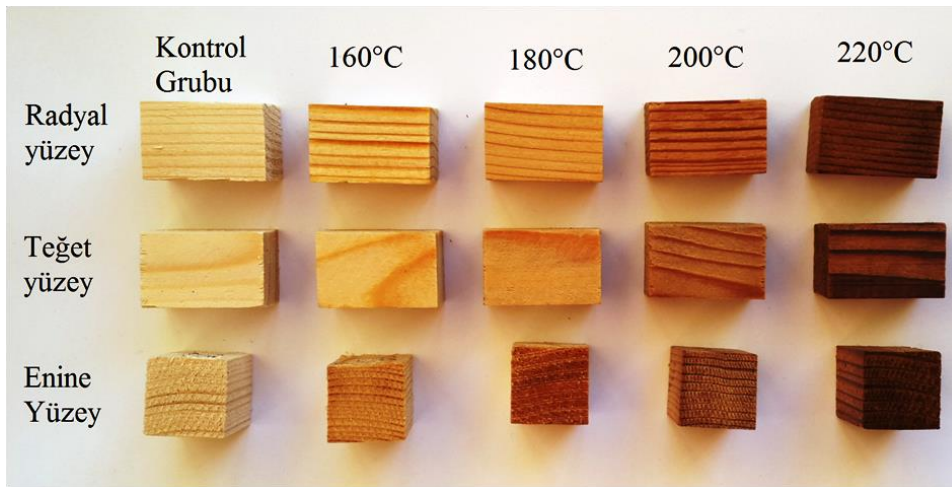
D: ısıtılma işlemi yapılmadan önce ölçülen tam kuru yoğunluk, AA: ağırlık artışı, G_T: Teğet yönündeki genişleme, G_R: radyal yönündeki genişleme, G_L: boyuna yöndeki genişleme, G_T/G_R: genişleme anizotropisi, G_V: hacimsel genişleme, LDN: lif doygunluk noktası, R_m: suda bekletme süresi sonunda ölçülen maksimum rutubet miktarı, NS: nonsignificant, ¹Tukey testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak farklı gruplar farklı harflerle gösterilmiştir.

Odunun kimyasal yapısında meydana gelen bu değişimler sonucu, odun-su ilişkileri de etkilenmektedir. Çizelge 1’de verilen lif doygunluk noktası ve maksimum rutubet miktarına ait bulgular incelendiğinde, lif doygunluk noktasının 220°C’de işlem gören grupta önemli seviyede ($p < 0.001$) azaldığı (yaklaşık %50) görülmektedir. Uygulanan sıcaklık derecesine bağlı olarak azalma miktarı doğrusaldır. Lif doygunluk noktasının azalması, ahşap malzemenin kullanım yerinde rutubet alması sonucu boyutlarının değişmesindeki sınır noktasını işaret etmektedir. Bu anlamda önemli bir değerdir. Ne kadar küçük olursa o derecede boyutsal kararlılığı artar. Isıl işlem sonucu lif doygunluk noktasındaki azalma ile ilgili önceki çalışmalarda da benzer sonuçlar bulunmuştur [18,35].

Rutubet miktarı ile ilgili elde edilen bulgular ise işlem sıcaklığına bağlı olarak farklılık göstermiştir ve diğer bulguların aksine doğrusal değildir. Kontrol grubunda %96 rutubet yüzdesi elde edilmiştir. 160°C’de azalma, 180°C’ ve 200°C’lerde artış kaydedilmiştir. Ancak 220°C’de ise tekrar bir azalma olduğu görülmektedir. Rutubet yüzdesinin bu şekilde değişken olmasının nedenleri; yağ alımı, sıcaklıkla beraber odundaki ağırlık kaybı ve odunun hacmen genişlemesindeki azalma değerleridir. 160°C’de işlem görmüş gruptaki örneklerin yağ alımı yaklaşık olarak %40 tır. Odundaki boşluklarda yağ bulunmaktadır. Bu sebeple aldığı su miktarı düşüktür (%78). 180°C’de işlem görmüş gruptaki örneklerin ise yağ alımı yaklaşık olarak %20’dir. Rutubet miktarı ise biraz daha yüksektir (%101). 200°C’de ise yağ alımı %15, rutubet miktarı %118 olarak gerçekleşmiştir. 220°C’de yağ alımı %9 ve rutubet miktarı %90’dır.

Bu grupta yağ alımı en az seviyededir. Ancak aynı zamanda en düşük hacimsel genişlemede bu gruptadır (%5.2). Odun genişlediği ölçüde bünyesindeki boşluklara sıvı madde alımı artar. Ancak, 220°C’deki işlem sonrası, odunun hücre çeperleri sıcaklık ile modifiye olmuş ve genişleme özelliğini büyük ölçüde kaybetmiştir. Bu nedenle, aldığı su miktarı da azalmıştır.

Aşağıda Şekil 2’de kontrol grubu ve test gruplarına ait test örneklerinin her üç yüzeydeki görüntüleri verilmiştir. Buna göre, kontrol grubu açık renk bir yüzeye sahip iken test grupları, 160°C’den 220°C’ye doğru artan sıcaklıkla beraber rengin koyulaştığı görülmektedir. Renk koyulaşması belirli bir seviyeye kadar bazı kullanıcılar tarafından aranan bir yüzey özelliğidir. Hatta bazı uygulamalarda doğal ahşabın rengi renk boyaları ile koyulaştırılmaktadır. Bir diğer uygulamada ise “dağlama” şeklinde isimlendirilen yöntemle ahşap malzemenin yüzey rengi koyulaştırılmaktadır [36]. Böylece yıllık halka içinde yaz odunu ile ilkbahar odunu kısımları daha belirgin bir hal almakta, daha estetik bir görünüm kazanmaktadır. Şekil 2’de bu durum açıkça görülmektedir. Ancak, çok koyu renk bitkisel yağlarla yapılan ısıl işlem uygulamasının istenmeyen bir sonucudur. Ayrıca Tomak ve Yıldız [27] tarafından bildirilen diğer istenmeyen sonuçlar ise; ahşap malzemenin ağırlığının artması, fazla yağ tüketimi, üst yüzey işlemlerinin zorlaşması ve yağın kullanım yerinde odundan dışarı çıkmasıdır.



Şekil 2. Isıl işlem sonrası test örneklerinin teğet, radyal ve enine yüzeylerinin görüntüsü

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, biyolojik olarak dayanıksız tür kabul edilen Toros göknarı odununun yağ ile ısıtma işlemi muamelesi sonrası fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda şu sonuçlar elde edilmiştir. Isıtma işlemi sıcaklığı arttıkça, odun tarafından emilen yağ miktarı azalmaktadır. Odun yüzeylerinin rengi koyulaşmakta ve yaz odunu ilkbahar odunu arasındaki renk farkı belirginleşmektedir. Odunun yoğunluğu azalmaktadır. Toplam su alma miktarı azalmaktadır. Teğet ve radyal yönlerdeki genişleme yüzdeleri azalmaktadır. Ayrıca, genişleme anizotropisi de azalmaktadır. Böylece ahşap malzemenin boyutsal stabilitesi artmaktadır. Kullanım yerlerinde genişleme daralma sonucu oluşan kusurlar azalmaktadır.

Zehirli bazı kimyasallarla yapılan odun koruma uygulamaları yerine, doğaya dost bitkisel yağlarla yapılan ısıtma işlemi modifikasyonu, özellikle insan temasının olduğu park ve bahçelerde kullanılan ahşap malzemelere uygulanabilir.

5. KAYNAKLAR

- [1]. Bozkurt Y, Göker Y, Erdin N. (1993). "Emprenye Tekniği", İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, No 425, İstanbul.
- [2]. Bozkurt Y, Erdin N. (1997). "Ağaç Teknolojisi", İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, No 445, İstanbul.
- [3]. Örs Y, Keskin H. (2001). "Ağaç Malzeme Bilgisi" Gazi Üniversitesi Ders Kitabı, S:77, Ankara.
- [4]. Bao FC, Jiang ZH, Jiang XM, Lu XX, Luo XQ, Zhang SY (2001). "Differences in wood properties between juvenile wood and mature wood in 10 species grown in China", Wood Sci Technol 35:363–75.
- [5]. Bal BC. (2012) "Genç Odun ve Olgun Odunun Lif Morfolojisindeki Farklılıklar Üzerine Bir Araştırma", Düzce Üniversitesi, Ormancılık Dergisi, 8 (2):29–35.
- [6]. Kord B, Kialashaki A, Kord B. (2010) "The within-tree variation in wood density and shrinkage, and their relationship in *Populus euramericana*", Turkish J Agric For 2010;34:121–6.
- [7]. Bal BC, Bektaş İ, Tutuş A, Kaymakçı A. (2011) "The Within-Tree Variation in Some Physical Properties in *Eucalyptus Grandis*", Düzce Üniversitesi, Ormancılık Dergisi, 7 (2):82–88.
- [8]. Bal BC, Bektaş İ. (2013) "The Mechanical Properties of Heartwood and Sapwood of Flooded gum (*Eucalyptus grandis*) Grown in Karabucak , Turkey", Düzce Üniversitesi, Ormancılık Dergisi, 9 (1):71–77.
- [9]. Githiomi JK, Kariuki JG. (2010), "Wood basic density of eucalyptus grandis from plantations in central rift valley, Kenya: Variation with age, height level and between sapwood and heartwood", J Trop For Sci; 22 (3):281–286.
- [10]. Bal BC, Bektaş İ. (2012) "The physical properties of heartwood and sapwood of *Eucalyptus Grandis*". Pro Ligno, 8(4):35–43.
- [11]. Bal BC, Bektaş İ, Kaymakçı A. (2012) "Toros Sedirinde Genç Odun ve Olgun Odunun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri", Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15 (2):17–27.
- [12]. Epmeier H, Westin M, Rapp A. (2004) "Differently modified wood: comparison of some selected properties". Scand J For Res 19:31–7.
- [13]. Korkut S, Kocaefe D. Isıtma İşleminin Odun Özellikleri Üzerine Etkisi. Düzce Üniversitesi Orman Derg 2009;5:11–34.
- [14]. URL1, (2016) "Thermowood nedir?" <http://novawood.com>, Son erişim: 10.04.2016.
- [15]. Sailer M, Rapp AO, Leithoff H, Peek R. (2000), "E-1-Hitzebehandlung E tung von Holz durch Anwendung einer O Vergu;58.
- [16]. Kumar M, Shusheng D, John P. (2012), "Oil uptake by wood during heat-treatment and post-treatment cooling , and effects on wood dimensional stability" Eur. J.Wood Prod. 70:183–190.
- [17]. Tomak ED, Hughes M, Yıldız UC, Viitanen H.(2010) "The combined effects of boron and oil heat treatment on beech and Scots pine wood properties. Part 1: Boron leaching, thermogravimetric analysis, and chemical composition". J Mater Sci, 46:598–607.
- [18]. Bal BC. (2013), "Effects of heat treatment on the physical properties of heartwood and sapwood of *Cedrus libani*", BioResources; 8:211–9.
- [19]. Esteves BM, Pereira HM. (2009), "Wood modification by heat treatment: A review". BioResources, 4 (1):370–404.
- [20]. Esteves B, Nunes L, Domingos I, Pereira H. (2014) "Comparison between heat treated sapwood and heartwood from *Pinus pinaster*". Eur J Wood Wood Prod 2014;72:53–60.
- [21]. Sidorova K. (2008), "Oil heat treatment of wood". Mater Sci Eng In Proceed:13–4.
- [22]. Ayata Ü. (2014) "Isıtma işlemi görmüş (Thermowood) bazı ağaç türlerinde kullanılan su bazlı vernik katmanlarının hızlandırılmış UV yaşlandırma etkisine karşı direncinin

- belirlenmesi". Düzce Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, 2014.
- [23]. Kaymakci A, Akyıldız MH. (2011), "Dimensional stability of heat treated Scots pine and oriental beech". *Pro ligno* 7:32–8.
- [24]. Bak M, Nemeth R. (2012) "Modification of wood by oil heat treatment" International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint, 2012.
- [25]. Cheng D, Chen L, Jiang S, Zhang Q. (2014), "Oil uptake percentage in oil-heat-treated wood, its determination by Soxhlet extraction, and its effects on wood compression strength parallel to the grain". *BioResources* 9:120–31.
- [26]. Tomak ED, Hughes M, Yıldız UC, Viitanen H. (2010) "The combined effects of boron and oil heat treatment on beech and Scots pine wood properties. Part 1: Boron leaching, thermogravimetric analysis, and chemical composition", *J Mater Sci* 46:598–607.
- [27]. Tomak, E. D., & Yıldız, Ü. C. (2012) "Bitkisel Yağların Ahşap Koruyucu Bir Madde Olarak Kullanılabilirliği", *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13(1): 142-157.
- [28]. TS 2471. Odunda, fiziksel ve mekanik deneyler için rutubet miktarı tayini, TSE ANKARA. 1976.
- [29]. TS 2472. Odunda, fiziksel ve mekanik deneyler için birim hacim ağırlığı tayini, TSE ANKARA. 1976.
- [30]. Malan, S. M. (1990) "Eucalyptus improvement for lumber production". *An Do Semin Int Util Da Madeira Para Serraria* 1990:1–19.
- [31]. Dubey MK, Pang S, Walker J. (2012) "Changes in chemistry, color, dimensional stability and fungal resistance of *Pinus radiata* D. Don wood with oil heat-treatment". *Holzforchung* 2012;66:49–57.
- [32]. Aydemir D, Gündüz G, Altuntaş E, Ertaş M, Şahin T, Alma MH. (2011), "Investigating changes in the chemical constituents and dimensional stability of heat-treated Hornbeam and Uludag fir wood". *BioResources*, 6 (2):1308–1321.
- [33]. Kocafe D, Poncsak S, Boluk Y. (2008), "Effect of thermal treatment on the chemical composition and mechanical properties of birch and aspen", *BioResources*, 3:517–37.
- [34]. Brito JO, Silva FG, Leão MM, Almeida G.(2008) "Chemical composition changes in eucalyptus and pinus woods submitted to heat treatment". *Bioresour Technol* 2008;99:8545–8.
- [35]. Almeida G, Brito JO, Perre P. (2009), "Changes in wood-water relationship due to heat treatment assessed on micro-samples of three Eucalyptus species". *Holzforchung* 2009;63:80–8.
- [36]. Özalp M, Gürtekin A, Ordu M. (2006), "Wood Carving and Decorating with laser". *Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*,11:177–88.