

Isıl İşlem Görmüş Kızılcçam (*Pinus brutia* Ten.) Yongalarından Üretilen Levhaların Bazı Özellikleri

Samim Yaşar^{1*} , Aytaç Uz¹ , Abdullah Beram¹ 

Özet: Bu çalışmada, 120, 160 ve 180 °C’lerde ısıl işlem görmüş kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) yongalarının FTIR spektroskopik ve termal özellikleri araştırılmış, devamında yongalardan elde edilen levhaların fiziksel, mekanik ve yüzey özellikleri değerlendirilmiştir. FTIR sonuçları, numunelerin kristallik indeksinde ısıl işlemde kaynaklı önemli bir değişimin gerçekleşmediğini göstermiştir. TGA ve DTG eğrilerindeki esas bozunma aşamasında ısıl işlem görmüş yongalarda kontrol yongalarına göre daha az madde kaybı meydana geldiği görülmüştür. Bununla birlikte, TGA ve DTG sonuçlarına göre ısıl işlem sıcaklık derecesinin artışıyla yongalarda önemli düzeyde holoselüloz kaybı gerçekleştiği saptanmıştır. Yongalara uygulanan ısıl işlem sıcaklık derecesinin artışıyla birlikte üretilen levhaların yüzey pürüzlülük değerlerinde sürekli bir düşüş gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlarda, ısıl işlem görmüş yongalardan üretilen levhaların fiziksel özelliklerinde genel anlamda gelişme sağlanırken, mekanik özelliklerinde zayıflama kaydedilmiştir. Bu nedenle, ısıl işlem görmüş yongalardan üretilen levhaların dekorasyon amaçlı ve nemli ortamlarda, yani malzemede fiziksel özellik beklenen ve kısmen yanmaya dayanıklı yapılarda kullanılmasının önerilebileceği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Isıl işlem, yongalevha, FTIR, TGA, fiziksel ve mekanik özellikler, yüzey pürüzlülüğü.

Some Properties of Boards Produced from Heat-Treated Brutian Pine (*Pinus brutia* Ten.) Particles

Abstract: In this study, FTIR spectroscopic and thermal properties of brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) particles heat-treated at 120, 160 and 180 °C were investigated and the physical, mechanical and surface roughness properties of the boards obtained from the particles were evaluated. FTIR results showed that no significant change in the crystallinity index of the samples caused by heat treatment were determined. In the main decomposition phase of the TGA and DTG curves, less material loss occurred in the heat-treated particles compared to the control particles. However, according to TGA and DTG results, it was found that there was a significant loss of holocellulose in the particles with increasing heat treatment temperature. A continuous decrease in the surface roughness values of the boards produced was observed due to the increase of the heat treatment temperature applied to the particles. The results showed that the physical properties of the boards produced were improved and the mechanical properties were weakened by heat treatment. For this reason, it can be suggested that the boards produced from heat-treated particles can be used in decoration structures and in humid environments, that is, physical properties expected in the material and partially resistant to fire.

Keywords: Heat treatment, particleboard, FTIR, TGA, physical and mechanical properties, surface roughness.

¹**Address:** Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta.

***Corresponding author:** samimyasar@isparta.edu.tr

Citation: Yaşar, S., Uz, A., Beram, A. (2020). Isıl İşlem Görmüş Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) Yongalarından Üretilen Levhaların Bazı Özellikleri. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 4 (1): 14-20.

1. GİRİŞ

İlk çağlardan bu yana gerçekleşen endüstriyel ilerlemeler, kullanımı ve şekil verilmesi basit olan odunu en ilkel kullanım sürecinden, ileri teknolojik seviyelere getirmiştir. Ahşap ürünler günümüze kadar yoğun bir şekilde insanlık tarafından kullanılmış ve halen de gözde ürünler olarak hayatımızda yer almaktadırlar (Yalınkılıç, 1993; Hafızoğlu vd., 1994; Rowell, 1996).

Masif odunun yanı sıra, yongalevha ve liflevha gibi kompozit malzemeler üzerine gerçekleştirilen çalışmlar ile elde edilen gelişmeler söz konusu ürünlerin günümüzde vazgeçilmez hale gelmesini sağlamıştır; özellikle mobilya sektöründe kullanılan yongalevhanın pazarda önemli bir yere sahip olduğu bilinmektedir (Bozkurt vd., 1993; Baharoğlu, 2010).

Ahşap malzemenin olumlu özelliklerinin daha ileri derecelere ulaştırılmasına yönelik çeşitli çalışmlar yapılmıştır. Bu çalışmlar “odun modifikasyon yöntemleri” olarak adlandırılmaktadır. Söz konusu yöntemlerden birisi de termal bir modifikasyon yöntemi olarak bilinen ısı işlem tekniğidir. Isıl işlemin en önemli avantajları, proses sırasında herhangi bir kimyasal madde kullanılmaması ve buna bağlı olarak çevreye herhangi bir zararın verilmemesidir (Mayes ve Oksanen, 2002; Hill, 2006; Korkut vd., 2008).

Isıl işlem sırasında, ahşap materyalin kimyasal bileşenlerinin yüksek sıcaklıklarda bozunmasıyla elde edilen ürünlerin boyutsal kararlılığında iyileşme sağlanabilmektedir. Ahşap materyalin kimyasal bileşiminde meydana gelen söz konusu değişimler aynı zamanda ürünün renk, fiziksel ve mekanik özellikleri yanı sıra yüzey özelliklerine de önemli ölçüde etkilerde bulunabilmektedir (Bourgeois vd., 1989; Obataya vd., 2000; Ünsal ve Ayrılmış, 2005; Gündüz vd., 2007, 2008; Özcan vd., 2012; Özdemir, 2016; Altun ve Esmir, 2017).

Çalışmamızda, kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) odunundan elde edilen yongalara laboratuvar ortamında 120, 160 ve 180 °C’de ısı işlem uygulanmıştır. Uygulama sonrası, tüm işlem gruplarına ait yongalardaki kimyasal ve termal özellik değişimleri kontrol grubuna göre ortaya konmuş ve ısı işlemin üretilen levhaların fiziksel, mekanik ve yüzey özelliklerine etkileri değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışmada kullanılan kızılcım odunu yongaları, tutkal (üre formaldehit) ve sertleştirici (amonyum klorür) ORMA A.Ş./Isparta firmasından alınmıştır. Kullanılan üre

formaldehit tutkalında, katı madde oranı % 65 ± 1, yoğunluk 1.27-1.29 g/cm³, pH 25 oC’de 7.5-8.5, vizkozite 25 °C’de 150-200 cps, jelleşme süresi 25 °C’de 25-30 s, kullanım süresi 25 °C’de 60 gün, akışkanlık süresi 25 °C’de 20-30 s ve serbest CH₂O en fazla % 0.19 şeklindedir.

2.2. Yöntem

Isıl İşlem

Kızılcım yongaları laboratuvar ortamında etüvde 120 °C, 160 °C ve 180 °C’de 2 saat süreyle ayrı gruplar halinde ısı işleme tabi tutulmuştur.

Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi analizi

Öncelikle 40-100 mesh aralığında öğütülmüş yongalar, moulinex değirmeninde homojen odun unu haline getirildikten sonra fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi analizinde kullanılmıştır. Her bir örneğin 1:100 (w/w) oranında KBr ile preslenmesiyle üretilen peletlerin spektrumları oda sıcaklığında gerçekleştirilen FTIR analizi sonucunda kaydedilmiştir. Analizlerde kullanılan cihaz Perkin Elmer BX FTIR spektrometredir.

TG/DTA (Termogravimetrik/diferansiyel termogravimetrik analiz)

Odun unu haline getirilmiş kontrol ve ısı işlem görmüş yonga örneklerinin TGA analizleri, dakikada 10 °C ısıtma hızında 25 ile 900 °C aralığında azot ortamında yapılmıştır. Kullanılan termograf Perkin Elmer SII Diamond termal analiz cihazıdır.

Yongalevha üretimi

Kızılcımın, %3 rutubet derecesine getirilmiş kontrol ve ısı işlem görmüş yongalarından üretilen levhaların deneysel tasarımı Çizelge 1’de gösterilmiştir. Yongalar, ayrı gruplar halinde levhaların hedef yoğunluğu 0.65 g/cm³ olacak şekilde tartılmıştır. Kontrol ve ısı işlem görmüş yongalardan üretilen levhalar için yongalara tam kuru ağırlıklarının %10’u oranında üre formaldehit tutkalı ve %1’i oranında sertleştirici (%35 NH₄Cl) ilave edilmiş ve karıştırılmıştır. Tutkallanan yongalar 31 x 35 x 1.2 cm ebatlarındaki metal bir çerçeve içerisine ahşap perdeleme yardımı ile serilmiştir. Metal çerçeve içerisindeki, hazırlanmış levha taslağı daha sonra 150 ±5°C’deki sıcak preste 2.5-3 N/mm² basınç altında 5 dakika boyunca bekletilmiştir. Üretilen yongalevhaların kondisyonlanması 20°C sıcaklık ve %65 rutubet derecesinde 30 gün süreyle klima odası ortamında yapılmıştır. Kontrol ve ısı işlem görmüş yongalardan üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü (EM) ve eğilme direnci (ED) TS EN 310 (1999),

yüzeyle dik çekme direnci (YDÇD) TS EN 319 (1999), su alma (SA) ve kalınlığına şişme (KŞ) değerleri TS EN 317 (1999)'de belirtilen şekilde yapılmıştır.

Çizelge 1. Yongalevhaların deneysel tasarımı

| Levha tipi | Kullanılan kızılçam yongaları |
|------------|----------------------------------|
| A | İşlem görmemiş (kontrol) |
| B | 120 °C'de ısıtılmış işlem görmüş |
| C | 160 °C'de ısıtılmış işlem görmüş |
| D | 180 °C'de ısıtılmış işlem görmüş |

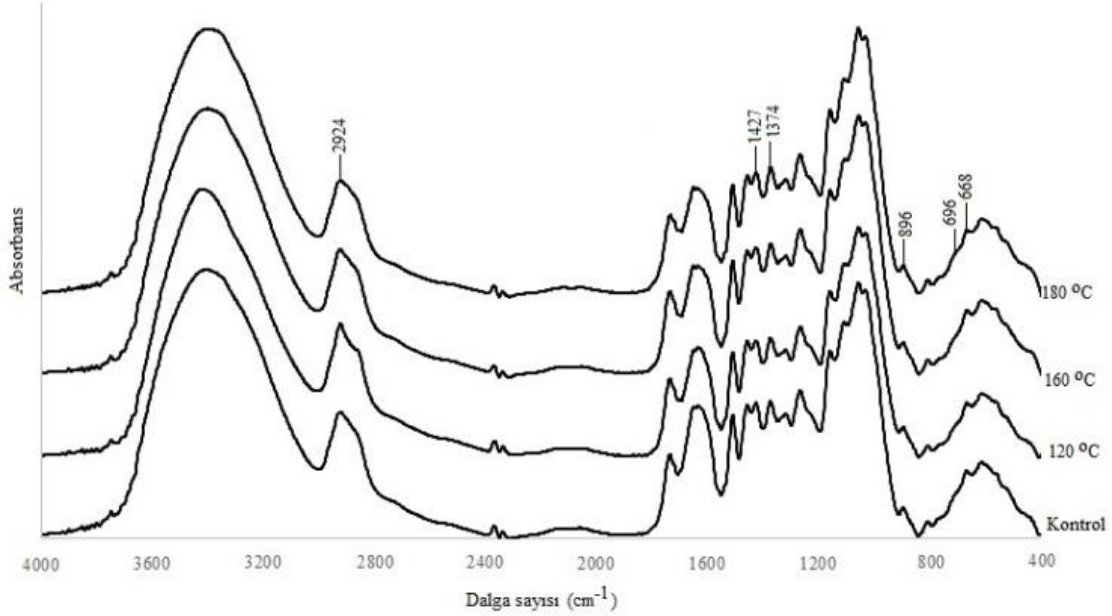
Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri

Kontrol ve ısıtılmış işlem görmüş kızılçam yongalarından üretilen levhaların yüzey pürüzlülüğü ölçümleri DIN 4768 (1990) standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Levhalardan 100x40 mm ebatlarında elde edilen örneklerde, iğne taramalı pürüzlülük aleti (Mitutoyo SJ 201) ile yüzey pürüzlülük ölçümleri yapılmıştır. Yüzey pürüzlülük aletinin iğne uç yarıçapı 0.5 mm², iğne uç açısı

90 derece, dalga boyu (λ) 2.5 mm ve ölçme hızı 0.5 mm/sn olarak programlanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Kontrol ve ısıtılmış işlem görmüş kızılçam yongalarının FTIR spektrumları 4000 ile 400 cm⁻¹ dalga sayıları arasında kaydedilmiştir (Şekil 1). 1430 ve 897 cm⁻¹ civarındaki bandlar CH₂ bükülmesi ve anomerik CH₂ deformasyonunu temsil etmektedir (Kataoka ve Kondo, 1998). Spektrumlardaki A₁₄₃₀/A₈₉₇ ve A₁₃₇₀/A₂₉₀₀ oranları selüloz kristallik indeksinin hesaplanmasında kullanılmıştır (Hassan vd., 2000). A₁₃₇₀/A₆₇₀ ve A₁₃₇₀/A₆₉₀ oranları selüloz 1'in selüloz 2'ye dönüşümünün göstergesi olarak kullanılabilir (Hassan vd., 2000; Akerholm vd., 2004). 1370 cm⁻¹ civarındaki band absorpsiyon değeri 1370, 1335 ve 1315 cm⁻¹ civarındaki CH bükülmesinin birleşimini, 670 cm⁻¹ civarındaki band ise düzlem dışı C-OH bükülmesini ilgilendirmektedir (Evans vd., 1995).



Şekil 1. Kontrol ve ısıtılmış işlem görmüş kızılçam yongalarının FTIR spektrumları

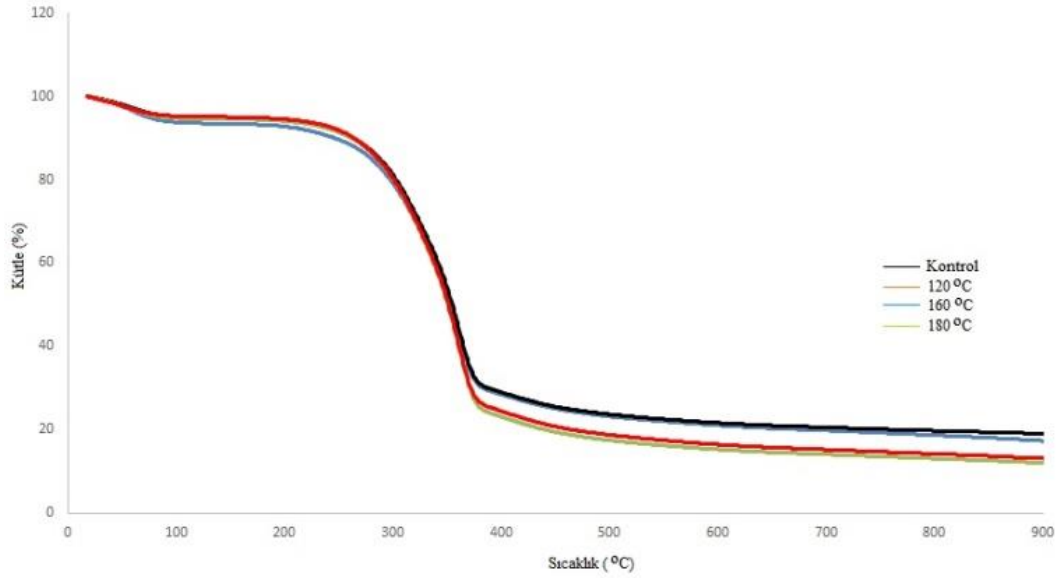
Odunun ana kimyasal bileşenlerinden selüloz önemli düzeyde kristal yapı sergilerken, lignin ve hemiselülozlar amorf yapıya sahiptirler (Fengel ve Wegener, 1984). Ahşap malzemenin ısıtılmış işlem tabii tutulması hücre çeperi bileşenlerinin modifiye olmasını sağlamaktadır. Isıtılmış işlemden sırasıyla en fazla düzeyde hemiselülozlar, selüloz ve lignin etkilenmektedir. Isıtılmış işlem sonucu materyalde holoselüloz oranında azalış görülürken, lignin oranında artış görülmektedir. Ayrıca, ısıtılmış işlemin selülozun kristallite yapısını değiştirmediği ve selülozun relatif kristallik indeksinde herhangi bir etkiye sahip olmadığı çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir (Yıldız ve Gümüşkaya, 2007; Ateş vd., 2009, 2010). Bu çalışmada, FTIR spektroskopik metot (Ateş vd., 2009, 2010) örneklerdeki kristallik indeksinin hesaplanmasında kullanılmıştır (Çizelge 2). Elde edilen sonuçlar, farklı sıcaklıklardaki ısıtılmış işlem uygulamalarının kızılçam yongalarının selüloz kristallik indeksinde belirgin bir etkiye sahip olmadığını göstermiştir.

Bu durum literatürle (Yıldız ve Gümüşkaya, 2007; Ateş vd., 2009, 2010) uyumluluk göstermektedir.

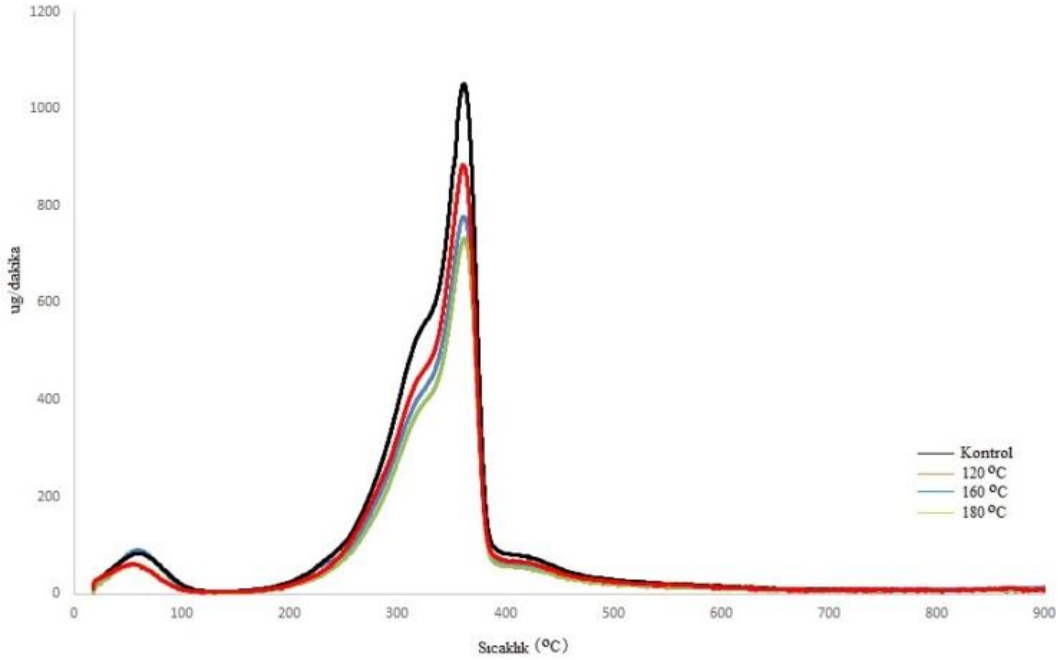
Çizelge 2. Kontrol ve ısıtılmış işlem görmüş kızılçam yongalarının kristallik indeksi

| Kristallik indeksi | Kontrol | 120 °C | 160 °C | 180 °C |
|--------------------------------------|---------|--------|--------|--------|
| A ₁₄₂₇ /A ₈₉₆ | 3.85 | 3.91 | 3.93 | 3.95 |
| A ₁₃₇₄ /A ₂₉₂₄ | 1.09 | 0.95 | 1.48 | 1.95 |
| A ₁₃₇₄ /A ₆₆₈ | 2.00 | 2.18 | 2.21 | 2.25 |
| A ₁₃₇₄ /A ₆₉₆ | 3.21 | 3.21 | 3.24 | 3.27 |

Kontrol ve ısıtılmış işlem görmüş kızılçam yongalarının TGA ve DTG (diferansiyel termogravimetrik analiz) termogramları Şekil 2 ve 3'te gösterilmiştir.



Şekil 2. Kontrol ve ısıtılmış kızılçam yongalarının TGA termogramları



Şekil 3. Kontrol ve ısıtılmış kızılçam yongalarının DTG termogramları

Kontrol ve ısıtılmış kızılçam yongalarında esas bozunma 142 °C'den itibaren gerçekleşmektedir. Bu sıcaklığa kadar suyun ve bir kısım ekstraktiflerin (Turner ve Mann, 1981) numunelerden uzaklaştığı anlaşılmaktadır. Kontrol ve ısıtılmış kızılçam yongalarında esas bozunma 665 °C'ye kadar devam etmiştir. Esas bozunma esnasında bitkisel biyoküylelerde hemiselülozlar, ekstraktiflerin kalını, selüloz ve lignin (Turner ve Mann, 1981; Meszaros vd., 2007) bozunmaya uğramaktadır. Özellikle DTG sonuçlarında, kontrol numunesine kıyasla ısıtılmış kızılçam yongaları için ısıtılmış kızılçam uygulamasının sıcaklığının artırılmasına bağlı olarak, esas bozunma bölgesinde 210 °C'den itibaren kütle kaybının giderek azaldığı görülmüştür. Bu durum ısıtılmış kızılçam numunelerinde hemiselüloz daha ilerisinde selülozda kayba

neden olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, ısıtılmış kızılçam numunelerinin daha yüksek termal stabiliteye sahip olduklarını göstermektedir. TGA ve DTG sonuçlarının literatürle (Kandem, 2002; Hill, 2006; Martinka vd., 2014; Zang vd., 2019; Bürüç vd., 2019) aynı doğrultuda olduğu görülmektedir.

Kontrol ve ısıtılmış kızılçam yongalarından üretilen levhaların fiziksel özellikleri Çizelge 3'te verilmiştir. Yongalara uygulanan ısıtılmış kızılçam uygulamasının sıcaklık derecesi artırıldıkça üretilen levhaların SA ve KŞ değerlerinin kontrol grubuna kıyasla sürekli düştüğü kaydedilmiştir.

Çizelge 3. Kontrol ve ısıl işlem görmüş kızılçam yongalarından üretilen levhaların fiziksel özellikleri

| Levha Tipi | SA-2 saat | SA-24 saat | KŞ-2 saat | KŞ-24 saat |
|------------|--|--------------------|-------------------|-------------------|
| A | 113.51 (3.10) ¹ a ² | 119.90 (4.04) a | 56.28 (1.73) a | 63.08 (1.10) a |
| B | 98.40 (2.06) b | 110.23 (3.45) b | 46.58 (1.32) b | 54.77 (1.03) b |
| C | 92.70 (1.25) c | 105.01 (2.05) c | 40.37 (1.84) c | 46.37 (1.43) c |
| D | 87.71 (1.26) d | 101.23 (0.45) d | 38.56 (0.93) c | 44.47 (1.29) c |

1: Standart sapma, 2: Duncan testine göre her sütündeki homojen gruplar. SA-2, 24 ve KŞ-2, 24 saat için $p < 0.001$ şeklindedir.

Odundaki, holoselülozu oluşturan selüloz ve hemiselülozlar molekül yapılarında yüksek miktarda -OH grubu içermelerinden kaynaklı olarak hidrofilik bir özellik ortaya koymaktadırlar (Fengel ve Wegener, 1984). Özellikle materyaldeki ısıl işlemde kaynaklanan holoselüloz kaybının (Ateş vd. 2009; 2010) serbest -OH gruplarının miktarını azaltması nedeniyle su alma ve kalınlığına şişme değerlerinde azalmaya sebep olduğu anlaşılmaktadır.

Kontrol ve ısıl işlem görmüş kızılçam yongalarından üretilen levhaların mekanik özellikleri Çizelge 4'de sunulmuştur. Yongalara uygulanan ısıl işlemin sıcaklık derecesi artırıldıkça üretilen levhaların ED, EM ve YDÇD değerlerinin kontrol grubuna göre sürekli azaldığı görülmüştür.

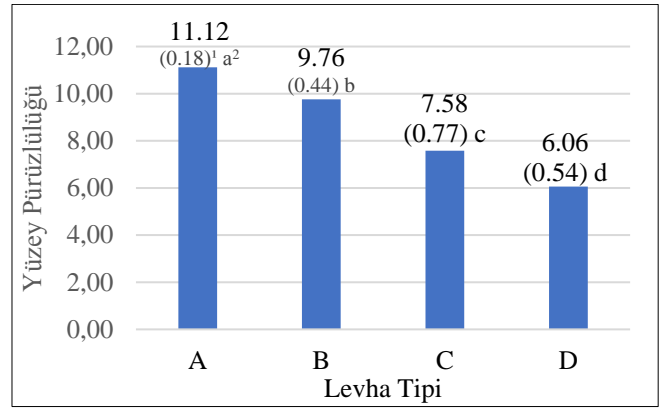
Çizelge 4. Kontrol ve ısıl işlem görmüş kızılçam yongalarından üretilen levhaların mekanik özellikleri

| Levha Tipi | ED (N/mm ²) | EM (N/mm ²) | YDÇD (N/mm ²) |
|------------|--|-------------------------|---------------------------|
| A | 8.05(0.61) ¹ a ² | 1664(121) a | 0.26(0.01) a |
| B | 6.43(0.78) b | 1331(91) b | 0.23(0.01) b |
| C | 4.39(0.68) c | 1227(82) c | 0.22(0.01) c |
| D | 4.06(0.69) c | 1080(64) d | 0.10(0.02) d |

1: Standart sapma, 2: Duncan testine göre her sütündeki homojen gruplar. ED ve EM ve YDÇD için $p < 0.001$ şeklindedir.

Özellikle, holoselüloz (selüloz ve hemiselüloz) ve lignin odundaki polar -OH gruplarının kaynağını oluşturmaktadır. Polar -OH grupları, polar yapıyı polimerlerle hidrojen bağlarının oluşmasında etkili olmaktadır (Aydın, 2004). Dolayısıyla, ısıl işlem sebebiyle holoselüloz miktarında görülen düşüşün (Ateş vd., 2009; 2010) materyaldeki reaktif -OH gruplarının miktarında (Ndazi vd., 2007a, 2007b) azalmaya neden olmasının, üretilen levhaların mekanik özelliklerini zayıflatacağını göstermiştir.

Kontrol ve ısıl işlem görmüş kızılçam yongalarından üretilen levhaların yüzey pürüzlülük değerleri (Ra) Şekil 4'de gösterilmiştir.



1: Standart sapma, 2: Duncan testi homojen grupları. Ra için $p < 0.001$ bulunmuştur.

Şekil 4. Kontrol ve ısıl işlem görmüş kızılçam yongalarından üretilen levhaların yüzey pürüzlülük değerleri (Ra)

Kızılçam yongalarına uygulanan ısıl işlemin sıcaklık derecesi yükseldikçe üretilen levhaların yüzey pürüzlülük değerlerinde kontrol grubuna göre sürekli düşüş tespit edilmiştir. Isıl işlem uygulamasının materyalin hücre yapısında öncelikle hemiselülozlar ve devamında selülozda bozunmaya sebep olduğu ve söz konusu bozunmanın ısıl işlem sıcaklık derecesinin yükseltilmesiyle hızlandığı ve arttığı TGA ve DTG analizi sonucu elde edilen termogramlardan anlaşılmaktadır. Yüzey pürüzlülüğü üzerine çok fazla sayıda faktörün etkili olduğu bilinmektedir. Bunlar içerisinde yıllık halka yapısı, genç odun, olgun odun, yoğunluk, hücre yapısı gibi faktörler sayılabilir (Liu vd., 1998; Aydın ve Çolakoğlu, 2005; Temiz vd., 2005; Dündar vd., 2008; Karagöz vd., 2011; İstek vd., 2012; Baysal vd., 2014, Güler ve Beram, 2018; Güler, 2019). Çalışmada elde edilen, ısıl işlemin materyalde yarattığı bozunma sebebiyle gerçekleşen ve ısıl işlem sıcaklık derecesinin artırılmasıyla üretilen levhalarda sürekli düşüş gösteren yüzey pürüzlülük değerlerine ait sonuçların literatürle (Ünsal ve Ayrılmış, 2005; Korkut vd., 2008; Özcan vd., 2012; Özdemir, 2016) uyumluluk içerisinde olduğu görülmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

120, 160 ve 180 °C'lerde ısıl işlem görmüş kızılçam yongalarının FTIR spektroskopik ve termal özellikleri incelenmiş, devamında yongalardan elde edilen levhaların fiziksel, mekanik ve yüzey özellikleri değerlendirilmiştir. FTIR sonuçlarına göre, numunelerin kristallik indeksinde ısıl işlemde kaynaklı önemli bir değişimin gerçekleşmediği görülmüştür. Termal bozunma eğrilerindeki esas bozunma aşamasında ısıl işlem görmüş yongalarda kontrol yongalarına göre daha az madde kaybı meydana geldiği ve termal stabilitenin arttığı gözlenmiştir. Bununla birlikte, TGA ve DTG sonuçlarına göre ısıl işlem sıcaklık derecesinin artışıyla yongalarda önemli düzeyde holoselüloz kaybı gerçekleştiği anlaşılmıştır. Buna bağlı olarak, elde edilen sonuçlarda levhaların su alma ve kalınlığına şişme değerlerinin yongalara uygulanan ısıl işlem sıcaklık artışına bağlı olarak sürekli düştüğü belirlenmiştir. Buna göre, ısıl işlem uygulanmış

yongalardan üretilen levhaların daha az su absorbe ettiği görülmüştür.

Isıl işlem ile yongaların kimyasal bileşimde gerçekleşen değişimler nedeniyle üretilen levhaların eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve yüzeye dik çekme değerlerinde yongalara uygulanan ısıl işlem sıcaklığı arttıkça azalma gözlenmiştir. Mekanik özelliklere ait en yüksek değerler kontrol yongalarından elde edilen levhalarda görülmüştür. Bu nedenle ısıl işlem görmüş yongalardan üretilen levhaların yük taşıma amaçlı kullanılmaması gerektiği önerilebilir.

Isıl işlemin yongalarda yarattığı hücresel bozunma sebebiyle gerçekleşen ve ısıl işlem sıcaklık derecesinin artırılmasıyla üretilen levhalarda sürekli düşüş gösteren yüzey pürüzlülük değerlerine ulaşılmıştır.

Sonuçlardan da anlaşılacağı üzere ısıl işlem görmüş yongalardan üretilen levhaların fiziksel özelliklerinde genel olarak gelişme sağlanırken, mekanik özelliklerinde zayıflama kaydedilmiştir. Bu nedenle, ısıl işlem görmüş yongalardan üretilen levhaların dekorasyon amaçlı ve nemli ortamlarda, yani malzemede fiziksel özellik beklenen ve kısmen yanmaya dayanıklı yapılarda kullanılması önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Akerholm, M., Hinterstoisser, B., Salmen, L. (2004). Characterization of the crystalline structure of cellulose using static and dynamic FT-IR spectroscopy. *Carbohydrate Research*, 339(3), 569-578.
- Altun, S., Esmer, M. (2017). Isıl işlemin bazı ağaç malzemelerde yüzey pürüzlülüğü ve vernik yapışma direncine etkisi. *Politeknik Dergisi*, 20(1), 231-239.
- Ateş, S., Akyıldız, M.H., Özdemir, H. (2009). Effects of heat treatment on calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) wood. *Bioresources*, 4(3), 1032-1043.
- Ateş, S., Akyıldız, M.H., Özdemir, H., Gümüşkaya, E. (2010). Technological and chemical properties of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) wood after heat treatment. *Romanian Biotechnological Letters*, 15(1), 4950.
- Aydın, İ. (2004). Çeşitli ağaç türlerinden elde edilen kaplamaların ıslanabilme yeteneği ve yapışma direnci üzerine bazı üretim şartlarının etkileri. *Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon*.
- Aydın, İ., Çolakoğlu, G. (2005). Effects of Surface Inactivation, High Temperature Drying And Preservative Treatment on Surface Roughness and Colour of Alder and Beech Wood. *Applied Surface Science*, 252(2), 430-440.
- Baharoğlu, M. (2010). Ağaç Türü, Parafin Kullanım Miktarı ve Uygulama Şeklinin Yonga Levhanın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 155 s.
- Baysal, E., Kart, S., Toker, H., Değirmençtepe, S. (2014). Some Physical Characteristics of Thermally Modified Oriental-Beech Wood. *Maderas Ciencia y Tecnología*, 16(3), 291-298.
- Bourgois, J., Bartholin, M.C., Guyonnet, R. (1989). Thermal Treatment of Wood: Analysis of The Obtained Product. *Wood Science and Technology*, 23(4), 303-310.
- Bozkurt, Y., Göker, Y., Erdin, N., As, N. (1993). Dağca Kızılçamında Anatomik ve Teknolojik Özellikler. *Uluslararası Kızılçam Sempozyumu*, 18-23 Ekim, 628-635.
- Bürüç, G., Aydemir, D., Bakır, K. (2019). Doğu Kayını ve Saplı Meşe Odunlarının Bazı Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin Etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21(3), 713-721.
- DIN 4768, (1990). Determination of roughness parameters Ra, Rz, Rmax by means of stylus instruments, terms, measuring conditions, Berlin, Germany.
- Dündar, T., As, N., Korkut, S., Ünsal, Ö. (2008). The effect of boiling time on the surface roughness of rotary-cut veneers from Oriental beech (*Fagus orientalis* L.), *Journal of Materials Processing Technology*, 199(1-3), 119-123.
- Evans, R., Newman, R. H., Roick, U. C., Suckling, I. D., Wallis, A. F. (1995). Changes in cellulose crystallinity during kraft pulping. Comparison of infrared, X-ray diffraction and solid state NMR results. *Holzforchung-International Journal of the Biology, Chemistry, Physics and Technology of Wood*, 49(6), 498-504.
- Fengel, D., Wegener, G. (1984). *Wood Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Walter de Gruyter Verlag, Berlin, Germany.
- Güler, G. (2019). Kanola (*Brassica napus* L.) saplarından üretilen yongalevhaların termal, yanma ve yüzey pürüzlülük özellikleri. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 3(2), 114-120.
- Güler, G., Beram, A. (2018). Yabani Hindiba (*Cichorium intybus* L.) Saplarından Üretilen Yongalevhaların Fiziksel, Mekanik ve Yüzey Pürüzlülük Özelliklerinin İncelenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(2), 216-222.
- Gündüz, G., Korkut, S., Korkut, D. S. (2007). The effects of heat treatment on physical and technological properties and surface roughness of Camiyanı Black Pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) wood. *Bioresource Technology*, 99(7), 2275-2280.
- Gündüz, G., Niemz, P., Aydemir, D. (2008). Changes in specific gravity and equilibrium moisture content in heat-treated fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf.) wood. *Drying Technology*, 26(9), 1135-1139.

- Hafizoğlu, H., Yalınkılıç, M. K., Yıldız, Ü. C., Baysal, E., Demirci, Z., Peker, H. (1994). Türkiye Bor Kaynaklarının Odun Koruma (Emprenye) Endüstrisinde Değerlendirilme İmkanları, (TÜBİTAK Projesi), TOAG-875 Nolu Proje, s. 377.
- Hassan, M. L., Rowell, R. M., Fadl, N. A., Yacoub, S. F., & Christensen, A. W. (2000). Thermoplasticization of bagasse. I. Preparation and characterization of esterified bagasse fibers. *Journal of Applied Polymer Science*, 76(4), 561-574.
- Hill, C. A. S. (2006). Wood modification: chemical, thermal and other processes. John Wiley & Sons Ltd., 232 p, England.
- İstek, A., Kara, M. E., Karakaya, B. (2012). Lif Levhaların Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Bazı Zımpara Faktörlerinin Etkisi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 14(22), 41-45.
- Kamdem, P. (2002). Heat Treatment: Can It Replace Preservatives? CWWA (Canadian Wood Preservation Association) Proceedings, ss. 122-131.
- Karagöz, Ü., Akyıldız, M.H., İşleyen, O. (2011). Effect of Heat Treatment on Surface Roughness of Thermal Wood Machined by CNC. *Pro Ligno*, 7(4), 50-58.
- Kataoka, Y., Kondo, T. (1998). FT-IR microscopic analysis of changing cellulose crystalline structure during wood cell wall formation. *Macromolecules*, 31(3), 760-764.
- Korkut, D. S., Korkut, S., Bekar, İ., Budakçı, M., Dilik, T., Çakıcıer, N. (2008). The effects of heat treatment on the physical properties and surface roughness of Turkish Hazel (*Corylus colurna* L.) wood. *International Journal of Molecular Sciences*, 9(9), 1772-1783.
- Liu, F.P., Rials, T.G., Simonsen, J. (1998). Relationship of Wood Surface Energy to Surface Composition. *Langmuir*, 14(2), 536-541
- Martinka, J., Hroncová, E., Chrebet, T., Balog, K. (2014). The influence of spruce wood heat treatment on its thermal stability and burning process. *European Journal of Wood And Wood Products*, 72(4), 477-486.
- Mayes, D., Oksanen, O. (2002). "Thermowood Handbook", Finnforest, Finland, 5-15.
- Mesaros, E., Jakab, E., Varhegyi, G. (2007). TG/MS, PyGC/MS and THMGC/MS study of the composition and thermal behavior of extractive components of *Robinia pseudoacacia*. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 79(1), 61-70.
- Ndazi, B. S., Karlsson, S., Tesha, J. V., Nyahumwa, C. W. (2007a). Chemical and physical modifications of rice husks for use as composite panels. *Composites: Part A*, 38(3), 925-935.
- Ndazi, B. S., Nyahumwa, C., Tesha, J. (2007b). Chemical and thermal stability of rice husks against alkali treatment. *BioResources*, 3(4), 1267-1277.
- Obataya, E., Tanaka, F., Norimoto, M., Tomita, B. (2000). Hygroscopicity of heat-treated wood 1. Effects of after-treatments on the hygroscopicity of heat-treated wood. *Journal of Wood Science*, 46(2), 77-87.
- Özcan, S., Özçifçi, A., Hızırdoğan, S., Toker, H. (2012). Effects of heat treatment and surface roughness on bonding strength. *Construction and Building Materials*, 33, 7-13.
- Özdemir, F. (2016). Orta Yoğunluklu Lif Levhanın (MDF) Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Isıl İşlemin Etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(3), 57-61.
- Rowell, R. (1996). Opportunities for composites from agro-based resources, in paper and composites from agro based resources. CRC Press, Inc. Pp. New York, 249- 268.
- Temiz, A., Yıldız, Ü.C., Aydın, İ., Eikenes, M., Alfredsen, G., Çolakoğlu, G. (2005). Surface Roughness and Colour Characteristics of Wood Treated With Preservatives After Accelerated Weathering Test. *Applied Surface Science*, 250 (1-4), 35-42.
- TS EN 310, (1999). Ahşap Esaslı Levhalar- Eğilme Dayanımı ve Eğilme Elastikiyet (TSE, Ankara, 1999).
- TS EN 317, (1999). Yonga Levhalar ve Lif Levhalar Su İçerisine Daldırma İşleminde Sonra Kalınlığına Şişme Tayini (TSE, Ankara, 1999).
- TS EN 319, (1999). Yonga Levhalar ve Lif Levhalar-Levha Yüzeyine Dik Çekme (TSE, Ankara, 1999).
- Turner, F., Mann, U. (1981). Kinetic investigation of wood pyrolysis. *Industrial & Engineering Chemistry Process Design and Development*. 20(3), 482-488.
- Ünsal, Ö., Ayrılmış, N. (2005). Variations in compression strength and surface roughness of heat-treated Turkish river red gum (*Eucalyptus camaldulensis*) wood. *Journal of Wood Science*, 51(4), 405-409.
- Yalınkılıç, M. K. (1993). Ağaç Malzemenin Yanma, Higroskopisite ve Boyutsal Stabilité Özelliklerinde Çeşitli Emprenye Maddelerinin Neden Olduğu Değişiklik ve Bu Maddelerin Odundan Yıkınabilirlikleri, K.T.Ü. Orman Fak., Doçentlik Tez Çalışması, Trabzon.
- Yıldız, S., Gümüşkaya, E. (2007). The effects of thermal modification on crystalline structure of cellulose in soft and hardwood. *Building and Environment*, 42(1), 62-67.
- Zhang, N., Xu, M., Cai, L. (2019). Improvement of mechanical, humidity resistance and thermal properties of heat-treated rubber wood by impregnation of SiO₂ precursor. *Scientific Reports*, 9(1), 982.