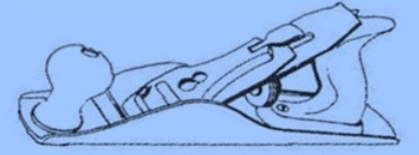


MOBİLYA ve AHŞAP MALZEME ARAŞTIRMALARI DERGİSİ

2018, 1(1), 1-50



—MAMAD—

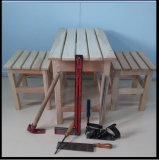


FURNITURE and WOODEN MATERIAL RESEARCH JOURNAL



—FURMAJ—





KURULLAR

BAŞ EDİTÖR

Doç. Dr. Bekir Cihad BAL, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

EDİTÖR KURULU

- **Dr. Öğr. Üyesi Alperen KAYMAKÇI**, Kastamonu Üniversitesi
- **Dr. Öğr. Üyesi Fatih Tuncay EFE**, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
- **Dr. Öğr. Üyesi Ümit AYATA**, Erzurum, Atatürk Üniversitesi
- **Dr. Öğr. Gör. Nasır NARLIOĞLU**, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
- **Doç. Dr. Canan Gamze BAL**, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

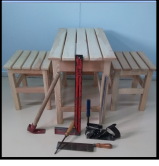
DANIŞMA KURULU

- **Prof. Dr. Abdülkadir MALKOÇOĞLU**, Trabzon, Karadeniz Teknik Üniversitesi
- **Doç. Dr. Murat ÖZALP**, Kütahya, Dumlupınar Üniversitesi
- **Doç. Dr. Sait Dünder SOFUOĞLU**, Kütahya, Dumlupınar Üniversitesi
- **Dr. Öğr. Üyesi Önder TOR**, Kastamonu Üniversitesi
- **Dr. Öğr. Üyesi Erkan AVCI**, Muğla, Sıtkı Koçman Üniversitesi
- **Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Cihangir YALINKILIÇ**, Kütahya, Dumlupınar Üniversitesi



İÇİNDEKİLER

| | |
|--|-------|
| Editörden Bekir Cihad Bal | I |
| Kayın ve kavak odunlarında bazı fiziksel özelliklerle yoğunluk ilişkisinin belirlenmesi Bekir Cihad Bal, İbrahim Bektaş | 1-10 |
| Effect of heat treatment on colour and glossiness properties of zebrano, sapelli and merbau woods Ümit Ayata, Tuğba Gürleyen, Levent Gürleyen | 11-20 |
| CNC makinelerinin bazı ayarlarının parça işleme süresi ve lif levhanın yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri Bekir Cihad Bal | 21-30 |
| Higrotermal yaşlandırma işleminin ısı işlem görmüş kestane odununun renk ve sertlik özellikleri üzerine etkisi Mehmet Karamanoğlu, Alperen Kaymakçı | 31-37 |
| Karaçam testere talaşının polipropilen kompozitlerin mekanik özelliklerine etkisi Nasır Narlıoğlu, Nihat Sami Çetin, Mehmet Hakkı Alma | 38-45 |
| Determination of surface roughness parameters of heat-treated and untreated Scotch pine, oak and beech woods Ümit Ayata, Tuğba Gürleyen, Levent Gürleyen, Nevzat Çakıcıer | 46-50 |



EDİTÖRDEN

Kıymetli okuyucular,

Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi adı ile kurulan dergimiz, bu ilk sayısının yayınlanması ile yayın hayatına başlamıştır. Bu nedenle, bizlere alt yapı desteği sağlayan Dergi Park ekibine desteğinden dolayı, yayınlanan bu ilk sayıya makale gönderen araştırmacılara katkılarında dolayı, makalelerin düzenlenmesinde görev alan bölüm editörlerine çabalarından dolayı, makalelerin incelenmesinde vakit ayıran hakem arkadaşlara emeklerinden dolayı teşekkür ediyorum. Ayrıca, dergimiz danışma kurulunda görev almayı kabul eden ve çeşitli önerilerde bulunan danışma kurulu üyelerimize, bize verdikleri destekten dolayı teşekkür ediyorum.

Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi, Türkiye’de, günümüzde devam etmekte olan akademik dergicilik faaliyetlerinde, tarafımızdan görülen bir eksikliğin fark edilmesi üzerine doğmuştur. Türkiye’de ilk olarak 1933 yılında Mesleki ve Teknik Öğretim Genel Müdürlüğü kurulmuştur. 1940’lı yıllarda ise mesleki eğitim hızla gelişmeye başlamıştır. İleriki yıllarda üniversitelerde mobilya konusunda eğitim veren bölümler oluşturulmuştur. Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği bölümünün 1973 yılında Hacettepe Üniversitesi Rektörlüğü’ne bağlı olarak kurulması ve 1982 yılında İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi bünyesinde Orman Endüstri Mühendisliği bölümünün kurulması ile mobilya ve ahşap malzeme konularında önemli adımlar atılmıştır. Ancak, geçen bu süre içerisinde, tematik olarak mobilya konusunda yayın yapan akademik bir derginin olmadığı görülmüştür. Bu nedenle, Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi kurulmuştur. Amacımız, bu konudaki eksikliği giderebilmek ve mobilya veya ahşap malzemeler üzerinde yapılan çalışmalarını diğer araştırmacılara ve okuyuculara ulaştırabilmektir.

Dergimiz; mobilya mekaniği, mobilya tasarımı, mobilya üst yüzey işlemleri, mobilya üretiminde kalite kontrol, mobilya sektöründe iş sağlığı ve güvenliği, mobilya ithalat ve ihracatı, mobilya konusunda alan araştırmaları, bilgisayar destekli mobilya tasarımı, bilgisayar destekli mobilya üretimi konularında hazırlanan çalışmalara yer verecektir. Ayrıca, masif ahşap malzeme, ahşap esaslı kompozit malzemeler, odun plastik kompozitleri, ahşap malzemenin işlenmesi, ahşap malzemenin güçlendirilmesi, ahşap malzemenin korunması, ahşap malzemenin modifikasyonu, ahşap malzemenin fiziksel, kimyasal, mekanik ve diğer teknolojik özelliklerini içeren araştırmalarda dergi konuları kapsamındadır.

Dergimizin bu ilk sayısında görev alan arkadaşlara tekrar teşekkür ediyorum, mobilya ve ahşap malzeme ile ilgili araştırmacılara ve okuyuculara hayırlı olmasını diliyorum, saygılar sunuyorum.

Doç. Dr. Bekir Cihad BAL
Baş Editör



Kayın ve kavak odunlarında bazı fiziksel özelliklerle yoğunluk ilişkisinin belirlenmesi

Bekir Cihad Bal^{1*}, İbrahim Bektaş²

Öz

Masif ahşap malzeme geçmişten günümüze birçok farklı alanda kullanılmıştır. Özellikle, kolay temin edilebilmesi, ucuz olması, kolay işlenebilmesi, estetik bakımdan cazip olması gibi birçok üstün özelliklere sahiptir. Odunun özellikleri üzerine ağaç türü, rutubet miktarı, odun türü (genç odun-olgun odun veya öz odun-diri odun) ve odun kusurlarının etkili olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada, odunun fiziksel özellikleri ile yoğunluğu arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaç için, kayın (*Fagus orientalis* L.) ve kavak (*Populus x euramericana* I-214) odunları üzerinde denemeler yapılmıştır. Denemelerde, odunun tam kuru yoğunluğu, genişleme yüzdesi, lif doygunluk noktası ve rutubet miktarı belirlenmiştir. Denemelerde TS 2470, TS 2471, TS 4083 ve TS 4084 numaralı standartlar kullanılmıştır. Tam kuru yoğunluk ile diğer fiziksel özellikler arasındaki ilişki regresyon denklemleri ile belirlenmeye çalışılmıştır. Bu ilişkiler dağılım grafikleri ile gösterilmiştir. Elde edilen bulgulara göre; tam kuru yoğunluk miktarı arttıkça genişleme yüzdelерinin arttığı ve rutubet miktarının azaldığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: tam kuru yoğunluk, fiziksel özellikler, kayın odunu, kavak odunu

Determination of relationship between density and some physical properties in beech and poplar wood

Abstract

Solid wood material has used in many different areas from the past to the present day. In particular, it has many outstanding features such as being easy to procure, cheap, easy to process, attractive from aesthetic standpoint. It is known that wood species, moisture content, wood type (juvenile wood-mature wood or heart wood-sap wood) and wood imperfections are effective on wood properties. In this study, the relationship between physical properties and density of wood were determined. For this purpose, experiments carried out on beech (*Fagus orientalis* L.) and poplar (*Populus x euramericana* I-214) woods. In the experiments, the oven dry density of wood, swelling percentages, fiber saturation point and moisture content were determined. TS 2470, TS 2471, TS 4083 and TS 4084 standards were used in the experiments. The relationships between oven dry density and other physical properties were determined by regression equations. These relationships showed by distribution graphs. According to findings; it was determined that as the amount of oven dry density increased, the percentage of swelling increased and the percentage of moisture content decreased.

Keywords: Oven dried density, physical properties, beech wood, poplar wood

Makale tarihçesi: Geliş: 04.05.2018, Düzeltme:25.05.2018, Kabul:01.06.2018, Yayınlanma:28.06.2018

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Malzeme Bölümü, Kahramanmaraş/Türkiye

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Kahramanmaraş/Türkiye

*Sorumlu yazar: e-posta: bcbal@hotmail.com, Tel: 0 344 300 18 11

Atıf: Bal, BC, ve Bektaş İ. (2018), Kayın ve kavak odunlarında bazı fiziksel özelliklerle yoğunluk ilişkisinin belirlenmesi, Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi, 1(1), 1-10.

1 Giriş

Ağaçlardan elde edilen odun hammaddesi, geçmişten günümüze, yeni bazı ürünlerin üretilmesi için önemli bir hammadde ve ayrıca en önemli mühendislik malzemelerinden birisi olmuştur. Günümüzde, odun hammaddesinden elde edilen yonga levha, lif levha, heraklit levha, kontrplak ve masif panel gibi kompozit yarı mamul malzemeler, mobilya ve dekorasyon işleri başta olmak üzere, değişik amaçlar için kullanılmaktadır. Odunun veya odundan elde edilen yonga veya kaplamaların bazı özelliklerinin iyileştirilmesiyle compreg, impreg, staybwood, accoya ve werzalit gibi bazı ürünler de geliştirilmiştir.

Ahşap malzemenin kendine has bazı önemli özellikleri bulunmaktadır. Diğer mühendislik malzemeleri ile kıyaslandığında, ahşap malzeme kullanım yerinde istenen ve istenmeyen bazı özelliklere sahiptir. Örneğin; ahşap malzeme ile plastik kıyaslandığında toprakla temas eden yerlerde çürüme özelliği bakımından plastik çok daha dayanıklıdır. Ancak, şekillendirme veya makinelerde işleme özelliği bakımından ahşap malzeme için basit makinelere ihtiyaç duyulur. Metaller mekanik performans bakımından elbette ahşaptan daha iyidir. Ancak işlenmesi ve şekil verilmesi zordur. Beton günümüzde en önemli inşaat malzemelerinden birisidir. Ancak bu malzemelere göre ahşap malzemenin estetik bakımdan üstün olması, kolay işlenip şekillendirilmesi, basit gereçlerle birleştirilmesi, maliyetinin düşük olması, doğa dostu olması, doğada bol bulunması, karbon tutucu olması ve yenilenebilen bir malzeme olması gibi üstün özellikleri bulunmaktadır.

Ahşap malzemenin yukarıda sayılan üstün özelliklerinin yanında üç temel yönde farklı özellikler göstermesi (anizotropi), yoğunluğuna bağlı olarak fiziksel, mekanik, kimyasal ve diğer teknolojik özelliklerinin değişiklik göstermesi, ağaçlardan alındığı yere göre bu özelliklerinin tamamının değişiklik göstermesi gibi istenmeyen özellikleri bulunmaktadır. Masif ahşap malzeme de yoğunluk arttıkça genel bir kural olarak mekanik özellikler artmaktadır. Eğilme direnci, elastikiyet modülü ve şok direnci ile yoğunluk arasında artan-doğrusal bir ilişki vardır. Yapılan önceki çalışmalarda, birçok araştırmacı bu ilişkiyi belirlemiştir (Kollmann ve Cote, 1968; Bektaş ve ark., 2002; Bal ve ark., 2013).

Masif ahşap malzemenin fiziksel özellikleri genel olarak yoğunluk, odun-su ilişkileri, daralma ve genişleme özellikleri, lif doygunluk noktası, termik özellikleri, elektriksel özellikleri ve akustik özellikleri olarak sıralanmaktadır (Kollmann ve Cote, 1968; Bozkurt ve Göker, 1996; Örs ve Keskin, 2001). Bu fiziksel özelliklerle yoğunluk arasında önemli bir ilişki olduğu yapılan önceki çalışmalarda belirlenmiştir. Örneğin; odun yoğunluğu arttıkça daralma ve genişleme yüzdelerinin arttığı (Kollmann ve Cote, 1968; Bektaş ve Güler, 2001; Pliura ve ark., 2005; Kord ve ark., 2010), termik, akustik ve elektriksel özelliklerinin değiştiği (Kollmann ve Cote, 1968) bildirilmiştir.

Ağaçlarda enine kesit incelendiğinde odun oluşumu bakımından, öz odun ve diri odun şeklinde iki farklı oluşumun meydana geldiği ve bunun yanında genç odun ve olgun odun olarak da iki farklı odun kısmının oluştuğu bilinmektedir. Çoğu ağaç türünde genç odun kısmı öz odun kısmının ortasında kalan ve ilk 5 ile 30 yıl sonucu oluşan yıllık halkaları kapsamaktadır. Yapılan önceki çalışmalarda genel olarak, test örnekleri bütün enine kesiti kapsayacak şekilde hazırlanmış ve bu öz odun-diri odun veya genç odun-olgun odun farklılıkları göz önüne alınmamıştır. Ancak, bu farklılıkların yoğunluk ve dolayısıyla fiziksel özellikler üzerinde önemli farklılıklara sahip olabileceği düşünülmektedir. Bu noktadan hareketle bu çalışmada, Türkiye’de önemli bir kullanım alanına sahip olan ve aralarında yoğunluk bakımından büyük farklılıklar bulunan kayın ve kavak odunlarında öz odun ve diri odun kısımları ayrı gruplar halinde çalışılarak yoğunluk ile fiziksel özellikler arasındaki ilişkiler belirlenmeye çalışılmıştır.

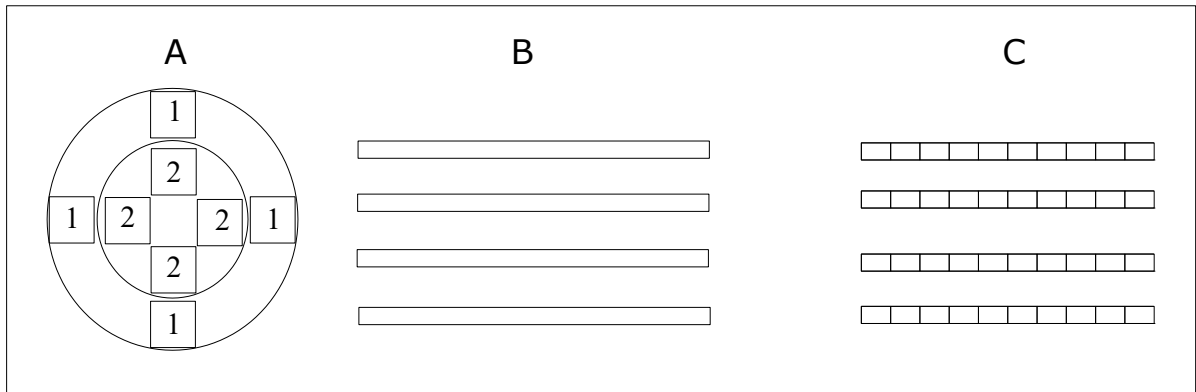
2 Materyal ve Metot

2.1 Materyal

Bu çalışmada, materyal olarak kayın (*Fagus orientalis* L.) ve kavak (*Populus x euramericana* I-214) odunları kullanılmıştır. Kayın tomrukları Karabük ili, Yenice ilçesinden ve kavak tomrukları Karabük ili, Eskipazar ilçesinde özel bir şahsa ait kavak sahasından alınmıştır. Kayın ve kavak tomruklarından test örneklerinin hazırlanacağı seksiyonlar alınmıştır. Daha sonra bu seksiyonlardan fiziksel özelliklerin belirlenmesi için laboratuvar numuneleri kesilmiştir. Her deney için hazırlanan örneklerin boyutları ve nasıl elde edildikleri metot kısmında anlatılmıştır. Fiziksel özellikler ile ilgili olarak yapılan testlerde her iki ağaç türünde, öz odun-diri odun ayrımı yapılarak test grupları ayrı ayrı hazırlanmıştır.

2.2 Metot

Yuvarlak odundan laboratuvar numunesi için kereste kesimi Şekil 1’de gösterildiği gibi TS 2470’e göre yapılmıştır. Her deney için aynı tomruktan eşit sayıda test numunesi alınmıştır. Test örnekleri alınırken, öz odun ve diri odundan alınan test örnekleri sayısı eşit tutulmuştur. Her grup için 150 adet ve toplamda 600 adet test örneği hazırlanmıştır. Tüm fiziksel özellikler bu test örnekleri üzerinde yapılmıştır. Bu standarda göre deney parçalarının hazırlanması, deneyin yapılışı, hesaplama ve sonuçların gösterilmesi sırasıyla şu şekildedir; deney parçalarının biçim ve boyutları odunun denenmesine ilişkin standartlarda belirtildiği gibi hazırlanmıştır. Lif doğrultusu uzunluk eksenine paralel ve deney parçası başlarında yıllık halkalar iki yüze paralel ve diğer iki yüze dik olarak ayarlanmıştır.



Şekil 1. Tomruk enine kesitinden öz odun (2'ler) ve diri odundan (1'ler) kadronların alınması (A), kadronlardan elde edilen çıtalar (B), çıtalardan elde edilen test örnekleri (C)

2.2.1 Tam kuru yoğunluk miktarının belirlenmesi

Tam kuru yoğunluk ölçümleri TS 2472'ye göre yapılmıştır. Buna göre örnekler kurutma dolabına konmuş ve sıcaklığı kademeli olarak 103 ± 2 °C'ye çıkarılarak, yüksek ısıda zarar görmesi önlenmiştir. Kurutma dolabında örnek ağırlıklarının sabit hale gelmesini müteakip, dolaptan çıkarılan örnekler desikatöre alınarak, soğumaları sağlanmış daha sonrada ağırlıkları ve üç yöndeki boyutları ölçülerek formül (1)'e göre hesaplanmıştır.

$$D_0 = M_0 / V_0 \quad (\text{kg/m}^3) \quad (1)$$

Burada; D_0 , Tam kuru yoğunluk (kg/m^3), M_0 , Tam kuru ağırlık (kg), V_0 , Tam kuru hacimdir (m^3).

2.2.2 Daralma miktarının belirlenmesi

Daralma miktarlarının belirlenmesinde TS 4083'te verilen esaslara uyulmuştur. Bu standartlarda adı geçen çekme teriminin yerine daralma, şişme teriminin yerine ise genişleme terimleri kullanılmıştır. Bu standarda göre; deney parçaları tabanı 20 x 20 mm ve lif doğrultusundaki uzunluğu 30 mm olan prizma biçiminde hazırlanmıştır. Deney parçalarının ağırlığı değişmez hale gelinceye kadar bir kap içerisinde 20 ± 5°C sıcaklıkta damıtık su içerisine batırılmış sonra ölçümler yapılmış ve kaydedilmiştir. Deney parçaları normal oda şartlarında yaklaşık %12-15 rutubete kadar kurutulmuştur. Daha sonra deney parçaları kurutma dolabında 103 ± 2°C sıcaklıkta değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutulmuştur. Tam kuru haldeki ölçüleri alınmıştır. Daralma miktarlarının hesaplanmasında aşağıdaki formüllerden (2 ve 3) yararlanılmıştır;

$$\beta = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max}} \times 100 \quad (2)$$

Bu formülle teğet, radyal ve boyuna yöndeki ölçüler kullanılarak, teğet yöndeki daralma yüzdesi (β_t), radyal yöndeki daralma yüzdesi (β_r) ve boyuna yöndeki daralma (β_l) tespit edilmiştir. Hacmen daralma yüzdesi (β_v) ise aşağıdaki formül (3) ile hesaplanmıştır.

$$\beta_v = \beta_r + \beta_t + \beta_l (\%) \quad (3)$$

Burada; L_{\max} , lif doygunluk noktası üzerinde rutubet derecesine sahip deney parçasının sırasıyla radyal, teğet ve boyuna doğrultularda mm olarak boyutları, L_{\min} ise deney parçasının kurutulduktan sonra sırasıyla radyal, teğet ve boyuna doğrultularda mm olarak boyutlarıdır.

2.2.3 Genişleme miktarının belirlenmesi

Genişleme miktarının belirlenmesi için TS 4084 numaralı standart kullanılmıştır. Bu standartlara göre deney parçaları; tabanı 20 x 20 mm ve lif doğrultusundaki uzunluğu 30 mm olan prizma biçiminde hazırlanmıştır. Deney parçaları boyut ve biçimlerini bozabilecek çatlaklar oluşmayacak biçimde kurutma dolabında 103 ± 2°C'de sıcaklıkta değişmez boyutlara ulaşıncaya kadar kurutulmuştur. Daha sonra deney parçalarının boyutları değişmez hale gelinceye kadar bir kap içerisinde 20 ± 5°C sıcaklıkta damıtık su içerisine batırılmıştır. Daha sonra tam yaş haldeki son ölçüleri alınmıştır. Genişleme miktarlarının hesaplanmasında aşağıdaki formüllerden (4 ve 5) yararlanılmıştır.

$$\alpha = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\min}} \times 100 \quad (4)$$

Bu formülle teğet, radyal ve boyuna yöndeki ölçüler kullanılarak, teğet yöndeki genişleme yüzdesi (α_t), radyal yöndeki genişleme yüzdesi (α_r) ve boyuna yöndeki genişleme (α_l) tespit edilmiştir. Hacmen genişleme yüzdesi (α_v) ise aşağıdaki formül (5) ile hesaplanmıştır.

$$\alpha_v = \alpha_r + \alpha_t + \alpha_l \quad (5)$$

Burada, L_{\max} , lif doygunluk noktası üzerinde rutubet derecesine sahip deney parçasının sırasıyla radyal, teğet ve boyuna doğrultularda mm olarak boyutları ve L_{\min} ise deney parçasının kurutulduktan sonra sırasıyla radyal, teğet ve boyuna doğrultularda mm olarak boyutlarıdır.

2.2.4 Rutubet miktarının belirlenmesi

Rutubet miktarının belirlenmesi için TS 2471 numaralı standartta belirtilen formül kullanılmıştır. Rutubet yüzdesi, genişleme miktarının belirlenmesi testi sonunda, test örneklerinin rutubetleri ölçülerek hesaplanmıştır.

$$R_{\max} = ((M_r - M_0) / M_0) \times 100 \quad (6)$$

Burada, M_r , deney parçasının suda bekletme sonunda ulaşılan maksimum rutubetteki ağırlığı (gr), M_0 , deney parçasının tam kuru ağırlığı (gr). Her bir deney parçası için elde edilen sonuçların aritmetik ortalaması hesaplanmış ve bu değer deney parçalarının ortalama rutubet miktarı olarak gösterilmiştir.

2.2.5 Lif doyunluk noktasının belirlenmesi

Lif doyunluk noktası rutubeti (LDN), hücre çeperinin tamamen su ile doyun olduğu fakat hücre lümenlerinde suyun hiç bulunmadığı durumdur. Lif doyunluğu rutubet derecesi aşağıdaki formül (7) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$LDN = \alpha_v / D_0 (\%) \quad (7)$$

Burada, LDN, Lif doyunluk noktasını (%), α_v , hacmen genişleme yüzdesini (%), D_0 , ise tam kuru yoğunluk değerini göstermektedir (g/cm^3).

3 Bulgular ve Tartışma

Çalışma sonunda elde edilen fiziksel özelliklere ait bulgular Çizelge 1’de verilmiştir. Çizelgede verilen bulgular incelendiğinde, tam kuru yoğunluk değerinin kavak odununda kayın odunundan daha düşük olduğu görülmektedir. Kavak öz odunun yoğunluğu diri odununkinden daha düşük olduğu, ancak, kayın öz odununun yoğunluğunun kayın diri odununkinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Yoğunluk değerlerinin bu şekilde farklı olmasının önemli sebepleri ağaç türünün farklı olması, kavak odunun hızlı gelişen bir tür olması ve ayrıca öz odun içerisinde genç odun oluşumunun bulunmasıdır. Bunun yanında kayın öz odununun yoğunluğunun diri odundan daha yüksek çıkmasının önemli bir nedeni öz odundan iletim kanallarının tül ile tıkalı olması geçirgenliğini engelleyen bazı ekstraktiflerin birikmiş olması sayılabilir.

Çizelgede verilen daralma ve genişlemeye ait değerler incelendiğinde kayın odununun tüm daralma genişleme değerlerinin kavak odununun değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Yoğunluğun daralma ve genişleme üzerine etkisi önceki çalışmalar dikkate alındığında bu sonuç beklenen bir sonuçtur. Kavak öz odununun hacmen daralma değeri %10.5 ve diri odununun ise %10.3 olduğu görülmektedir. Ancak fark istatistiksel olarak önemli değildir ($P > 0.05$). Elde edilen bu bulgular yoğunluk değerleri de göz önünde bulundurularak yorumlandığında, bir farklılığın olduğu görülmektedir. Beklenen sonuç, yoğunluğun yüksek olması sebebiyle kavak diri odununun daralma ve genişleme değerlerinin daha yüksek olmasıdır. Bunun önemli sebebinin kavak öz odununda yıllık halkaların oldukça geniş olması, genç odun oluşumu sebebiyle mikrofibril açılarının öz odunda farklı olması sayılabilir (Bozkurt ve Göker, 1996; Kord ve ark., 2010). Ayrıca, öz odun ile diri odun arasında lignin miktarının farklı olması da daralma ve genişlemeyi etkileyen faktörlerden olduğu bildirilmiştir (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Daralma genişlemeyle ilgili olarak belirtilmesi gereken bir diğer konu; çizelgede verilen tüm teğet yöndeki daralma ve genişleme değerleri radyal yöndekilerden daha büyük ölçülmüş olmasıdır. Bunun nedeni ise yıllık halkalarda yoğunluğu yüksek olan yaz odunu kısmının

teğet yönde uzanması ve öz ışınlarının radyal yönde uzanması olduğu bildirilmiştir (Bozkurt ve Erdin, 1997). Ayrıca, hücre çeperlerinde bulunan ligninin, hücre çeperinin radyal yüzeylerinde daha fazla bulunduğu ve bunun daralma ve genişlemeyi azaltıcı etki yaptığı belirtilmiştir (Bozkurt ve Erdin, 1997; Simpson ve Tenwolde 1999).

Çizelge 1’de verilen lif doygunluk noktası ile ilgili bulgular incelendiğinde, en küçük lif doygunluk noktasının kayın diri odununda (%28.6) ve en büyük lif doygunluk noktasının ise kavak öz odununda (%35.4) elde edildiği görülmektedir. Lif doygunluk noktası kavak ve kayın öz odununda diri odundan daha yüksek bulunmuştur. Lif doygunluk noktası hacmen genişleme miktarının tam kuru yoğunluk değerine bölünmesiyle hesaplanmıştır. Bunun haricinde, Babiak ve Kúdela (1995) tarafından belirtildiği gibi sekiz farklı metotla lif doygunluk noktası hesaplanabilmektedir. Farklı yöntemlerle ölçülen lif doygunluk noktası ölçümleri farklı sonuçlar vermektedir. Yapılan bu çalışmada elde edilen lif doygunluk noktası sonuçları hacmen daralma ve tam kuru yoğunluk değeri faktörleri ile hesaplanmıştır ve bu faktörlerin etkisindedir. Bu nedenle yoğunluğu düşük olan kavak öz odununda en yüksek lif doygunluk noktası ölçülmüştür.

Denemeler sonunda elde edilen rutubet içeriği Çizelge 1’de verilmiştir. Elde edilen bulgular incelendiğinde rutubet miktarının odun yoğunluğu arttıkça azaldığı görülmektedir. Kavak öz ve diri odununun rutubet yüzdeleri kayın öz ve diri odununkinden daha yüksektir. En yüksek değer kavak öz odununda %167 olarak ölçülmüştür. En küçük değer ise kayın öz odununda %81 olarak ölçülmüştür.

Çizelge 1. Fiziksel özelliklere ait bulgular

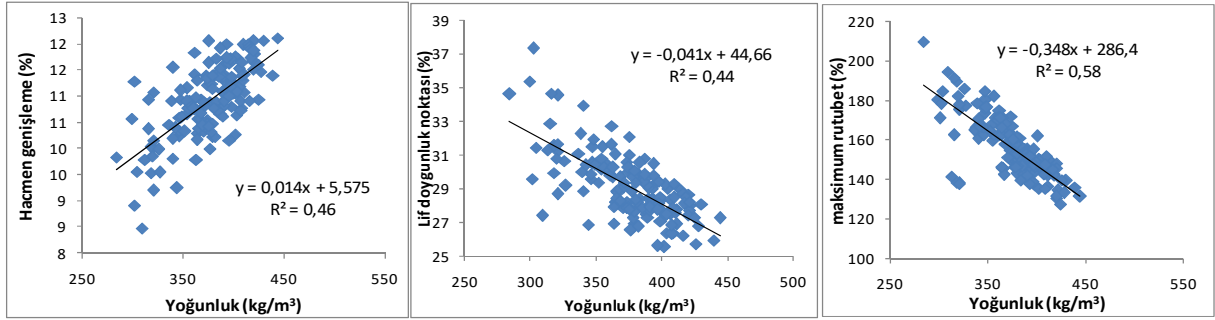
| | D_o | β_t | β_r | β_l | β_v | α_t | α_r | α_l | α_v | LDN | R |
|-------------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------|-----|
| | kg/m ³ | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) |
| KAVAK DİRİ ODUNU | | | | | | | | | | | |
| x | 376 | 7.3 | 3.0 | ... | 10.3 | 7.9 | 3.1 | ... | 10.9 | 29.2 | 156 |
| ss | 33 | 0.5 | 0.3 | ... | 0.6 | 0.6 | 0.3 | ... | 0.7 | 2.0 | 15 |
| v | 9 | 7.0 | 10.3 | ... | 6.2 | 7.6 | 10.6 | ... | 6.6 | 6.9 | 10 |
| KAVAK ÖZ ODUNU | | | | | | | | | | | |
| x | 317 | 7.3 | 3.2 | ... | 10.5 | 7.9 | 3.3 | ... | 11.2 | 35.4 | 167 |
| ss | 30 | 0.6 | 0.5 | ... | 0.9 | 0.7 | 0.6 | ... | 1.0 | 2.21 | 24 |
| v | 9 | 8.5 | 16.6 | ... | 8.3 | 9.2 | 17.3 | ... | 8.8 | 6.2 | 15 |
| KAYIN DİRİ ODUNU | | | | | | | | | | | |
| x | 616 | 11.0 | 4.7 | 0.3 | 16.0 | 12.4 | 5.0 | 0.2 | 17.6 | 28.6 | 89 |
| ss | 46 | 1.2 | 0.7 | 0.2 | 1.7 | 1.5 | 0.8 | 0.2 | 2.0 | 2.2 | 16 |
| v | 7 | 10.5 | 14.6 | 79.8 | 10.4 | 11.7 | 15.3 | 68.4 | 11.1 | 7.9 | 18 |
| KAYIN ÖZ ODUNU | | | | | | | | | | | |
| x | 626 | 11.3 | 4.9 | 0.2 | 16.4 | 12.8 | 5.2 | 0.2 | 18.1 | 28,9 | 81 |
| ss | 49 | 1.2 | 0.7 | 0.2 | 1.6 | 1.5 | 0.8 | 0.1 | 2.0 | 1.82 | 13 |
| v | 8 | 10.6 | 14.4 | 76.5 | 9.8 | 12.0 | 15.2 | 60.1 | 10.9 | 6.3 | 16 |

D_o : tam kuru yoğunluk değeri, β_t : teğet daralma yüzdesi, β_r : radyal daralma yüzdesi, β_l : boyuna yönde daralma yüzdesi, β_v : hacmen daralma yüzdesi, α_t : teğet genişleme yüzdesi, α_r : radyal genişleme yüzdesi, α_l : boyuna genişleme yüzdesi, α_v : hacmen genişleme yüzdesi, LDN: lif doygunluk noktası, R: rutubet yüzdesi, x: aritmetik ortalama, ss: standart sapma, v: varyasyon katsayısı

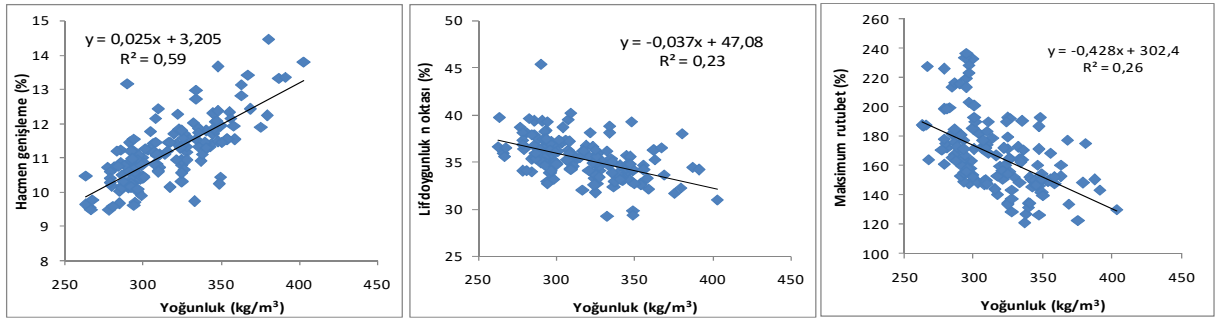
Kavak ve kayın öz ve diri odunlarında yoğunluk ile hacmen genişleme arasındaki ilişkiyi gösteren dağılım grafiği Şekil 2, 3, 4 ve 5'de gösterilmiştir. Grafikler, grafik içinde verilen regresyon denklemleri ve belirtme katsayısı (R^2) incelendiğinde, her dört odun türü içinde ilişkinin doğrusal-artan bir ilişki olduğu ve belirtme katsayısına göre bu ilişkilerin güçlü olduğu görülmektedir. Odun yoğunluğu arttıkça genişleme yüzdesi artmaktadır. En güçlü ilişki belirtme katsayısı 0.69 olarak hesaplanan kayın diri odununda elde edilmiştir. Bu konuda yapılan önceki çalışmalarda da odun yoğunluğu arttıkça genişleme yüzdesinin arttığına dair sonuçlar elde edilmiştir (Mantanis ve ark., 1994; Simpson ve Tenwolde 1999; Pliura ve ark., 2005; Hernandez, 2007; Kord ve ark. 2010; Kiaei 2011). Öz odunda biriken ekstraktif maddeler (Mantanis ve ark., 1994) ve genç odun-olgun odun oluşumu, odun ile fiziksel özellikler arasındaki ilişkileri (Metsä ve ark., 2006; Bal ve Bektaş, 2012)ve ayrıca odun ile mekanik özellikler arasındaki ilişkileri de etkilemektedir. Odun yoğunluğu arttıkça mekanik özelliklerinde artmakta olduğu bildirilmiştir (Kantay ve ark., 2000; Güller ve Ay, 2001; Bao ve ark., 2001; Bektaş ve ark., 2002; Korkut ve Guller, 2008; Bal ve Bektaş, 2013; Bal, ve ark., 2012).

Lif doygunluk noktası ile tam kuru yoğunluk arasındaki ilişki Şekil 2, 3, 4 ve 5'de verilmiştir. Şekillerde verilen grafikler incelendiğinde, kavak öz ve diri odununda lif doygunluk noktası ile tam kuru yoğunluk arasındaki ilişkinin doğrusal azalan bir ilişki olduğu, ilişkinin kavak diri odununda daha güçlü (R^2 : 0.44) olduğu görülmektedir. Ancak kayın öz ve diri odununda bir ilişki tespit edilememiştir. Kavak öz ve diri odununda elde edilen lif doygunluk noktası değerleri kayında elde edilenden daha yüksektir. Önceki bazı çalışmalarda, kavak odununun lif doygunluk noktası yüksek olan odun türlerinden olduğu belirtilmiştir (Kollmann ve Cote, 1968; Bozkurt ve Erdin, 1997). Kayın odununun lif doygunluk noktası genişleme yüzdesi ve tam kuru yoğunluğuna göre Bektaş ve Güler, (2001) tarafından %28.5 olarak verilmiştir. Malkoçoğlu (1994) tarafından ise %30.13 olarak hesaplanmıştır. Bu çalışma ile önceki çalışmalardan elde edilen değerler benzerdir. Ancak, önceki çalışmalarda, lif doygunluk noktası ile tam kuru yoğunluk arasındaki ilişkiyi gösteren bir çalışmaya ulaşılamamıştır. Sunulan bu çalışmada, lif doygunluk noktası, genişleme yüzdesinin tam kuru yoğunluğa bölünmesi ile hesaplanmıştır. Elde edilen lif doygunluk noktası yüzdesi bu iki faktöre bağlıdır. Kayın odununun hacmen genişleme yüzdesi kavak odununkinden yüksektir. Ancak, yoğunluğu da yüksektir. Bu nedenle lif doygunluk noktası daha düşüktür. Ayrıca, hacmen genişleme yüzdesini etkileyen önemli faktörlerin; odundaki lignin miktarının fazlalığı, hücre çeperinde mikrofibrillerin kristalin kısımlarının fazlalığı, öz ışınlarının fazlalığı olduğu belirtilmiştir (Bozkurt ve Erdin, 1997). Bu durumda, odunun lif doygunluk noktası üzerine, genişleme yüzdesi ve yoğunluğu yanında, lignin miktarı, mikrofibrillerdeki kristalin kısımlar ve odunun anatomik özellikleri de etkilidir denebilir.

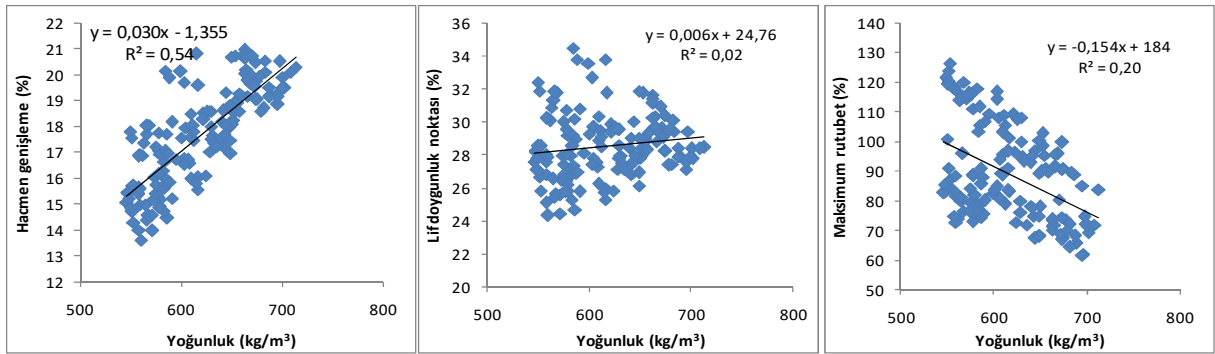
İki haftalık suya daldırma süresi sonunda elde edilen rutubet ile tam kuru yoğunluk arasındaki ilişki Şekil 2, 3, 4 ve 5'de verilmiştir. Dört grafikte de yoğunluk arttıkça rutubet miktarının azaldığı görülmektedir. Grafiklerdeki eğilim çizgileri, regresyon denklemleri ve belirtme katsayıları incelendiğinde rutubet ile tam kuru yoğunluk arasında doğrusal azalan bir ilişki olduğu görülmektedir. Çizelge 1'de verilen rutubet yüzdeleri incelendiğinde kavak odununun kayın odunundan daha yüksek rutubet yüzdesine sahip olduğu görülmektedir. Bunun önemli nedeni, hücre çeperine bağlanan bağlı su miktarı hariç, kavak odunun yoğunluğunun düşük olması ve birim hacimde serbest suyun yerleşebileceği daha fazla boşluk bulunmasıdır. Ancak, kayın odununda yoğunluğun yüksek olması nedeniyle boşluk miktarı daha azdır. Bu nedenle de kayın odununun rutubet yüzdesi daha düşük olmaktadır. Yapılan önceki çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir (Bal ve Bektaş, 2012; Bal ve ark., 2012).



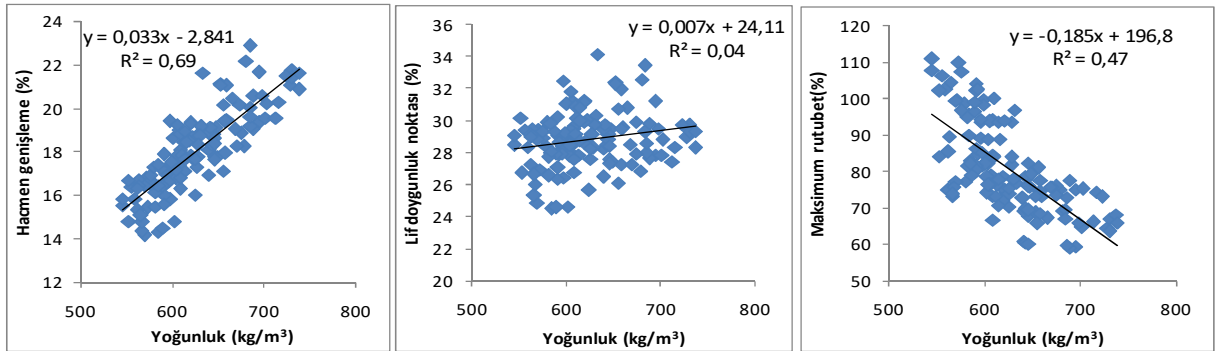
Şekil 2. Kavak diri odununda hacmen genişleme, lif doygunluk noktası ve rutubet ile yoğunluk ilişkisi



Şekil 3. Kavak öz odununda hacmen genişleme, lif doygunluk noktası ve rutubet ile yoğunluk ilişkisi



Şekil 4. Kayın diri odununda hacmen genişleme, lif doygunluk noktası ve rutubet ile yoğunluk ilişkisi



Şekil 5. Kayın öz odununda hacmen genişleme, lif doygunluk noktası ve rutubet ile yoğunluk ilişkisi

4 Sonuçlar

Çalışma sonunda elde edilen verilere göre şu sonuçlara ulaşılmıştır;

- Kavak ve kayın öz ve diri odunlarında yoğunluk ile genişleme yüzdeleri arasında doğrusal-artan bir ilişki olduğu ve bu ilişkinin belirtme katsayısına göre güçlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir.
- Yoğunluk ile lif doyumluk noktası arasında kavak öz ve diri odununda doğrusal-azalan bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Ancak, kayın odununda ilişki belirlenmemiştir. Bu farklılığın sebeplerinin, bu çalışmada lif doyumluk noktasının, genişleme yüzdesinin tam kuru yoğunluğa bölünmesi ile hesaplanmış olması ve ayrıca, odunun kimyasal içeriği, öz ışınları, mikrofibrillerde bulunan kristalin kısımlar, odunun genişleme yüzdesi olduğu söylenebilir.
- Yoğunluk ile rutubet yüzdesi arasında doğrusal-azalan bir ilişki belirlenmiştir. Bunun, odun yoğunluğu arttıkça, serbest suyun yerleşebileceği odunda bulunan boşluk miktarının azalmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Teşekkür

Bu çalışma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı tarafından 2009/3-2D numaralı proje kapsamında desteklenmiştir. Bu destekten dolayı KSÜ BAP birimine teşekkür ediyoruz.

Kaynaklar

- Babiak, M., and Kúdela, J. (1995), A contribution to the definition of the fiber saturation point. *Wood Science and Technology*, 29(3), 217–226.
- Bal, B. C., and Bektaş, I. (2012), The physical properties of heartwood and sapwood of *Eucalyptus Grandis*. *Pro ligno*, 8(4), 35–43.
- Bal, B. C., and Bektaş, İ. (2013), The Mechanical Properties of Heartwood and Sapwood of Flooded gum (*Eucalyptus grandis*) Grown in Karabucak , Turkey. *Düzce Üniveristesi, Ormancılık Dergisi*, 9(1), 71–76.
- Bal, B. C., Bektaş, İ., ve Kaymakçı, A. (2012), Toros Sedirinde Genç Odun ve Olgun Odunun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(2), 17–27.
- Bal, B. C., Özdemir, F., ve Altuntaş, E. (2013), Masif ağaç malzeme ve tabakalı kaplama kerestenin vida tutma direnci üzerine karşılaştırmalı bir çalışma. *Düzce Üniveristesi, Ormancılık Dergisi*, 9(2), 14–22.
- Bao, F. C., Jiang, Z. H., Jiang, X. M., Lu, X. X., Luo, X. Q., and Zhang, S. Y. (2001), Differences in wood properties between juvenile wood and mature wood in 10 species grown in China. *Wood Science and Technology*, 35(4), 363–375.
- Bektaş, İ., ve Güler, C. (2001), Andırın Yöresi Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) Odununun Bazı Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi, *Turk J Agric For*, 25(4), 209–215.
- Bektaş, İ., Güler, C., and Baştürk, M. A. (2002), Principal Mechanical Properties of Eastern Beech Wood (*Fagus orientalis* L.) Naturally Grown in Andırın Northeastern Mediterranean Region of Turkey, *Turk J Agric For*, 26(2002), 147–154.
- Bozkurt, Y., ve Erdin, N. (1997), Ağaç Teknolojisi, İstanbul Üniversitesi, *Orman Fakültesi Yayınları*, No 445, İstanbul,1997.

- Bozkurt, Y., ve Göker, Y. (1996), Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, Yılmaz Bozkurt, Yener Göker İÜ, *Orman Fakültesi Yayınları*, No:3944, İstanbul.
- Güller, B., ve Ay, N. (2001), Artvin Yöresi sakallı kızılâğaç (*Alnus glutinosa* subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt.) odununun bazı mekanik özellikleri, *Turk J Agric For*, 25, 129–138.
- Hernandez, R. E. (2007), Moisture sorption properties of hardwoods as affected by their extraneous substances, wood density, and interlocked grain. *Wood and Fiber Science*, 39(1), 146–158.
- Kantay, R., As, N., ve Ünsal, Ö. (2000), Ceviz (*Juglans regia* L.) Odununun Yoğunluğu ve Bazı Mekanik özellikleri, *Turk J Agric For*, 24(2000), 751–756.
- Kiaei M., (2011), Anatomical, physical, and mechanical properties of eldar pine (*Pinus eldarica*) grown in the Kelardasht region, *Turk J Agric For*. 35 (2011), 31-42.
- Kord B., Kialashaki A., and Kord B. (2010), The within-tree variation in wood density and shrinkage, and their relationship in *Populus euramericana*, *Turk J Agric For*, 34 (2010), 1-6. 2010.
- Kollmann, F., and Cote, W. A. (1968), Principles of wood science and technology. Springer Verlag.
- Korkut, S., and Guller, B. (2008), Physical and mechanical properties of European Hophornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.) wood, *Bioresource Technology*, 99(11), 4780–4785.
- Malkoçoğlu, A. (1994), Doğu kayını (*Fagus Orientalis* L.) odununun teknolojik özellikleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Mantanis, G. I., Young, R. A., and Rowell, R. M. (1994), Swelling of wood. *Wood Science and Technology*, 28, 119–134.
- Metsä-Kortelainen, S., Antikainen, T., and Viitaniemi, P. (2006), The water absorption of sapwood and heartwood of Scots pine and Norway spruce heat-treated at 170°C, 190°C, 210°C and 230°C. *Holz Als Roh - Und Werkstoff*, 64(3), 192–197.
- Örs, Y., ve Keskin, H. (2001), Ağaç malzeme bilgisi, Gazi üniversitesi ders kitabı, S:77, Ankara.
- Pliura, A., Yu, Q., Zhang, S. Y., and Mackay, J. (2005), Variation in wood density and shrinkage and their relationship to growth of selected young poplar hybrid crooes. *Agricultural and Environmental Database*, 51(5), 472.
- Simpson W., and Tenwolde A., (1999), Physical properties and moisture relations of wood, wood handbook, Wood as Engineering Material. FPL, GTR, 113, P:3-6, Madison. 1999.
- TS 2470, Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için numune alma metotları ve genel özellikler, TSE, Ankara.
- TS 2471, Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için rutubet miktarı tayini, TSE, Ankara.
- TS 2472, Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığı tayini, TSE, Ankara.
- TS 4083, Odunda radyal ve teğet doğrultuda çekmenin tayini, TSE, Ankara.
- TS 4084, Odunda radyal ve teğet doğrultuda şişmenin tayini, TSE, Ankara.



Effect of heat treatment on colour and glossiness properties of zebrano, sapelli and merbau woods

Ümit Ayata^{1*}, Tuğba Gürleyen², Levent Gürleyen³

Abstract

Heat treatment is one of the methods of wood modification and it is known that it changes the technological properties of wood. In this study, the determination of the colour and glossiness values on the wood species which heat treated according to ThermoWood method (at 212°C for 1 hour and 2 hours) that is obtained from, zebrano (*Microberlinia brazzavillensis*), sapelli (*Entandrophragma cylindrosum*) and merbau (*Intsia bijuga*) was aimed. The colour and glossiness values were determined on samples prepared from different tree species. Lightness (L^*) and yellow colour (b^*) tone values were decreased by heat treatment. The glossiness values of the test specimens were also changed by heat treatment application. According to these results; the highest total colour difference value (ΔE^*) was determined on merbau samples, the lowest total colour difference value (ΔE^*) was determined on sapelli samples. According to obtained data; it can be said that the colour and glossiness values of wood of zebrano, sapelli and merbau was affected by heat treatment.

Keywords: Heat treatment, colour, glossiness, sapelli, zebrano, merbau

Zebrano, sapelli ve merbau odunlarının renk ve parlaklık özellikleri üzerine ısıtma işleminin etkisi

Öz

Isıl işlem uygulaması odun modifikasyon yöntemlerinden birisidir ve odunun teknolojik özelliklerini değiştirdiği bilinmektedir. Bu çalışmada, zebrano (*Microberlinia brazzavillensis*), sapelli (*Entandrophragma cylindrosum*) ve merbau (*Intsia bijuga*)'dan elde edilen ve ThermoWood yöntemine (212°C'de 1 saat ve 2 saat) göre ısıtma işlemi görmüş odun türlerinde renk ve parlaklık değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Farklı ağaç türlerinden elde edilen örneklerin renk ve parlaklık değerleri ölçülmüştür. Işıklılık (L^*) ve sarı renk (b^*) tonu değerleri ısıtma işlemi tarafından azalmıştır. Isıl işlem uygulaması ile deney örneklerinin parlaklık değerleri de değişmiştir. En yüksek toplam renk farkı değeri (ΔE^*) merbau odununda belirlenirken, en düşük toplam renk farkı değeri (ΔE^*) sapelli odununda belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre; zebrano, sapelli ve merbau ağaçlarının renk ve parlaklık değerlerinin ısıtma işleminden etkilendiği söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Isıl işlem, renk, parlaklık, sapelli, zebrano, merbau

Article history, Received: 31.05.2018, Revised: 08.06.2018, Accepted: 09.06.2018, Published: 28.06.2018

¹ForestryandForestProducts, Oltu Vocation School, AtaturkUniversity, Oltu/Erzurum/Turkey

²Department of FurnitureandDecoration, Vocational High School, Düzce University, Düzce/Turkey

³Yigilca Multi-Program Anatolian High School, Yigilca/Düzce-Turkey

*Corresponded author: e-mail: umitayata@atauni.edu.tr, Tel: +90 442 816 6266

Citation: Ayata, Ü., Gürleyen T., and Gürleyen L. (2018), Effect of heat treatment on color and glossiness properties of zebrano, sapelli and merbau woods, Furniture and Wooden Material Research Journal, 1(1), 11-20.

1. Introduction

Wood materials have different glossiness and colour values. The CIE $L^*a^*b^*$ system was used to describe colour parameters and changes from untreated to heat treated wood. This system is characterized by three parameters, L^* , a^* , and b^* . The L^* axis represents lightness varying from 100 (white) to 0 (black), $+a^*$ is the red, $-a^*$ green, $+b^*$ yellow and $-b^*$ blue (Zhang et al. 2009). The lightness (L^*), red colour (a^*) tone, yellow colour (b^*) tone values and glossiness values of a wood type are changed after the heat treatment. These changes are very important for the place of use of wood material such as park furniture, garden furniture, lumber industry.

The reason for the heat treatment application is to protect the wood material. The colour of wood is darkened by heat treatment. The darkening of the colour depends on the amount of time and temperature in the heat treatment application. Various studies have been done on the colour change of wood. In previous studies, Ayata et al. (2017a) reported colour and glossiness values of heat-treated afrormosia (*Pericopsis elata*), doussie (*Azelia bipindensis*), frake (*Terminalia superba*) and iroko (*Chlorophora excelsa*) wood species at 212°C for 1 hour and 2 hours using ThermoWood method.

When generally L^* and glossiness of the surface decreased, ΔE^* and a^* increased with the intensity of the treatment. Korkut et al. (2013) obtained that glossiness and colour properties of wild cherry (*Prunus avium*) wood samples heat-treated at 212°C for 1.5 hours and 2.5 hours (ThermoWood method). Zonuncio et al. (2014) determined that physical and colorimetric properties of *Eucalyptus grandis* after heat treatment at 140°C, 170°C, 200°C and 230°C for 3 hours. Heat treatment also reduced L^* , a^* and b^* values of the *Eucalyptus grandis* wood samples. Pincelli et al. (2012) obtained the effect of heating on L^* , a^* , b^* , C and H properties of heat-treated *Eucalyptus saligna* and *Pinus caribaea* var. *hondurensis* woods at 120°C, 140°C, 160°C and 180°C.

Chen et al. (2012) evaluated colour changes (L^* , a^* , b^* and ΔE^*) of black locust (*Robinia pseudoacacia*) wood heated at 120°C for 24 hours in either nitrogen or oxygen atmosphere. a^* and b^* , total colour difference ΔE^* increased. Shi et al. (2011) determined the effect of high temperature on colour change (L^* , a^* , b^*) of heat-treated okan wood at 160°C, 180°C, 200°C, 220°C for 4 hours. Mitani and Barboutis (2014) examined the colour changes of heat-treated beech (*Fagus sylvatica* L.) wood at 180°C for 2 h, 4 h, 6 h, 8 h and 10 h under atmospheric pressure in the presence of air. Kučerová et al. (2016) examined colour properties of heat-treated European silver fir (*Abies alba* L.) wood at 100°C, 150°C, 200°C, 220°C, 240°C, 260°C, and 280°C for 60 min. Bal and Ayata (2018a,b) determined colour (L^* , a^* , b^* and ΔE^*) and glossiness changes of heat-treated poplar wood at 210°C for 3 hours and colour (L^* , a^* , b^* and ΔE^*) and glossiness changes of heat-treated black pine (*Pinus nigra*) wood at 220°C for 3 hours, respectively.

In the literature, there is no information about the effect of heat treatment at 212°C for 1 hour and 2 hours according to ThermoWood method on colour and glossiness values of zebrano (*Microberlini abrazzavillensis*), sapelli (*Entandrophragma cylindrosum*) and merbau (*Intsia bijuga*) wood species. This work is thought to be important for lumber industry, parquet industry, varnish industry, heat treatment industry and furniture industry.

2. Material and Method

2.1. Material

In this study, zebrano (*Microberlinia brazzavillensis*), sapelli (*Entandrophragma cylindrocum*) and merbau (*Intsia bijuga*) wood types were used. These wood species are important for the wood industry. Zebrano (*Microberlinia brazzavillensis*) wood type is frequently quarter-sawn and used as veneer, tool handles, boat building, and furniture (URL 1). Sapelli (*Entandrophragma cylindrocum*) wood type is used musical instruments, veneer, turned objects, plywood, cabinetry, furniture, boat building, flooring, and other small wooden specialty items (URL 2), and merbau (*Intsia bijuga*) wood type is used furniture, flooring, musical instruments, turned objects, and other specialty wood items (URL 3). They were supplied by Hasep Wood Veneer Industry and Trade Inc. in Düzce City, Turkey, in 110 cm x 12 cm x 2 cm. Wood specimens were carried out 12% moisture contents in a climatic chamber (20±2°C), relative humidity (65% ±5) (ISO 554, 1976).

2.2. Method

2.2.1. Thermal process application

Heat treatment variations were applied according to ThermoWood process books (Anonymous 2003). ThermoWood® process was conducted at 212°C for 1 hour and 2 hours in Novawood factory in Gerede-Bolu City, Turkey. After, control and heat-treated wood specimens were kept to 12% moisture contents in a climatic chamber at 20±2°C, relative humidity of 65% (±5) (ISO 554, 1976).

2.2.2. Determination of colour and glossiness measurements

Lightness (L^*), red colour (a^*) tone and yellow colour (b^*) tone values of heat-treated and untreated wood specimens were made by using Datacolour 110 Spectrophotometer meter, which was calibrated with light source D65, geometry measurement D/8°. The CIEL*, a^* , b^* colour (Commission Internationale de l'Eclairage, CIE) field is shown in Figure 1. ΔE^* , ΔL^* , Δb^* and Δa^* values were calculated (Eq.1, 2, 3, 4).

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

$$\Delta L^* = L^*_{\text{heat-treated}} - L^*_{\text{untreated}}, \quad (2)$$

$$\Delta b^* = b^*_{\text{heat-treated}} - b^*_{\text{untreated}}, \quad (3)$$

$$\Delta a^* = a^*_{\text{heat-treated}} - a^*_{\text{untreated}} \quad (4)$$

Parallel (//) and perpendicular (⊥) glossiness (20°, 60° and 85°) values of heat-treated and untreated wood materials were made by using a Novo-Gloss Trio instrument (Gloss-meter) according to ISO 2813 (1994) standard. Test samples with the dimension of 10 x 12 x 2 cm were used at the determination of colour and glossiness measurements.

2.2.3. Statistical analysis

A total of 10 measurements were taken for each group. In this study, SPSS 17 statistical package program was used for variance analysis and statistical analysis.

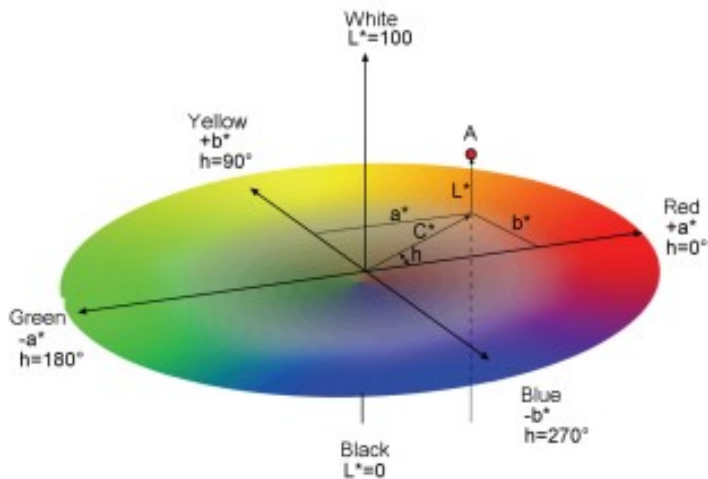


Figure 1. Three dimensional CIE L^* , a^* , b^* colour fields (Johansson 2005)



Figure 2. The colour measuring device (X-rite Ci62) (A) and the gloss meter (TQC PolyGloss GL0030) (B)

3. Results and Discussions

Variance analysis were done for L^* , a^* , b^* , perpendicular and parallel glossiness (20° , 60° and 85°) and the results are shown in Table 1. When Table 1 is examined, it is seen that wood type and the heat treatment factors and the interaction of these factors were significant in all tests ($\alpha = 0.05$). The ΔE^* , ΔL^* , Δb^* and Δa^* values of the heat treated woods are given in Table 2. In all wood types, the ΔE^* values increased with the increase of the heat treatment time. Similar results were obtained in other studies (Dubey et al. 2011; Korkut et al. 2013; Mitani and Barboutis 2014; Hidayat et al. 2015; Kučerová et al. 2016; Gurleyen et al. 2017a,b,c; Ayata et al. 2017a,b; Sahin and Ayata 2018; Gurleyen et al. 2018; Bal and Ayata 2018a,b). The SPSS results of L^* , a^* and b^* values, are shown in Table 3. When examined in Table 3, the highest values of L^* and b^* were determined in control zebrano wood samples. The highest value of a^* was obtained in heat-treated sapelli wood at 212°C for 1 hour. The lowest values of L^* , a^* and b^* were obtained in heat treated merbau wood at 212°C for 2 hours. In a study conducted, it was determined that L^* , a^* and b^* values decreased after heat treatment when compared with control samples (Zonuncio et al. 2014). Esteves et al. (2008) found that in general a^* and b^* values decreased with the heat treatment (170°C , 180°C , 190°C and 200°C) on pine (*Pinus pinaster*) and eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) wood species. L^* value decreased significantly, when a^* and b^* values increased on heat-treated black locust (*Robinia pseudoacacia*) wood (Chen et al. 2012).

Table1. Variance analysis results of colour and glossiness values

| Test | Source | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|--------------|---------------------------|----------------|----|-------------|----------|--------|
| L* | Wood type (A) | 1479.892 | 2 | 739.946 | 564.330 | 0.000* |
| | Heat treatment (B) | 6944.763 | 2 | 3472.381 | 2648.260 | 0.000* |
| | Interaction (AB) | 223.575 | 4 | 55.894 | 42.628 | 0.000* |
| | Error | 106.207 | 81 | 1.311 | | |
| | Total | 173170.088 | 90 | | | |
| a* | Wood type (A) | 283.014 | 2 | 141.507 | 710.123 | 0.000* |
| | Heat treatment (B) | 49.763 | 2 | 24.881 | 124.862 | 0.000* |
| | Interaction (AB) | 135.943 | 4 | 33.986 | 170.550 | 0.000* |
| | Error | 16.141 | 81 | 0.199 | | |
| | Total | 8075.988 | 90 | | | |
| b* | Wood type (A) | 965.213 | 2 | 482.607 | 623.509 | 0.000* |
| | Heat treatment (B) | 847.281 | 2 | 423.640 | 547.327 | 0.000* |
| | Interaction (AB) | 287.795 | 4 | 71.949 | 92.955 | 0.000* |
| | Error | 62.695 | 81 | 0.774 | | |
| | Total | 25553.749 | 90 | | | |
| ∠20° | Wood type (A) | 1.803 | 2 | 0.901 | 100.979 | 0.000* |
| | Heat treatment (B) | 6.633 | 2 | 3.316 | 371.539 | 0.000* |
| | Interaction (AB) | 1.063 | 4 | 0.266 | 29.763 | 0.000* |
| | Error | 0.723 | 81 | 0.009 | | |
| | Total | 76.270 | 90 | | | |
| ∠60° | Wood type (A) | 29.005 | 2 | 14.502 | 117.504 | 0.000* |
| | Heat treatment (B) | 5.133 | 2 | 2.566 | 20.794 | 0.000* |
| | Interaction (AB) | 19.211 | 4 | 4.803 | 38.913 | 0.000* |
| | Error | 9.997 | 81 | 0.123 | | |
| | Total | 441.570 | 90 | | | |
| ∠85° | Wood type (A) | 36.091 | 2 | 18.045 | 132.844 | 0.000* |
| | Heat treatment (B) | 10.216 | 2 | 5.108 | 37.604 | 0.000* |
| | Interaction (AB) | 19.561 | 4 | 4.890 | 36.000 | 0.000* |
| | Error | 11.003 | 81 | 0.136 | | |
| | Total | 406.730 | 90 | | | |
| //20° | Wood type (A) | 0.985 | 2 | 0.492 | 61.164 | 0.000* |
| | Heat treatment (B) | 4.609 | 2 | 2.304 | 286.275 | 0.000* |
| | Interaction (AB) | 0.535 | 4 | 0.134 | 16.606 | 0.000* |
| | Error | 0.652 | 81 | 0.008 | | |
| | Total | 59.680 | 90 | | | |
| //60° | Wood type (A) | 21.284 | 2 | 10.642 | 42.848 | 0.000* |
| | Heat treatment (B) | 4.017 | 2 | 2.008 | 8.086 | 0.001* |
| | Interaction (AB) | 8.879 | 4 | 2.220 | 8.937 | 0.000* |
| | Error | 20.118 | 81 | 0.248 | | |
| | Total | 570.780 | 90 | | | |
| //85° | Wood type (A) | 92.511 | 2 | 46.255 | 20.075 | 0.000* |
| | Heat treatment (B) | 52.068 | 2 | 26.034 | 11.299 | 0.000* |
| | Interaction (AB) | 54.164 | 4 | 13.541 | 5.877 | 0.000* |
| | Error | 186.636 | 81 | 2.304 | | |
| | Total | 1752.720 | 90 | | | |

*: Significant (according to $\alpha=0.05$).

Table 2. ΔE^* , ΔL^* , Δb^* and Δa^* values

| Wood type | Heat treatment | ΔL^* | Δa^* | Δb^* | ΔE^* |
|--|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Zebrano (<i>Microberliniabrazzavillensis</i>) | 212°C for 1 hour | -18.07 | 0.78 | -4.67 | 18.68 |
| | 212°C for 2 hours | -19.21 | 0.50 | -5.25 | 19.92 |
| Sapelli (<i>Entandrphragmacylindrocum</i>) | 212°C for 1 hour | -14.12 | 0.14 | -2.50 | 14.34 |
| | 212°C for 2 hours | -15.20 | -0.20 | -3.06 | 15.51 |
| Merbau (<i>Intsiabijuga</i>) | 212°C for 1 hour | -21.88 | -4.79 | -10.78 | 24.86 |
| | 212°C for 2 hours | -23.44 | -5.57 | -12.48 | 27.13 |

Table3. SPSS results for colour (L^* , a^* and b^*) values

| Test | Wood Type | Heat Treatment | N | X | HG | Standard Dev. | Minimum | Maximum |
|------------------------------|---|-------------------|----|-------|----|---------------|---------|---------|
| Lightness (L^*) | Zebrano (<i>Microberlinia brazzavillensis</i>) | Control | 10 | 58.65 | A* | 1.71 | 56.24 | 61.58 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 40.58 | D | 1.27 | 38.87 | 42.44 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 39.44 | E | 0.87 | 37.88 | 40.51 |
| | Sapelli (<i>Entandrphragma cylindrocum</i>) | Control | 10 | 54.60 | B | 0.31 | 54.09 | 55.24 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 40.84 | D | 1.19 | 39.40 | 42.51 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 39.40 | E | 0.63 | 38.51 | 40.69 |
| | Merbau (<i>Intsiabijuga</i>) | Control | 10 | 52.16 | C | 1.90 | 48.75 | 54.57 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 30.28 | F | 0.89 | 28.81 | 31.89 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 28.72 | G | 0.41 | 28.05 | 29.28 |
| Red colour (a^*) tone | Zebrano (<i>Microberlinia brazzavillensis</i>) | Control | 10 | 8.79 | D | 0.32 | 8.31 | 9.24 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 9.57 | C | 0.44 | 8.70 | 10.38 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 9.29 | C | 0.60 | 8.44 | 10.30 |
| | Sapelli (<i>Entandrphragma cylindrocum</i>) | Control | 10 | 11.36 | A | 0.12 | 11.12 | 11.58 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 11.50 | A* | 0.30 | 11.15 | 12.11 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 11.16 | A | 0.19 | 10.92 | 11.55 |
| | Merbau (<i>Intsiabijuga</i>) | Control | 10 | 10.45 | B | 0.49 | 9.66 | 11.02 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 5.66 | E | 0.50 | 4.81 | 6.65 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 4.88 | F | 0.72 | 4.02 | 5.98 |
| Yellow colour (b^*) tone | Zebrano (<i>Microberlinia brazzavillensis</i>) | Control | 10 | 21.86 | A* | 0.72 | 20.76 | 23.07 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 17.19 | DE | 1.14 | 14.78 | 19.24 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 16.61 | E | 0.95 | 15.11 | 18.10 |
| | Sapelli (<i>Entandrphragma cylindrocum</i>) | Control | 10 | 20.17 | B | 0.32 | 19.71 | 20.69 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 17.67 | D | 0.89 | 16.47 | 19.16 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 17.11 | DE | 0.51 | 16.56 | 18.18 |
| | Merbau (<i>Intsiabijuga</i>) | Control | 10 | 19.25 | C | 0.92 | 17.45 | 20.43 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 8.47 | F | 1.02 | 6.59 | 10.31 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 6.77 | G | 1.09 | 5.16 | 8.46 |

X: Arithmetic Mean, N: Number of measurements, HG: Homogeneity group, *: Highest value.

The SPSS results for perpendicular and parallel glossiness (20° , 60° and 85°) values are shown in Table 4. According to Table 4, perpendicular glossiness values at 20° and 60° , and parallel glossiness values at 20° were the highest on control zebrano wood samples. Highest glossiness values of 85° in perpendicular and parallel were determined in the sapelli heat-treated at 212°C for 2 hours. The highest glossiness value of parallel 60° was obtained in the sapelli heat-treated at 212°C for 1 hour. Korkut et al. (2013) found that glossiness values decreased by heat treatment, when perpendicular and parallel glossiness values of heat-treated wild cherry (*Prunu savium*) wood at 212°C for 1.5 hours and 2.5 hours (ThermoWood method) were compared with the control specimens.

Table 4. SPSS results for perpendicular and parallel glossiness values

| Test | Wood Type | Heat Treatment | N | X | HG | Standard Dev. | Minimum | Maximum |
|-------|---|-------------------|----|------|----|---------------|---------|---------|
| ⊥20° | Zebrano (<i>Microberlinia brazzavillensis</i>) | Control | 10 | 1.52 | A* | 0.11 | 1.30 | 1.70 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 0.63 | E | 0.07 | 0.50 | 0.70 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 0.70 | E | 0.08 | 0.60 | 0.80 |
| | Sapelli (<i>Entandrphragma cylindrocum</i>) | Control | 10 | 1.16 | B | 0.05 | 1.10 | 1.20 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 0.87 | D | 0.07 | 0.80 | 1.00 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 0.86 | D | 0.15 | 0.70 | 1.20 |
| | Merbau (<i>Intsiabijuga</i>) | Control | 10 | 1.04 | C | 0.11 | 0.90 | 1.20 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 0.44 | F | 0.05 | 0.40 | 0.50 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 0.49 | F | 0.11 | 0.40 | 0.70 |
| ⊥60° | Zebrano (<i>Microberlinia brazzavillensis</i>) | Control | 10 | 3.18 | A* | 0.36 | 2.60 | 3.60 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 1.47 | CD | 0.24 | 1.10 | 1.80 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 1.68 | C | 0.31 | 1.10 | 2.20 |
| | Sapelli (<i>Entandrphragma cylindrocum</i>) | Control | 10 | 2.19 | B | 0.09 | 2.00 | 2.30 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 2.88 | A | 0.49 | 2.20 | 3.70 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 3.07 | A | 0.60 | 2.30 | 4.40 |
| | Merbau (<i>Intsiabijuga</i>) | Control | 10 | 1.73 | C | 0.14 | 1.60 | 2.00 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 1.02 | E | 0.20 | 0.80 | 1.50 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 1.23 | DE | 0.40 | 0.80 | 1.90 |
| ⊥85° | Zebrano (<i>Microberlinia brazzavillensis</i>) | Control | 10 | 2.16 | C | 0.25 | 1.90 | 2.50 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 1.39 | DE | 0.44 | 0.90 | 2.40 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 1.63 | D | 0.16 | 1.40 | 1.80 |
| | Sapelli (<i>Entandrphragma cylindrocum</i>) | Control | 10 | 1.67 | D | 0.19 | 1.40 | 2.10 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 2.76 | B | 0.58 | 1.90 | 3.70 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 3.87 | A* | 0.61 | 3.20 | 4.90 |
| | Merbau (<i>Intsiabijuga</i>) | Control | 10 | 0.99 | F | 0.11 | 0.80 | 1.20 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 1.11 | EF | 0.26 | 0.80 | 1.50 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 1.65 | D | 0.34 | 1.20 | 2.20 |
| //20° | Zebrano (<i>Microberlinia brazzavillensis</i>) | Control | 10 | 1.21 | A* | 0.07 | 1.10 | 1.30 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 0.58 | D | 0.04 | 0.50 | 0.60 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 0.63 | D | 0.05 | 0.60 | 0.70 |
| | Sapelli (<i>Entandrphragma cylindrocum</i>) | Control | 10 | 1.04 | B | 0.05 | 1.00 | 1.10 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 0.81 | C | 0.12 | 0.70 | 1.10 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 0.76 | C | 0.16 | 0.60 | 1.10 |
| | Merbau (<i>Intsiabijuga</i>) | Control | 10 | 1.01 | B | 0.09 | 0.90 | 1.10 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 0.44 | E | 0.05 | 0.40 | 0.50 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 0.42 | E | 0.09 | 0.30 | 0.60 |
| //60° | Zebrano (<i>Microberlinia brazzavillensis</i>) | Control | 10 | 2.84 | BC | 0.33 | 2.60 | 3.40 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 1.64 | E | 0.36 | 1.30 | 2.30 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 2.47 | CD | 0.58 | 1.70 | 3.20 |
| | Sapelli (<i>Entandrphragma cylindrocum</i>) | Control | 10 | 2.77 | BC | 0.26 | 2.40 | 3.10 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 3.31 | A* | 0.88 | 2.50 | 4.80 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 3.00 | AB | 0.38 | 2.30 | 3.60 |
| | Merbau (<i>Intsiabijuga</i>) | Control | 10 | 2.29 | D | 0.19 | 2.00 | 2.60 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 1.41 | E | 0.22 | 1.10 | 1.80 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 1.83 | E | 0.77 | 1.00 | 3.00 |
| //85° | Zebrano (<i>Microberlinia brazzavillensis</i>) | Control | 10 | 4.52 | BC | 1.12 | 3.50 | 6.70 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 2.72 | D | 1.52 | 1.40 | 5.10 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 4.49 | BC | 1.61 | 2.20 | 6.10 |
| | Sapelli (<i>Entandrphragma cylindrocum</i>) | Control | 10 | 3.54 | CD | 0.39 | 2.90 | 4.30 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 5.86 | AB | 2.41 | 3.00 | 9.50 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 6.00 | A* | 1.18 | 3.90 | 7.40 |
| | Merbau (<i>Intsiabijuga</i>) | Control | 10 | 1.23 | E | 0.18 | 1.00 | 1.50 |
| | | 212°C for 1 hour | 10 | 2.45 | DE | 0.72 | 1.50 | 3.50 |
| | | 212°C for 2 hours | 10 | 4.27 | C | 2.58 | 1.60 | 8.00 |

X: Arithmetic Mean, N: Number of measurements, HG: Homogeneity group, *: Highest value

4. Conclusions

In this study, the changes in colour (L^* , a^* , b^* , ΔE^* , ΔL^* , Δb^* and Δa^*) and glossiness (parallel and perpendicular in 20°, 60° and 85°) values of zebrano (*Microberlinia brazzavillensis*), sapelli (*Entandrophragma cylindrocum*) and merbau (*Intsia bijuga*) wood samples untreated and heat-treated at 212°C for 1 hour and 2 hours were investigated.

- The wood type and heat treatment factors and the mutual interactions obtained from these factors were determined to be significant. When the total colour difference values of wood species were examined after heat treatment applications, the greatest total colour difference value was obtained in merbau wood, the lowest total colour difference value was determined in sapelli wood.
- As a result, in the study, lightness (L^*), red colour (a^*) tone value, yellow colour (b^*) tone value, perpendicular and parallel glossiness values (20°, 60° and 85°) on the wood materials used, these parameters were changed with the heat treatment time according to ThermoWood method.
- With increasing heat treatment time, it was determined that a dark colour tone was formed on the wood materials.

Acknowledgments

The authors thank Hasep Wood Veneer Industry and Trade Inc. for wood materials and Novawood factory in Gereede, Bolu City, Turkey for heat treatment application.

This work was submitted as an oral presentation in the 9th PRWAC (Pacific Regional Wood Anatomy Conference) & Annual Meeting IAWS (International Academy of Wood Science) 2017 in Bali, Indonesia.

References

- Ayata, U., Gurleyen, L., and Esteves, B., (2017a), Effect of heat treatment on the surface of selected exotic wood species, *Drewno*, 60(199), 105-116.
- Ayata, U., Gurleyen, T., Gurleyen, L., Esteves, B., Sivrikaya, H., and Can, A., (2017b), The determination of some surface properties on lodgepole pine, siberian pine and scots pine woods heat treated with ThermoWood method, International Advanced Researches & Engineering Congress, 16-18 November 2017, Osmaniye/Turkey, 856-862.
- Bal, B.C., and Ayata, U., (2018a), Effect of heat treatment on nitrogen gas presence on some surface properties of poplar wood, II. International Multidisciplinary Studies Congress (IMSC), 4-5 May, Adana/Turkey, 1073.
- Bal, B.C., and Ayata, U., (2018b), Effect of heat treatment under different conditions on color and glossiness properties of black pine (*Pinus nigra*) wood, II. International Multidisciplinary Studies Congress (IMSC), 4-5 May, Adana/Turkey, 1071.
- Chen, Y., Fan, Y., Gao J., and Stark, N.M., (2012), The effect of heat treatment on the chemical and color change of black locust (*Robinia pseudoacacia*) wood flour, *Bioresources*, 7(1), 1157-1170.
- Dubey, M.K., Pang, S., Walker, J., (2011), Effect of oil heating age on colour and dimensional stability of heat treated *Pinus radiata*, *European Journal of Wood and Wood Products*, 69: 255–262.

- Esteves, B., Marques, A.V., Domingos, I., Pereira, H., (2008), Heat-induced colour changes of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood, *Wood Science and Technology*, 42(5), 369-384.
- Gurleyen, T., Ayata, U., Gurleyen, L., and Esteves, B., (2017a), Determination of glossiness and color values on ash, beech, red-bud maple, and red pine wood species heat-treated (ThermoWood method), International Advanced Researches & Engineering Congress, 16-18 November 2017, Osmaniye/Turkey, 752-759.
- Gurleyen, T., Ayata, U., Gurleyen, L., Esteves, B., Sivrikaya, H., and Can, A., (2017b), The determination of colour and glossiness properties on santos, rose and rowan woods heat treated according to ThermoWood method, 2nd International Conference on Material Science and Technology in Cappadocia (IMSTEC'17), October 11-13, 2017, Nevsehir/Turkey, 401-407.
- Gurleyen, T., Ayata, U., Gurleyen, L., and Esteves, B., (2017c), Investigation of colour and glossiness on American ash, European alder, white willow and white poplar heat-treated (ThermoWood method) wood species, II. International Iğdir Symposium (IGDIRSEMP 2017), October 9-11, Iğdir/Turkey, 183.
- Gurleyen, L., Esteves, B., Ayata, U., Gurleyen, T., and Cinar, H., (2018), The effects of heat treatment on colour and glossiness of some commercial woods in Turkey, *Drewno*, 61(201).
- Hidayat, W., Jang, J.H., Park, S.H., Qi, Y., Febrianto, F., Lee, S.H., and Kim, N.H., (2015), Effect of temperature and clamping during heat treatment on physical and mechanical properties of okan (*Cylicodiscus gabunensis* [Taub.] Harms) wood, *Bioresources*, 10(4), 6961-6974.
- ISO 554, (1976), Standard atmospheres for conditioning and/or testing - specifications, International Organization for Standardization.
- ISO 2813, (1994), Paint sand varnishes - determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees, International Organization for Standardization.
- Johansson, D., (2005), Strength and colour response of solid wood to heat treatment, Graduate Thesis, Luleå University of Technology, Department of Skelleftea Campus, *Division of Wood Technology*, Sweden, 93(5), 1402-1757.
- Korkut, D.S., Hiziroglu, S., and Aytin, A., (2013), Effect of heat treatment on surface characteristics of wild cherry wood. *BioResources*, 8(2), 1582-1590.
- Kučerová, V., Lagaňa, R., Výbohová, E., and Hýrošová, T., (2016), The effect of chemical changes during heat treatment on the color and mechanical properties of Fir wood, *BioResources*, 11(4), 9079-9094.
- Mitani, A., and Barboutis, L., (2014), Changes caused by heat treatment in color and dimensional stability of beech (*Fagus sylvatica* L.) wood, *Drvna Industrija*, 65(3), 225-232.
- Pincelli, A.P.S.L.M., De Morua, L.F., and Brito, J.O., (2012), Effect of thermal rectification on colors of *Eucalyptus saligna* and *Pinus caribaea* woods, *Maderas. Ciencia y tecnologia*, 14(2), 239-248.
- Sahin, S., ve Ayata, U., (2018), Teak, black ebony ve wenge ağaç türlerinde renk ve parlaklık özellikleri üzerine ısıtma işleminin (ThermoWood metot) etkisi, Multidisipliner Çalışmalar-3

(Sağlık ve Fen Bilimleri), Gece Kitaplığı Yayınevi, Birinci Basım, Editörler: Rıdvan Karapınar, Murat A. Kuş, Ocak 2018, Ankara, Türkiye, 323-334.

Shi, Q., Bao, F.C., Lu, C.X., and Jiang, J.H., (2011), Effect of heat treatment temperature on the colour of okan wood, *Advanced Materials Research*, 214(1), 531-534.

URL 1. The Wood Database, Zebrano (*Microberliniabrazzavillensis*), <http://www.wood-database.com/zebrawood/>. (10.06.2018).

URL 2. The Wood Database, Sapelli (*Entandrphragmacylindrocum*), <http://www.wood-database.com/sapele/>. (10.06.2018).

URL 3. The Wood Database, Merbau (*Intsiabijuga*), <http://www.wood-database.com/merbau/>. (10.06.2018).

Zhang, J., Kamdem, D.P., Temiz, A., (2009), Weathering of copper-amine treated wood, *Applied Surface Science*, 256(3), 842-846.

Zonuncio, A.J.V., Motta, J.P., Silveria, T.A., Farias, E.D.S., and Trugilho, P.F., (2014), Physical and colorimetric changes in *Eucalptus grandis* wood after heat treatment, *Bioresources*, 9(1): 293-302.



CNC makinelerinin bazı ayarlarının parça işleme süresi ve lif levhanın yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri

Bekir Cihad Bal*

Öz

CNC (Computer Numerical Control) makineleri farklı üretim endüstrilerinde yıllardır kullanılmaktadır. Bu makineler, çok yüksek hassasiyet, yüksek üretim hızı ve işlemlerin sınırsız tekrarı gibi bazı özelliklere sahiptirler. Bazı önemli ayarlamalar CNC makinelerinin çalıştırılması için yapılmak zorundadır. Bunlar; bıçak motoru hızı, kesme derinliği, bıçak adımı, besleme hızı, güvenli yükseklik, işleme taktiği vs.dir. Bu ayarlamaların, işlenen malzemenin yüzey pürüzlülüğü üzerine ve her bir parçanın işleme süresi üzerine bir etkisi vardır. Bu çalışmada, orta yoğunlukta lif levhanın yüzey pürüzlülüğü ve işleme süresi üzerine, bıçak adımı (%20, %40, %60 ve %80) ve besleme hızı (1, 3, 5 ve 7 m/dk) ayarlarının etkisi araştırılmıştır. Test örnekleri cep işleme yöntemi ile zig-zag taktiği kullanılarak işlenmiştir. Yüzey pürüzlülük ölçümleri TS 971'e göre yapılmıştır. Ortalama pürüzlülük (Ra), 10 nokta pürüzlülüğü (Rz) ve kareler ortalamasının karekökü (Rq) olan 3 pürüzlülük değeri belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre; besleme hızı ve bıçak adımı arttıkça, yüzey pürüzlülüğü artmış ve işlem süresi azalmıştır. Ayrıca, yüzey pürüzlülüğü ve işlem süresi üzerine bıçak adımının besleme hızından daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: CNC, lif levha, yüzey pürüzlülük, işlem süresi

The effects of some tool paths adjustments of CNC machines on surface roughness and processing time of fiberboards

Abstract

CNC (Computer Numerical Control) machines have been used in different manufacturing industries for years. These machines have some properties such as superior sensitivity, high manufacturing speed, and unlimited repetition of operations. Some important adjustments have to be made to operate of CNC machines. These are spindle speed, cutting depth, step over, feed rate, machine safe height, clearance strategy, and so on. These adjustments have an effect on the surface roughness of the material being processed and on the processing time for each part. In this study, the influence of the step over (20%, 40%, 60% and 80%) and feed rate (1, 3, 5 and 7 m / min) settings on the surface roughness of medium density fiberboard and the processing time were investigated. The test specimens were processed using the raster strategy with the pocket processing method. Surface roughness measurements were made according to TS 971. Three roughness values were determined, with an average roughness (Ra), a 10 point roughness (Rz) and a root mean square average (Rq). According to the obtained data; as the feed rate and the step over are increased, the surface roughness is increased and the processing time is decreased. In addition, it has been determined that the step over is more effective than the feed rate on the surface roughness and the processing time.

Keywords: CNC, fiber board, surface roughness, processing time

Makale tarihçesi: Geliş: 28.05.2018, Düzeltme:18.06.2018, Kabul: 18.06.2018, Yayınlanma:28.06.2018

*Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Malzeme Bölümü, Kahramanmaraş/Türkiye

Sorumlu yazar: e-posta:bcbal@hotmail.com, Tel: 0 344 300 18 11

Atıf: Bal B.C., (2018), CNC makinelerinin bazı ayarlarının parça işleme süresi ve lif levhanın yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri, Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi, 1 (1), 21-30.

1 Giriş

CNC tezgâhları öncelikli olarak uçak ve helikopter fabrikalarındaki ihtiyaçları karşılamak için ortaya çıkmıştır. Otomotiv endüstrisinde uygulanması sırasında gelişmiş ve yaygınlaşmıştır. 1946 yılında ilk olarak geliştirilen NC (Numerical Control) kontrollü bir freze tezgâhı olmuştur. Bu tezgâh, delikli şerit kartlarla yönetilmiştir. NC kontrol John T. Parsons adında, Amerikalı bir mühendis tarafından geliştirilmiştir (Oral 2012). Bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerle beraber, programların hafızada saklanması mümkün olmuş ve sonuç olarak bu gelişmeler CNC kavramının doğmasına öncülük etmiştir (Dinçel 1999). CNC tezgâhların yaygınlaşmaya başlaması ile yeni tezgâh tasarımı ve kullanımı tamamıyla değişmiş, mühendislerle atölye ve fabrika sahiplerine yepyeni olanaklar ortaya çıkmaya başlamıştır (Erer 2000). CNC makinelerinde parça işleme, CAD ve CAM programlarının kullanılması ve bu programlardan elde edilen kodların CNC kontrol ünitesine yüklenmesi ile sağlanmaktadır. CAM yazılımları; parça ve takım geometrisinin tanımlanması, kesici konumlama dosyasının oluşturulması, kesici konumlama dosyasında bulunan verilerin tezgâhta kullanılabilecek duruma dönüştüren son işlemci, takım yolu doğrulama ve simülasyonu ve üretim kontrol araçları gibi fonksiyonları içermektedir (Varol ve ark., 2005).

Günümüzde farklı üretim tiplerinde ve farklı amaçlar için geliştirilmiş çok değişik tipte ve özellikte CNC makineleri bulunmaktadır. Bu makinelerin istenen işi yapabilmesi için gerekli olan kod dosyasının hazırlanması ve CNC kontrol ünitesine yüklenmesi gerekmektedir. Bu kod dosyaları hazırlanırken CAM programlarında birçok ayarlama yapılmaktadır. Bunlardan bazıları; bıçak motoru hızı, kesme derinliği, bıçak adımı, besleme hızı, güvenli yükseklik, işleme taktiği, bıçak tipi şeklinde sıralanabilir. Bu yapılan ayarlamalara göre, işlem gören iş parçasının yüzey pürüzlülüğü ve işlem süresi değişiklik göstermektedir. Genel bir kural olarak, işlem gören iş parçasının yoğunluğu arttıkça (demir, çelik vs.) besleme hızı, bıçak adımı ve kesme derinliği (veya dalma derinliği) küçük tutulmak zorundadır. Yoğunluğu düşük ve işlenmesi kolay malzemelerde (ahşap malzemeler vs.) ise bu ayarlar büyük tutulmaktadır. Malzeme yoğunluğuna göre bu ayarlamalar değişmektedir.

CNC makineleri için oluşturulan kod dosyalarında yapılan ayarların, malzeme yüzey kalitesi üzerine etkisine ilişkin geçmişte birçok araştırma yapılmıştır. Örneğin, Benardos ve Vosniakos (2003) ve Karagöz (2011) tarafından yapılan derleme çalışmalar bu konuda genel kriterleri ortaya koymuştur. Bu çalışmalarda, pürüzlülük üzerine etkili olan parametreler; kesici takım ile ilgili parametreler, kesme ile ilgili parametreler, işleme ile ilgili parametreler ve işlenen malzeme ile ilgili parametreler şeklinde gruplandırılmıştır. Ahşap esaslı malzemelerin CNC makinelerinde işlem görmesi esnasında, bazı takım yolu ayarlarının etkileri ile ilgili olarak da bazı çalışmalar yapılmıştır. Örneğin; Ohuchi ve Murase (2001) tarafından yapılan çalışmada, MDF (Medium Density Fiberboard), yonga levha, kontrplak ve masif ahşap (katsura) üzerinde özellikle bıçak motoru hızı ve besleme hızı üzerine bazı denemeler yapılmıştır. MDF ve yonga levhada kesme hatalarının bıçak motoru hızı ve besleme hızından etkilenmediğini belirlemişlerdir. MDF levhaların yüzeylerinin CNC makinelerde işlem görmesi esnasında bazı makine ayarlarının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri Sütçü ve Karagöz (2012) tarafından incelenmiştir. Çalışma sonunda besleme hızı, bıçak motor hızı, kesme derinliği ve bıçak adımı gibi faktörlerin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri incelenmiştir. Bu çalışma sonuçlarına göre; bıçak motorunun hızı arttıkça ve besleme hızı, bıçak adımı ve kesme derinliği azaldıkça yüzey pürüzlülüğü azalma göstermiştir. Deus ve ark., (2015) tarafından da benzer sonuçlar bulunmuştur. MDF yüzeylerin CNC makinelerde işlenmesi esnasında takım yolu ayarlarının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri Davim ve ark., (2009) tarafından incelenmiştir. Araştırmada, bıçak motoru hızı ve besleme

hızı faktörlerinin etkisi ölçülmüştür. Elde edilen verilere göre besleme hızı 4 m/dk'ya kadar artırıldığında yüzey pürüzlülüğünün arttığı 4 m/dk'nın üzerine çıktığında ortalama yüzey pürüzlülüğünde azalmalar belirlenmiştir. Bıçak motoru hızının artmasıyla genel olarak yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. Lou ve ark., (1998) tarafından da benzer sonuçlar tespit edilmiştir. Sofuoğlu (2015) tarafından yapılan çalışmada, CNC makineleri ile ahşap panellerin yüzeylerinin işlenmesinde, diğer araştırmalardan farklı olarak, işleme taktiği araştırılmış ve sonuçta spiral taktiğin zig-zag taktiğinden daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir.

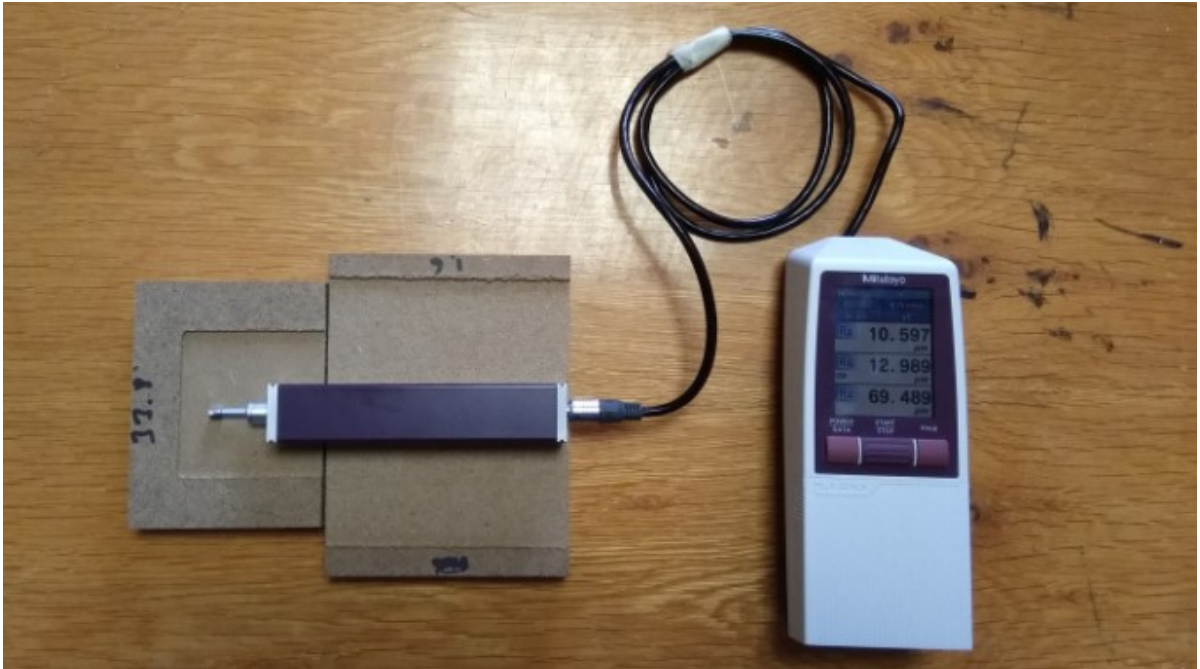
Literatürdeki bu çalışmalar incelendiğinde genel olarak yapılan çalışmaların, CNC makinesinin takım yolu ayarlarının işlenen malzemenin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisinin araştırıldığı görülmektedir. Ancak, MDF malzeme üzerinde yapılan çalışmalar içerisinde, CNC makinesinde işlenen MDF parçanın işlem süresi üzerine yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle, bu çalışmada, MDF levhaların CNC makinesi ile işlenmesi esnasında, takım yolu ayarlarının her bir parça için işlem süresi ve Ra, Rq, Rz pürüzlülük değerleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2 Materyal ve Metot

2.1 Materyal

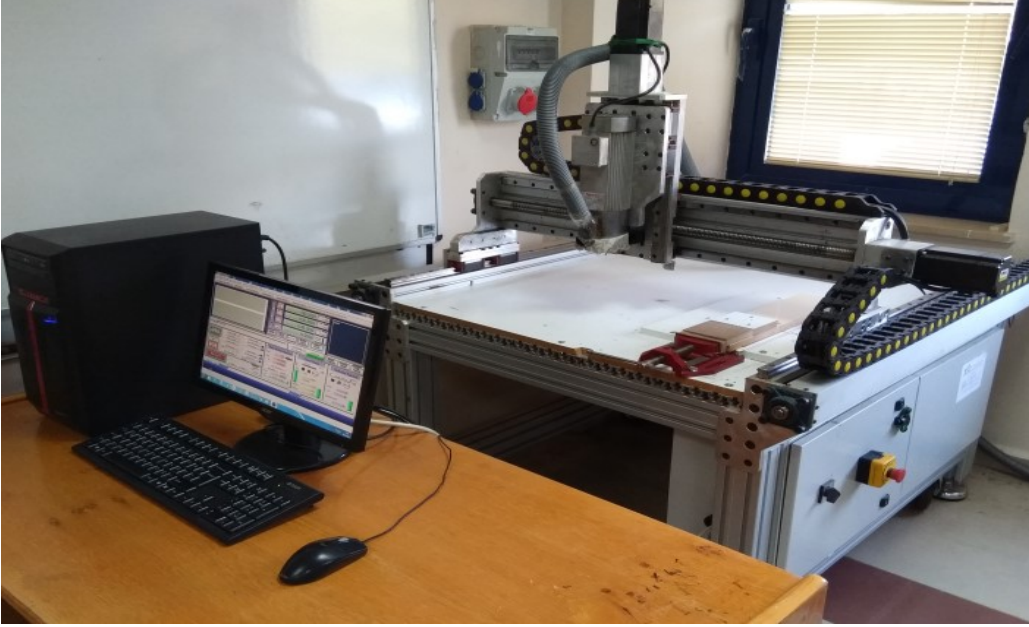
Bu çalışmada, deneme materyali olarak, piyasada tek yüz kaplı MDF olarak bilinen ve özellikle bir yüzeyi CNC makinelerinde işlenmek için üretilen MDF levhalar kullanılmıştır. MDF levhalar piyasadaki satın alma yöntemi ile tedarik edilmiştir. Temin edilen MDF levhaların ölçüleri 18x2100x2800 mm (kalınlık x genişlik x uzunluk)'dir. Test örneklerinin işlenmesinde HSS (High Speed Steel) çelikten iki kanatlı boşaltma bıçakları kullanılmıştır.

Test örneklerinin yüzey pürüzlülükleri "Diferansiyel Endüktans" prensibi ile çalışan ve Şekil 1'de verilen "Mitutoyo surfest SJ-210" model cihazla yapılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı ayarları ve özellikleri; kesme uzunluğu λ_c : 2.5 mm, stylus ucu açısı: 60°, sürücü ünite hızı: 0.75 mm/sn, x eksen ölçüm aralığı: 12.5 mm, z eksen: 360 μ m şeklindedir.



Şekil 1. Pürüzlülük ölçüm cihazı

Testlerin yapılmasında, özel olarak imal edilmiş, 3 eksenli bir CNC makinesi (CNC router) kullanılmıştır. CNC makinesi özel olarak imal edilmiş bir makinedir (Şekil 2). Makinenin işleme alanı 700x1000x150 mm (x,y,z) ölçülerindedir. Hareket motorları servo motorludur. X eksenli hareketi ve Z eksenli hareketi için bir, Y eksenli hareketi için iki adet servo motoru bulunmaktadır. Bıçak motoru maksimum 18000 d/dk'da çalışabilen 3 fazlı hava soğutmalı Herz marka bir motordur.



Şekil 2. Testlerin yapıldığı CNC makinesi

2.2 Metot

Denemelerde MDF test örnekleri 18x120x120 mm (kalınlık x genişlik x uzunluk) ölçülerinde ve her grup için 10 adet test örneği hazırlanmıştır. Denemeler test örneklerinin kaplanmamış yüzeyinde yapılmıştır. Test örneklerinin orta kısmında 100x100 mm kare alan CNC makinesinde boşaltılmıştır. Bu işlem esnasında, işlem süresi Mach3 programından takip edilmiş ve hesaplanmıştır. Pürüzlülük ölçümleri bu kısımda yapılmıştır.

CNC makinesinde test örneklerinin işlem görebilmesi için gerekli kodlar ArtCAM programında oluşturulmuştur. Kod dosyası CNC kontrol programına (Mach3) aktarılmış ve makine bu program ile kontrol edilmiştir. CNC makinesinin bıçak motoru devri 8000 d/dk, besleme hızı 1, 3, 5 ve 7 m/dk, bıçak adımı %20, %40, %60 ve %80, güvenli Z yüksekliği 10 mm, işleme taktığı zig-zag olarak ayarlanmıştır. Kesme derinliği 2 mm olarak ayarlanmıştır. Bu çalışmada, 4 farklı bıçak adımı ve 4 farklı besleme hızı olmak üzere 8 farklı kombinasyonun süre ve pürüzlülük ölçümleri yapılmıştır.

Test örneklerinin rutubet yüzdelerinin belirlenmesinde TS EN 322, yoğunluk miktarlarının belirlenmesinde TS EN 323 ve pürüzlülük değerlerinin belirlenmesinde TS 971 numaralı standartlardan yararlanılmıştır.

Elde edilen veriler Excel programında kaydedilmiş ve SPSS istatistik programında 2 yönlü ANOVA ile değerlendirilmiştir. Aralarında farklılık belirlenen gruplara Duncan testi yapılmıştır.

3 Bulgular ve Tartışma

Yapılan testler sonunda, test örneklerinin yoğunluğu 762 kg/m^3 ve rutubet içeriği %8.2 olarak belirlenmiştir. Besleme hızı ve bıçak adımı faktörlerinin farklı kombinasyonlarına göre elde edilen pürüzlülük ve işlem süresine ait ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Pürüzlülük ve işlem süresine ait veriler

| BA | BH | İD | Ra | Rq | Rz | Süre |
|----|------|----|---------------|---------------|---------------|------|
| % | m/dk | | μm | μm | μm | sn |
| 20 | 1 | x | 7.37 | 9.27 | 50.27 | 596 |
| | | ss | 0.69 | 0.76 | 3.75 | 0.63 |
| | 3 | x | 8.33 | 10.59 | 57.75 | 221 |
| | | ss | 0.54 | 0.57 | 2.82 | 0.53 |
| | 5 | x | 9.28 | 11.68 | 61.63 | 133 |
| | | ss | 0.72 | 0.97 | 5.34 | 0.92 |
| | 7 | x | 9.03 | 11.40 | 61.53 | 101 |
| | | ss | 0.41 | 0.43 | 2.70 | 0.57 |
| 40 | 1 | x | 8.97 | 11.54 | 65.54 | 329 |
| | | ss | 0.72 | 1.03 | 5.77 | 0.53 |
| | 3 | x | 8.99 | 11.43 | 62.15 | 121 |
| | | ss | 0.61 | 0.71 | 3.65 | 0.53 |
| | 5 | x | 8.89 | 11.29 | 61.64 | 80 |
| | | ss | 0.49 | 0.60 | 3.88 | 0.52 |
| | 7 | x | 9.25 | 11.73 | 63.41 | 62 |
| | | ss | 1.01 | 1.23 | 5.94 | 0.48 |
| 60 | 1 | x | 10.08 | 13.00 | 70.99 | 234 |
| | | ss | 0.68 | 1.01 | 6.06 | 0.7 |
| | 3 | x | 9.93 | 12.80 | 68.58 | 89 |
| | | ss | 0.71 | 0.84 | 5.11 | 0.52 |
| | 5 | x | 9.94 | 12.71 | 68.25 | 61 |
| | | ss | 0.57 | 0.69 | 4.86 | 0.53 |
| | 7 | x | 10.28 | 13.20 | 70.70 | 48 |
| | | ss | 0.54 | 0.55 | 2.40 | 0.63 |
| 80 | 1 | x | 11.59 | 14.78 | 75.60 | 191 |
| | | ss | 0.81 | 0.98 | 4.53 | 0.53 |
| | 3 | x | 11.86 | 15.01 | 74.54 | 74 |
| | | ss | 1.14 | 1.16 | 5.87 | 0.95 |
| | 5 | x | 11.12 | 14.30 | 72.19 | 51 |
| | | ss | 0.52 | 0.70 | 4.26 | 0.57 |
| | 7 | x | 11.64 | 14.95 | 74.79 | 42 |
| | | ss | 1.14 | 1.54 | 9.08 | 0.52 |

BA: bıçak adımı, BH: besleme hızı, İD: istatistik değerler, x: aritmetik ortalama, ss: standart sapma, Ra ve süre değerleri Bal (2017)’den alınmıştır.

Çizelge 1 incelendiğinde, genel olarak bıçak adımı arttıkça pürüzlülük değerlerinin arttığı görülmektedir. En düşük pürüzlülük değerleri %20 bıçak adımı ve 1 m/dk besleme hızında elde edilmiştir. Bıçak adımı arttıkça pürüzlülüğün genel olarak doğrusal bir şekilde arttığı görülmektedir. En büyük pürüzlülük değeri ise %80 bıçak adımı ve 1 m/dk besleme hızında elde edilmiştir. Ancak besleme hızları arasındaki farklar incelendiğinde besleme hızı ile pürüzlülük değeri arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığı, değişken olduğu görülmektedir. Çizelgede verilen işlem süresine ait veriler incelendiğinde ise, tüm gruplarda bıçak adımı ve besleme hızı arttığında işlem süresinin azaldığı görülmektedir. En küçük işlem süresi 42 sn olarak %80 bıçak adımı ve 7 m/dk besleme hızında elde edilmiştir. En büyük işlem süresi ise, 596 sn olarak %20 bıçak adımı ve 1 m/dk besleme hızında elde edilmiştir.

Bıçak adımı ve besleme hızı faktörlerinin Ra, Rq ve Rz pürüzlülük değerleri üzerine etkisine ilişkin iki yönlü ANOVA testi sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde bıçak adımı ve besleme hızının ve bu iki faktörün etkileşiminin Ra ve Rq pürüzlülük üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli (besleme hızının pürüzlülük üzeri etkisi $P < 0.05$ diğerleri $P < 0.001$) olduğu görülmektedir. Rz değerinde ise bıçak adımı çok ileri düzeyde önemli ($P < 0.001$) besleme hızı ise önemsiz ($P > 0.05$) olarak belirlenmiştir. Çizelgede verilen etki boyutu (PES) değerlerine bakarak hangi faktörün etkisinin daha büyük olduğu görülebilmektedir. Buna göre, Ra pürüzlülük değeri üzerine bıçak adımının etkisi (0.741), besleme hızının (0.075) etkisinden ve ikili etkileşiminin etkisinden (0.211) daha büyüktür. Çizelge 2’de verilen R^2 belirtme kat sayısına göre (0.76); Ra pürüzlülük değerini etkileyen faktörlerin %76’sı bıçak adımı ve besleme hızıdır. Diğer faktörlerin etkisi %24’dür. Rq ve Rz pürüzlülük değerlerine ait R^2 belirtme kat sayıları ise sırasıyla 0.78 ve 0.67 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2. Bıçak adımı ve besleme hızı faktörlerinin pürüzlülük üzerine etkisini gösteren iki yönlü ANOVA testi sonuçları

| | Varyansın Kaynağı | Kareler toplamı | SD | Kareler Ortalaması | F Oranı | Önem düzeyi | Etki boyutu (PES) |
|------------|-------------------|-----------------|----|--------------------|---------|-------------|-------------------|
| Ra | BA | 212.698 | 3 | 70.899 | 137.148 | 0.000 | 0.741 |
| | BH | 6.060 | 3 | 2.020 | 3.908 | 0.010 | 0.075 |
| | BA * BH | 19.870 | 9 | 2.208 | 4.271 | 0.000 | 0.211 |
| | $R^2=0,76$ | | | | | | |
| Rq | Varyansın Kaynağı | Kareler toplamı | SD | Kareler Ortalaması | F Oranı | Önem düzeyi | Etki boyutu (PES) |
| | BA | 376.65 | 3 | 125.55 | 153.35 | 0.000 | 0.762 |
| | BH | 8.99 | 3 | 3.00 | 3.66 | 0.014 | 0.071 |
| | BA * BH | 31.59 | 9 | 3.51 | 4.29 | 0.000 | 0.211 |
| $R^2=0,78$ | | | | | | | |
| Rz | Varyansın Kaynağı | Kareler toplamı | SD | Kareler Ortalaması | F Oranı | Önem düzeyi | Etki boyutu (PES) |
| | BA | 6270.57 | 3 | 2090.19 | 83.07 | 0.000 | 0.634 |
| | BH | 104.51 | 3 | 34.84 | 1.38 | 0.250 | 0.028 |
| | BA * BH | 964.51 | 9 | 107.17 | 4.26 | 0.000 | 0.210 |
| $R^2=0,67$ | | | | | | | |

BA bıçak adımı, BH: besleme hızı, SD: serbestlik derecesi

Bıçak adımı ve besleme hızı faktörlerinin işlem süresi üzerine etkisine ilişkin iki yönlü ANOVA testi sonuçları Çizelge 3’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, her iki faktörün ve ayrıca bu iki faktörün etkileşiminin işlem süresi üzerine etkisi çok ileri düzeyde önemli ($P < 0.001$) bulunmuştur. Bıçak adımı, besleme hızının ve bu ikili etkileşiminin işlem süresi üzerine etkisinde PES değerlerine (her üç faktörde 1 olarak hesaplanmıştır) göre fark bulunmamaktadır. İşlem süresi ANOVA testi sonunda elde edilen R^2 belirtme katsayısına göre işlem süresini etkileyen bıçak adımı ve besleme hızının etkisi %100’dür.

Çizelge 3. Bıçak adımı ve besleme hızı faktörlerinin işlem süresine etkisini gösteren iki yönlü ANOVA testi sonuçları

| Varyansın Kaynağı | Kareler toplamı | SD | Kareler Ortalaması | F Oranı | Önem düzeyi | Etki boyutu (PES) |
|-------------------|-----------------|----|--------------------|------------|-------------|-------------------|
| BA | 725449.67 | 3 | 241816.56 | 634272.93 | 0.000 | 1.000 |
| BH | 1918088.82 | 3 | 639362.94 | 1677017.55 | 0.000 | 1.000 |
| BA * BH | 457088.31 | 9 | 50787.59 | 133213.35 | 0.000 | 1.000 |
| $R^2=1$ | | | | | | |

Bıçak adımı ve besleme hızı faktörlerinin ortalamalarının pürüzlülük değeri üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 4. Bıçak adımı ve besleme hızı faktörlerinin Ra, Rq ve Rz pürüzlülük değerleri üzerine etkisini gösteren Duncan testi sonuçları

| Bıçak Adımı | | | Besleme Hızı | | |
|-----------------|--------------|-------------------------------|---------------------|--------------|-------------------------------|
| Bıçak adımı (%) | Örnek sayısı | Ortalama Ra (μm) | Besleme hızı (m/dk) | Örnek sayısı | Ortalama Ra (μm) |
| 20 | 40 | 8.5 A | 1 | 40 | 9.5 A |
| 40 | 40 | 9.0 B | 3 | 40 | 9.7 AB |
| 60 | 40 | 10.0 C | 5 | 40 | 9.8 AB |
| 80 | 40 | 11.5 D | 7 | 40 | 10.0 B |
| Bıçak Adımı | | | Besleme Hızı | | |
| Bıçak adımı (%) | Örnek sayısı | Ortalama Rq (μm) | Besleme hızı (m/dk) | Örnek sayısı | Ortalama Rq (μm) |
| 20 | 40 | 10.7 A | 1 | 40 | 12.1 A |
| 40 | 40 | 11.5 B | 3 | 40 | 12.4 AB |
| 60 | 40 | 12.9 C | 5 | 40 | 12.5 AB |
| 80 | 40 | 14.7 D | 7 | 40 | 12.8 B |
| Bıçak Adımı | | | Besleme Hızı | | |
| Bıçak adımı (%) | Örnek sayısı | Ortalama Rz (μm) | Besleme hızı (m/dk) | Örnek sayısı | Ortalama Rz (μm) |
| 20 | 40 | 57.8 A | 1 | 40 | 65.0 A |
| 40 | 40 | 63.2 B | 3 | 40 | 65.7 A |
| 60 | 40 | 69.6 C | 5 | 40 | 65.9 A |
| 80 | 40 | 74.2 D | 7 | 40 | 67.6 A |

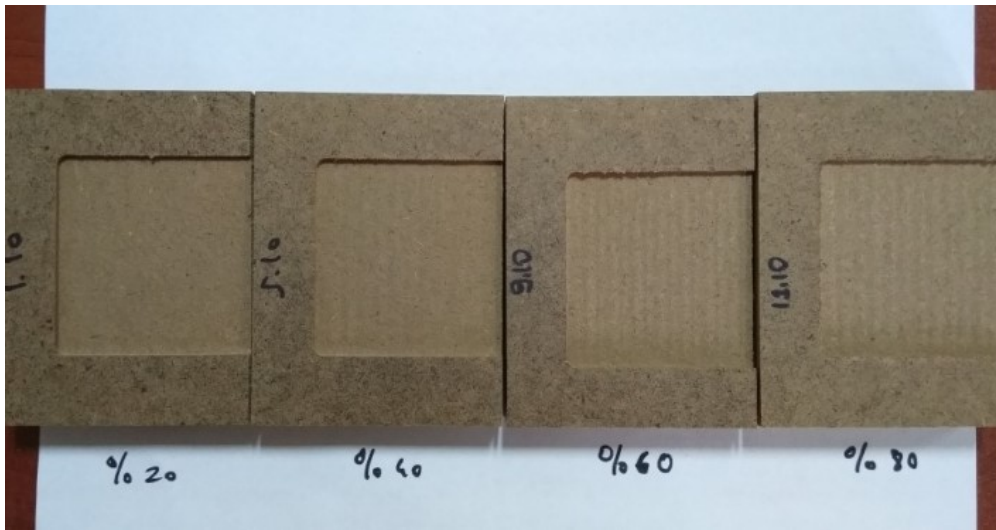
Çizelgede verilen sonuçlar incelendiğinde bıçak adımı ve besleme hızı arttıkça pürüzlülük değerinin arttığı, ancak bıçak adımı grupları arasındaki farkın daha belirgin olduğu görülmektedir. Bu konuda yapılan önceki çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin; Sütçü ve Karagöz (2012)'e göre besleme hızı ve bıçak adımı azaldıkça yüzey pürüzlülüğü azalma göstermiştir. Deus ve ark. (2015) tarafından da benzer sonuçlar bulunmuştur. Ancak, ahşap esaslı levhalarla yapılan bazı çalışmalarda besleme hızı ve bıçak adımının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisinin önemsiz olduğu (Sütçü, 2013) diğer bir çalışmada ise önemli olduğu (Sütçü ve Karagöz 2013) belirlenmiştir. Besleme hızının artması ile pürüzlülük değerlerinin de arttığı Davim ve ark., (2009) tarafından ve ayrıca Koç ve ark., (2017) tarafından ahşap esaslı malzemeler üzerine yapılan çalışmada ortaya konmuştur. Sonuçlar arasındaki farkların, seçilen bıçak adımı ve besleme hızı grupları arasındaki büyüklükten kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bıçak adımı ve besleme hızı faktörlerinin işlem süresi üzerine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre; bıçak adımı ve besleme hızı arttıkça işlem süresi önemli seviyede azalmaktadır.

Çizelge 5. Bıçak adımı ve besleme hızı faktörlerinin süre üzerine etkisine ilişkin Duncan testi

| Bıçak Adımı | | | Besleme Hızı | | |
|-----------------|--------------|-----------|---------------------|--------------|-----------|
| Bıçak adımı (%) | Örnek sayısı | Süre (sn) | Besleme hızı (m/dk) | Örnek sayısı | Süre (sn) |
| 80 | 40 | 89.4 A | 7 | 40 | 63.0 A |
| 60 | 40 | 107.8 B | 5 | 40 | 81.1 B |
| 40 | 40 | 147.5 C | 3 | 40 | 125.9 C |
| 20 | 40 | 262.6 D | 1 | 40 | 337.3 D |

Şekil 3'de farklı bıçak adımlarında işlem gören test örneklerine ait fotoğraf görülmektedir. Fotoğraf incelendiğinde %60 ve %80 bıçak adımı ile işlem gören test örneklerinde çıplak gözle rahatlıkla görülebilecek düzeyde bıçak izi ve işlenen alanın kenarlarında kırıklar olduğu görülmektedir. Bu nedenle %60 ve %80 bıçak adımlarının test örneklerinde yapılan görsel muayene sonunda bıçak adımlarından kaynaklanan dalgalılıkların rahatlıkla görüldüğü, bunun bir yüzey sorunu olduğu söylenebilir.



Şekil 3. Farklı bıçak adımlarında işlem gören test örnekleri (Bal, 2017)

Çizelge 4 ve 5’de verilen sonuçlara göre genel olarak bıçak adımı ve besleme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı ve işlem süresinin azaldığı görülmektedir. Endüstriyel uygulamalarda, MDF levhaların yüzeylerinin CNC makineleri ile işlenmesinde kesin bir şekilde her işletme tarafından uygulanan takım yolu ayarları bulunmamaktadır. İşletmelerde genel olarak yüzey pürüzlülüğü gözle muayene ile yapılmakta ve ona göre takım yolu ayarlaması yapılmaktadır. CNC operatörleri parça başına işlem süresi ve yüzey pürüzlülüğü faktörlerine göre yaklaşık bir ayar kullanmaktadır. Yeterli bir yüzey pürüzlülüğü ve hızlı bir işlem süresi işletmeler için tercih edilecek bir seçenektir. Bunu belirlemek için ise, bu çalışmada elde edilen pürüzlülük ve işlem süresi sonuçlarına göre; %60 ve %80 bıçak adımında ve 7 m/dk besleme hızında pürüzlülük ve dalgalılık çok yüksektir. %20 bıçak adımında ve 1 m/dk besleme hızında ise işlem süresi çok uzundur. Bu nedenle 10 µm pürüzlülüğün altında değer veren takım yolu ayarları olarak en uygun bıçak adımı %40-50 ve besleme hızınının 3 veya 5 m/dk olduğu söylenebilir.

4 Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, CNC makinesinde işlem gören MDF levhaların yüzey pürüzlülükleri ve işlem süresi üzerine bıçak adımı ve besleme hızı faktörlerinin etkisi belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre;

- Bıçak adımı ve besleme hızı azaldıkça yüzey pürüzlülüğü azalmakta ve daha düzgün bir yüzey elde edilmektedir. Bıçak adımının pürüzlülük üzerine etkisi besleme hızından fazladır.
- Bıçak adımı ve besleme hızı arttıkça parça başına işlem süresi azalmaktadır. Her iki faktörün işlem süresi üzerine etkisi aynıdır.
- Çalışma sonunda, en uygun bıçak adımı %40-50 ve besleme hızınının 3-5 m/dk olduğu söylenebilir.

Teşekkür

Bu çalışmada sunulan verilerin bir kısmı, TÜBİTAK tarafından desteklenen 215 O 899 numaralı projeden elde edilmiştir. Bu desteğinden dolayı TÜBİTAK’a teşekkür ediyoruz. Bu çalışmada sunulan verilerin bir kısmı, Osmaniye’de yapılan IAREC 2018 kongresinde poster bildiri olarak sunulmuştur.

Kaynaklar

- Bal BC, (2017), Effect of Step Over and Feed Rate Settings of CNC machines on surface roughness and processing time of MDF boards, The 1st International Advanced Research and Engineering Congress, 16-18.11.2017, Proceedings book, P:844-850.
- Benardos, PG., and Vosniakos, G. C., (2003), Predicting surface roughness in machining: a review. *International journal of machine tools and manufacture*, 43(8), 833-844.
- Davim, J. P., Clemente, V. C., and Silva, S., (2009), Surface roughness aspects in milling MDF (medium density fibre board). *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2009, 40(1-2), 49-55.
- De Deus, P. R., de Sampaio Alves, M. C., and Vieira, F. H. A., (2015), The quality of MDF work pieces machined in CNC milling machine in cutting speeds, feed rate, and depth of cut, *Meccanica*, 50(12), 2899-2906.

- Dinçel, M. (1999), CNC takım tezgâhları, Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü Lisans Bitirme Tezi.
- Erer, H., (2000), CNC takım tezgâhlarının gelişimi, <http://www.turkcadcaml.net/rapor/cnc-ttg/index.html>, son erişim tarihi: 18.06.2018.
- Karagöz, Ü. (2011), CNC ile işlemede ahşap malzemenin yüzey kalitesini etkileyen faktörler, *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 11(1), 18-26.
- Koc, K. H., Erdinler, E. S., Hazir, E., and Öztürk, E., (2017), Effect of CNC application parameters on wooden surface quality, *Measurement*, 107 (2017), 12-18.
- Lou, M. S., Chen, J. C., and Li, C. M. (1998), Surface roughness prediction technique for CNC end-milling, *Journal of industrial technology*, 15(1), 1-6.
- Ohuchi, T., and Murase, Y., (2001), Milling of wood and wood-based materials with a computerized numerically controlled router I, on the machining accuracy for grooving, *Mokuzai Gakkaishi*, 47(3), 212-217.
- Oral A., (2012), CNC takım Tezgahları ve CNC programlama ders notları, Balıkesir Üniversitesi, Makine mühendisliği Bölümü, Basılmamış Ders Notları
- Sofuoğlu, S. D. (2015), Determination of optimal machining parameters of massive wooden edge-glued panels made of European larch (*Larix decidua* Mill.) using Taguchi Design Method, *BioResources*, 10(4), 7772-7781.
- Sütçü, A., and Karagöz, Ü. (2012), Effect of machining parameters on surface quality after face milling of MDF, *Wood Research*, 57(2), 231-240.
- Sütçü, A. (2013), Investigation of parameters affecting surface roughness in CNC routing operation on wooden EGP, *BioResources*, 8(1), 795-805.
- Sütçü, A., and Karagöz, Ü. (2013), The influence of process parameters on the surface roughness in aesthetic machining of wooden edge-glued panels (EGPs), *BioResources*, 8(4), 5435-5448.
- TS EN 322, Ahşap esaslı levhalar-rutubet miktarının tayini, TSE, Ankara,1999.
- TS EN 323, Ahşap esaslı levhalar-birim hacim ağırlığının tayini, TSE, Ankara,1999.
- TS 971, Yüzey pürüzlülüğü-parametreler ve pürüzlülük tespiti kuralları, TSE, Ankara,1999.
- Varol, R., Yalçın, B., ve Yılmaz, N. (2005), Bilgisayar destekli imalatta (CAM), cam programı kullanılarak parça imalatının gerçekleştirilmesi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3, 47-57.



Higrotermal yaşlandırma işleminin ısı işlem görmüş kestane odununun renk ve sertlik özellikleri üzerine etkisi

Mehmet Karamanoğlu^{1*}, Alperen Kaymakçı²

Öz

Bu çalışmanın amacı; higrotermal yaşlanmaya maruz kalmış, ısı işlem uygulanmış ağaç malzemenin renk ve sertlik değişimlerini belirlemektir. Bu amaç için, Kestane odunu (*Castanea sativa* Mill.) kullanılmıştır. Isıl işlem uygulaması sıcaklık kontrollü küçük fırında yapılmıştır. Deney numuneleri, atmosferik basınç altında, üç farklı sıcaklıkta (130°C, 180°C ve 230 °C) ve iki farklı sürede (2 ve 8 saat), inert (azot) ortamda ısıya maruz bırakılmıştır. Isıl işlemlenmiş örnekler bir ay (30 gün) higrotermal yaşlandırma koşullarına (destile suda ve 20 °C'de) maruz bırakılmıştır. Higrotermal yaşlandırma sonrası, örneklerin renk ve sertlik değişimleri ASTM D 2244-2 ve ASTM-D 2240 standartlarına göre belirlenmiştir. Sonuçlar her grupta kontrol örnekleri ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Higrotermal yaşlandırma, ısı işlem, renk, sertlik, kestane

Effect of hygrothermal aging on color and hardness properties of heat treated chestnut wood

Abstract

The aim of this study is to determine changing of color and hardness values of heat treated wood exposed to hygrothermal aging. For this purpose, chestnut woods (*Castanea sativa* Mill.) have been used. Heat treatment applications were applied in a temperature controlled small heating unit. Experimental samples were subjected to heat under atmospheric pressure and in the presence of inert (nitrogen) environment at three different temperatures (130°C, 180°C and 230 °C) and two different time levels (2 and 8 h). Then, heat treated samples have been exposed to hygrothermal aging conditions (in distillate water and 20°C heat) one month (thirty days). After the hygrothermal aging, changes in the color and hardness of the samples have been determined according to ASTM-D 2244-2 and ASTM-D 2240 standards. The results were compared with control samples in each group.

Keywords: Hygrothermal aging, heat treatment, color, hardness, chestnut.

1 Giriş

Ağaç malzeme gerek doğal halde gerekse açık hava şartlarına veya harici bir etkiye maruz kaldığında deformasyona, yapısal bozunmaya uğrar (Özçifçi ve ark., 1999; Atar 1999; Budakçı ve Atar 2001; Yazıcı 2005; Kılıç ve Hafizoğlu 2007). Açık hava etkisi ile ağaç malzemede meydana gelen değişimler; kimyasal değişim, fiziksel değişim, renk değişimi, mikroskobik değişim ve biyolojik değişim olarak sıralanabilir. Ağaç malzeme her ne kadar harici etkilere karşı kendisini koruyacak doğal dayanıklılığa sahip ise de ısı, ışık (UV, IR), rutubet (yağmur, kar, nem, çığ), mekanik etkiler (rüzgar, kum, kir), biyolojik zararlıların etkisi vb. etkilere karşı korunmasız olarak uzun süre dayanıklı kalamaz (Feist 1983; Sönmez 2005; Budakçı 2006; Kılıç ve Hafizoğlu, 2007; Williams 2005). Yüzyıllar öncesinde ve halen günümüzde de insanoğlu ahşabı çeşitli ihtiyaçlarında kullanmak, daha dayanıklı kılmak ve yukarıdaki bahsedilen etkileri en aza indirmek için birçok işleme tabi tutmaktadır. Yapılan tüm bilimsel araştırmalar ve çalışmalar sonucunda ortaya çıkan bu işlemlere genel anlamda "Ahşap Modifikasyonu Yöntemleri" denilmektedir. Genel olarak ahşap modifikasyon yöntemleri, kimyasal modifikasyon, fiziksel modifikasyon, enzimatik modifikasyon ve termal modifikasyon (ısıl işlem) olarak gruplandırılabilir.

Isıl işlem, hücre çeperinin polimer bileşiklerinin kimyasal kompozisyonunda kalıcı değişmelerle sonuçlanan fiziksel bir işlemdir. Metodun temel fikri kimyasal reaksiyonların hızlandığı yaklaşık 150°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ağaç malzemenin ısı ile muamele edilmesidir. Isıl işlem modifikasyonu sonucu odunun rutubet kaynaklı daralma ve genişlemesinde azalma meydana gelmektedir. Aynı zamanda biyolojik zararlılara karşı dayanıklılığı gelişmekte, rengi koyulaşmakta, hafifleşmekte, pH derecesi azalmakta ve termal izolasyon özellikleri iyileşmektedir. (Akkılıç ve ark., 2014). Isıl işlem uygulanmış kereste bina dış cephe kaplaması, iç mekan kaplamaları, parke ve döşeme tahtası, park ve bahçe mobilyaları, bahçe çitleri, çocuk oyun alanı, pencere ve pencere panjurları, iç ve dış kapı, sauna ve sauna elemanları, iç mekan mobilyaları ve müzik aletleri yapımında kullanılmaktadır (Enjily ve Jones, 2006).

Higrotermal yaşlandırma testleri ahşap malzemenin uzun süreli kullanım performansının belirlenmesinde çok önemli bir yere sahiptir. Higrotermal yaşlandırmanın etkilerini belirlemek için birden çok yöntem vardır. Bunlar; soğuk suda bekletme, kaynayan suda bekletme, termal şok, klima kontrollü oda kullanımı şeklinde sıralanabilir. Yapılan literatür araştırmalarında higrotermal yaşlandırma prosesinin ısıl işlem uygulanmış ahşap numunelerdeki etkisi hakkında çok sınırlı bilgiler bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı higrotermal yaşlandırma prosesinin ısıl işlem görmüş kestane (*Castanea sativa* Mill.) odununun sertlik ve renk özellikleri üzerine etkisinin araştırılmasıdır.

2 Materyal ve Metot

2.1 Materyal

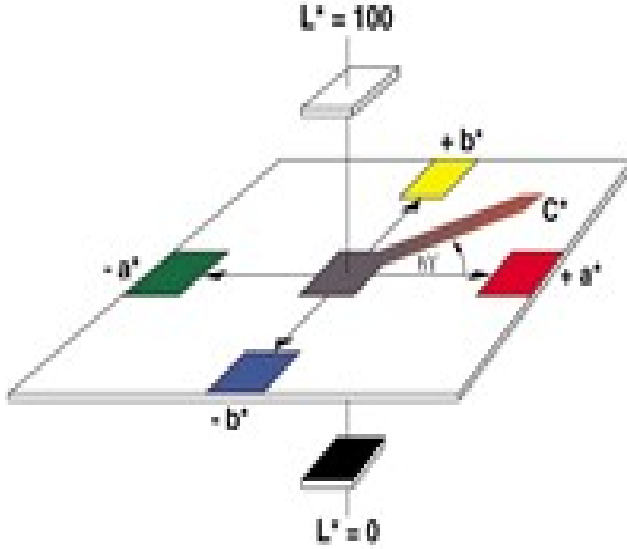
Deney numunesi olarak kullanılan Kestane odunu (*Castanea sativa* Mill.) Kastamonu İlindeki ormanlık alanlardan, göğüs yüksekliği çapı 30-40 cm olan, 5 metre boyundaki 3 gövdeden rastgele seçilmiştir. Elde edilen ağaç malzemelerde spiral liflilik ve çatlak olmamasına özen gösterilmiştir. Örnekler TS 4176'ya göre hazırlanmıştır ve ortalama olarak %12 rutubete ulaşıncaya kadar doğal olarak kurutulmuştur. Sonrasında ısıl işlem için örnekler rendelenmiş ve 50 x 50 x 50 mm ölçülerinde kesilmiştir. Toplamda 70 adet örnek hazırlanmıştır. Daha sonra örnekler 3 farklı sıcaklık derecesinde (130°C, 180°C ve 230°C) ve 2 farklı sürede (2 ve 8s) ısıl işleme tabi tutulmuştur. Akabinde ısıl işlem uygulanmış örnekler

su banyosunda (Destile su, 20°C) 30 gün boyunca higrotermal yaşlanma koşullarına maruz bırakılmıştır.

2.2 Metot

Sertlik ve renk değişimini belirlemek için üç ölçüm yapılmıştır. Bu ölçümler, sırası ile doğal kontrol, ısı işlem görmüş ve ısı işlem görmüş ve higrotermal yaşlandırılmış örneklerde yapılmıştır. Tüm örneklerin sertliği, ASTM-D 2240 standardına göre Shoremetre-D kullanılarak belirlenmiştir.

Renk ölçümleri ASTM-D 2244-2 standardına göre renk ölçer (Spektrofotometre) kullanılarak belirlenmiştir. $CIE L^* a^* b^*$ renk sisteminde; renklerdeki farklılıklar ve bunların yerleri L^* , a^* , b^* renk koordinatlarına göre tespit edilmektedir. Burada, L^* siyah-beyaz (siyah için $L^*=0$, beyaz için $L^*=100$) ekseninde, a^* kırmızı-yeşil (pozitif değeri kırmızı, negatif değeri yeşil) ekseninde, b^* ise sarı-mavi (pozitif değeri sarı, negatif değeri mavi) ekseninde yer almaktadır. $CIE L^* a^* b^*$ renk alanı Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. $CIE L^* a^* b^*$ renk alanı

Değişimin, rengin hangi tonunda etkili olduğunu belirlemek amacıyla kırmızı renk tonu (+ a^*), sarı renk tonu (+ b^*) ve ışıklılık değeri / renk parlaklığı (L^*) değerleri birbirinden bağımsız olarak incelenmiş, ayrıca toplam renk değişimi (ΔE^*);

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

eşitliğinden yararlanılarak belirlenmiştir (Karamanoğlu 2012; Karamanoğlu ve Akyıldız, 2013).

3 Bulgular ve Tartışma

3.1 Sertlik Değişimi

Kestane odununun sertlik değerleri Tablo 1’de verilmiştir. Elde edilen verilere göre, kontrol grubuna göre deney gruplarında sertlik değerlerinin azaldığı; en fazla azalmanın ise 230 °C sıcaklık ve 8 saat ısıtım uygulanmış grupta gerçekleştiği görülmektedir. Bu durum literatürde yapılan çalışmalarla benzerlikler göstermektedir. Bal ve Efe (2016) tarafından yapılan çalışmada yüksek sıcaklıkta ısıtım işlem görmüş kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odununun sertlik değerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen verilerden ısıtım işlem sıcaklığının artması ile birlikte kızılçam odununun sertlik değerinde azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar bu durumu ısıtım işlem sonucu oluşan ağırlık kaybıyla mümkün olabileceğini belirtmişlerdir. Bu durum birçok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır (Esteves ve ark., 2007; Gündüz ve ark., 2008; Esteves ve Pereira 2009; Schneid ve ark., 2014).

Tablo 1. Sertlik değişim değerleri

| SERTLİK DEĞİŞİMİ (Shore-D) | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|------------------|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Tür | | Isıtım sıcaklık ve süresi ve Higrotermal yaşlandırma | | | | | | | | | | | | | |
| | | Doğal | | 130-2 | | 180-2 | | 230-2 | | 130-8 | | 180-8 | | 230-8 | |
| | | K | HY | K | HY | K | HY | K | HY | K | HY | K | HY | K | HY |
| Kestane | X _{min} | 61.00 | 56.50 | 59.00 | 52.00 | 61.00 | 53.00 | 54.50 | 55.00 | 56.50 | 55.00 | 58.00 | 53.00 | 49.50 | 51.00 |
| | X _{max} | 67.00 | 62.00 | 66.00 | 57.50 | 66.50 | 59.00 | 59.00 | 58.50 | 66.00 | 63.00 | 65.50 | 57.50 | 58.50 | 58.50 |
| | ±s | 2.0 | 2.01 | 2.43 | 1.62 | 1.81 | 2.10 | 1.66 | 1.03 | 3.43 | 2.72 | 2.53 | 1.51 | 3.32 | 2.38 |
| | \bar{x} | 64.06 | 58.56 | 61.88 | 54.19 | 64.63 | 56.31 | 57.13 | 57.06 | 60.94 | 57.81 | 62.38 | 55.63 | 55.00 | 54.25 |
| | Değişim (%) | | -8.58 | -3.41 | -15.41 | 0.56 | -12.09 | -10.82 | -10.92 | -4.87 | -9.75 | -2.63 | -13.17 | -14.14 | -15.31 |
| | | | | -12.42 | | -12.86 | | -0.10 | | -5.12 | | -10.82 | | -1.36 | |

Doğal kontrol örnekleri ile ısıtım işlemli (kontrol) ve ısıtım işlemli ve higrotermal yaşlandırılmış örneklerin karşılaştırılması
Her grubun higrotermal yaşlandırılmış örnekleri ile kontrol gruplarının karşılaştırılması
 \bar{x} : aritmetik ortalama, ±s : standard sapma HY: higrotermal yaşlandırma K: Kontrol

Higrotermal yaşlandırma sonrası her grup kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en az sertlik değişiminin 230°C’de 2 saat ısıtım işlem görmüş örneklerde, en fazla sertlik değişiminin 180°C’de 2 saat ısıtım işlem görmüş gruplarda meydana geldiği tespit edilmiştir. Yapılan literatür çalışmalarında higrotermal işlemin odunun mekanik özelliklerindeki değişime ilişkin detaylı bir çalışmaya rastlanamamıştır. Higrotermal yaşlandırma işleminin etkileri daha ziyade odun plastik kompozitler gibi odun kompozitleri üzerine araştırılmıştır. Xu ve ark., (2015) yaptıkları çalışmada geri dönüşüm yüksek yoğunluklu polietilen kullanılarak üretilen odun plastik kompozitlerin higrotermal yaşlandırma özelliklerinin üzerine inorganik pigmentin etkisini araştırmışlardır. Elde edilen verilere göre, higrotermal yaşlandırma işleminin odun plastik kompozitlerin mekanik özelliklerini azalttığı tespit edilmiştir. Pegoretti ve Penati (2004) bu durumu yüksek su sıcaklık ve uzun süren daldırma prosesinde odunda hidroliz işleminin gerçekleşmesine bağlamaktadır. Ayrıca araştırmacılar suda çözünen ekstraktif maddelerin higrotermal yaşlandırma sonucu odundan uzaklaşmasının lif yapısına zarar vermesi dolayısıyla mekanik özelliklerin düşebileceğini düşünmektedirler.

3.2 Toplam Renk Değişimi

Kestane odununun toplam renk değişim değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Doğal kontrol örnekleri ile ısıtılmış örnekler karşılaştırıldığında artan ısıtım sıcaklık ve süresi ile renk koyulaşmıştır.

Tablo 2. Toplam renk değişimi değerleri

| TOPLAM RENK DEĞİŞİMİ ΔE^* | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------------|--|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tür | | Isıtım sıcaklık ve süresi ve Hıgrotermal yaşlandırma | | | | | | | | | | | | | |
| | | Doğal | | 130-2 | | 180-2 | | 230-2 | | 130-8 | | 180-8 | | 230-8 | |
| | | K | HY | K | HY | K | HY | K | HY | K | HY | K | HY | K | HY |
| Kestane | X_{min} | 73.99 | 69.21 | 74.52 | 61.88 | 50.77 | 54.45 | 21.34 | 15.20 | 69.69 | 63.01 | 37.06 | 37.17 | 10.41 | 7.88 |
| | X_{max} | 79.37 | 74.23 | 76.80 | 74.21 | 59.11 | 59.24 | 23.13 | 19.79 | 73.10 | 70.58 | 40.66 | 43.41 | 14.86 | 13.46 |
| | $\pm s$ | 1.7 | 2.09 | 0.65 | 4.08 | 2.45 | 1.70 | 0.65 | 1.53 | 1.22 | 2.68 | 1.16 | 2.00 | 1.49 | 1.68 |
| | \bar{x} | 77.12 | 71.33 | 75.38 | 68.14 | 56.85 | 56.27 | 22.04 | 17.75 | 71.24 | 66.32 | 39.55 | 39.50 | 13.42 | 10.17 |
| | Değişim (%) | | -7.50 | -2.25 | -11.60 | -27.03 | -26.27 | -71.41 | -76.97 | -7.61 | -14.00 | -48.71 | -48.78 | -82.59 | -86.80 |
| | | | | -9.60 | | -1.01 | | -19.46 | | -6.90 | | -0.13 | | -24.18 | |

Doğal kontrol örnekleri ile ısıtılmış (kontrol) ve ısıtılmış ve hıgrotermal yaşlandırılmış örneklerin karşılaştırılması
Her grubun hıgrotermal yaşlandırılmış örnekleri ile kontrol gruplarının karşılaştırılması
 \bar{x} : aritmetik ortalama, $\pm s$: standard sapma HY: hıgrotermal yaşlandırma K: Kontrol

Doğal kontrol örnekleri ısıtılmış ve hıgrotermal yaşlandırılmalı örnekler karşılaştırıldığında artan ısıtım sıcaklık ve süresi ile renk koyulaşmıştır. Yaşlandırma sonrası doğal kontrol örneklerine göre en az renk değişimi doğal kontrol örneklerinde, en fazla renk değişimi 230°C’de 8 saat ısıtım görmüş örneklerde meydana gelmiştir. Bu durum literatürde yapılan çalışmalarla benzerlikler göstermektedir. Korkut ve Kocaefe (2009), ısıtım sonrası rengin, ısıtım sırasında oluşan oksidatif ve hidrolitik reaksiyonlardan dolayı koyulaştığını bildirmişlerdir. Atar ve ark., (2018) yaptıkları çalışmada ısıtım işlemin vernikli ağaç malzeme renk değişimine etkisini araştırmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda ısıtım uygulamasının toplam renk değişiminin artmasına sebep olduğunu tespit etmişlerdir.

Yaşlandırma sonrası her grup kontrol grubu ile karşılaştırıldığında en az renk değişimi 180°C’de 8 saat ısıtım görmüş örneklerde, en fazla renk değişimi 230°C’de 8 saat ısıtım görmüş örneklerde meydana gelmiştir.

4 Sonuçlar ve Öneriler

Bulgular bölümündeki veriler değerlendirildiğinde;

- Kestane odununun ısıtım sonrası artan sıcaklık ve süre ile orantılı olarak rengi koyulaşmıştır. Hıgrotermal yaşlandırma koşullarına maruz kalan kestane odununda en iyi renk stabilitesi doğal örneklerde elde edilmiştir. Kontrol grupları ile karşılaştırılan örneklerde ise; en iyi renk stabilitesi 180°C’de 8 saat ısıtım görmüş örneklerde elde edilmiştir.
- Sertlikte ise; doğal kontrol örnekleri ısıtılmış örnekler ile karşılaştırıldığında, 180°C’de 2 saat ısıtım görmüş örneklerde az miktarda sertlik artmıştır. Ayrıca en az azalma 180°C’de 8 saat ısıtım görmüş örneklerde meydana gelmiştir.

- Doğal kontrol örnekleri ile ısıtılmış ve yaşlandırılmış örnekler karşılaştırıldığında, en az azalma 130°C’de 8 saat ısıtılmış örneklerde meydana gelmiştir. Kontrol grupları ile karşılaştırılan örneklerde ise; en az azalma 230°C’de 2 saat ısıtılmış örneklerde meydana gelmiştir.

Teşekkür

KÜ-HIZLIDES-2017-06 numaralı projeye vermiş oldukları destekten dolayı Kastamonu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi’ne teşekkür ederiz. Bu çalışma 26-29 Nisan 2018 Tarihlerinde Kastamonu Üniversitesinde düzenlenen Uluslararası Mühendislik ve Doğa Bilimleri Sempozyumu’nda sözlü bildiri sunulmuş, geliştirilerek makale formatına getirilmiştir.

Kaynaklar

- Akkılıç, H., Kaymakcı, A. ve Ünsal, Ö. (2014), Isıtılmış uygulanmış ahşap malzemenin dış cephe kaplaması olarak değerlendirilme potansiyeli, 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, p. 3-4.
- Atar, M. (1999), Renk açıcı kimyasal maddelerin ağaç malzemede üst yüzey işlemlerine etkileri, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Atar M., Yalınkılıç A.C., ve Keskin H. (2018), Isıtılmış vernikli ağaç malzemede renk değişimine etkisi”, *Politeknik Dergisi*, *(*) : *, (*).DOI: 10.2339/politeknik.404008
- ASTM D 2240, (2010), Standard test method for rubber property-durometer hardness, *American Society for Testing and Materials*, West Conshohocken, Pennsylvania, United States.
- ASTM D 2244. (2011), Standard practice for calculation or color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates, *American Society for Testing and Materials*, West Conshohocken, Pennsylvania, United States.
- Budakçı, M. (2006), Effect of Outdoor Exposure and Bleaching on Surface Color and Chemical Structure of Scots Pine, *Progress in Organic Coatings*, 56, 46-52.
- Budakçı, M., Atar, M. (2001), Açık hava koşullarında bırakılmış sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) odununda renk açma işleminin sertlik ve parlaklığa etkisi, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25, 201-207.
- Efe, F.T., Bal, B.C. (2016). Yüksek sıcaklıkta ısıtılmış kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odununun sertlik değerlerinde meydana gelen değişimler, *AKÜ FEMÜBİD 16 (2016) Özel Sayı*, (79-86).
- Enjily V., Jones D. (2006), The potential for modified materials in the panel products industry, Wood Resources and Panel Properties Conference, Valencia-Spain, E44/E49.
- Esteves, B., Domingos, I., Pereira, H. (2007), Improvement of technological quality of eucalypt wood by heat treatment in air at 170-200°C, *Forest Product Journal*, 7 (1-2), 47-52.
- Esteves, B., Pereira, H.M., (2009), Wood modification by heat treatment: A review, *BioResources* 4(1), 370- 404.
- Feist, W.C. (1983). Weathering and protection of wood, *American wood-preserves’ association*, 79, 195-205.
- Gündüz, G., Korkut, S., Korkut, D.S. (2008),The effects of heat treatment on physical and technological properties and surface roughness of camıyanı black pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. pallasiana var. pallasiana) wood, *Bioresources Technology*, 99: 2275-2280.
- Karamanoğlu, M. (2012). The restoration of some wood materials exposed to outdoor conditions by bleaching Process. Düzce University, Master's thesis. Institute of Science.

- Karamanoglu, M., Akyıldız, M.H. (2013), Colour, gloss and hardness properties of heat treated wood exposed to accelerated weathering, *ProLigno* 9(4), 729-738.
- Kılıç, A., ve Hafizoğlu, H. (2007), Açık hava koşullarının ağaç malzemenin kimyasal yapısında meydana getirdiği değişimler ve alınacak önlemler, *Süleyman Demirel Üniversitesi orman fakültesi dergisi*, A(2), 175-183.
- Korkut, S., Kocafe, D. (2009), Effect of heat treatment on wood properties. *Düzce University Journal of Forestry* 5(2): 11-34.
- Özçifçi, A., Atar, M., Uysal, B. (1999), Ağaç malzemede renk açmada kullanılan kimyasalların yüzey parlaklığına ve verniklerin yapışma mukavemetine olan etkileri, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(3), 763-770.
- Pegoretti, A., Penati, A. (2004), Effects of hygrothermal aging on the molar mass and thermal properties of recycled poly (ethylene terephthalate) and its short glass fibre Composites, *Polymer Degradation and Stability*, 86(2), 233-243.
- Schneid, E., Gonzalez de Cademartori, P.H., Gatto, D. (2014), The effect of thermal treatment on physical and mechanical properties of *Luehea divaricata* hardwood, *Maderas Ciencia y tecnología*, 16(4), 413-422.
- Sönmez, A. (2005), Ağaç İşlerinde Üst yüzey İşlemleri I, 2. Baskı, Gazi Üniversitesi.
- TS 4176. (1984), Wood-Sampling sample trees and logs for determination of physical and mechanical properties of wood in homogeneous stands. Ankara.
- Williams, R.S. (2005), Weathering of wood, *Handbook of wood chemistry and wood composites*, 7,139-185.
- Xu, C., Xing, C., Pan, H., Matuana, L.M., Zhou, H. (2015), Hygrothermal aging properties of wood plastic composites made of recycled high density polypropylene as affected by inorganic pigments, *Polymer Engineering and Science*, DOI 10.1002/pen.24054.
- Yazıcı, H. (2005), Açık hava koşullarının odun dayanımına etkisi, *ZKÜ Bartın orman fakültesi dergisi*, 7(8), 72-79.



Karaçam testere talaşının polipropilen kompozitlerin mekanik özelliklerine etkisi

Nasır Narlıoğlu^{1*}, Nihat Sami Çetin², Mehmet Hakkı Alma³

Öz

Günümüzde çevreye olan duyarlılıktaki artış ile birlikte atık maddelerin geri dönüştürülebilir konuları üzerine araştırmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada, polipropilen matrisine ilave edilen farklı oranlardaki karaçam testere talaşından elde edilen kompozit malzemelerin mekanik özelliklerindeki değişiklikler incelenmiştir. Kompozit malzeme üretimi için odun unu ve polipropilen çift burgulu ekstruder ile karıştırılarak pellet elde edilmiştir. Elde edilen pelletlerden sıcak pres kalıplama tekniği ile 250x250x2 mm ebatlarında kompozit levhalar üretilmiştir. Daha sonra, üretilen kompozit levhaların ASTM standartlarına göre çekme, eğilme ve darbe direnci testleri yapılmıştır. Mekanik test sonuçlarına göre en yüksek çekme direnci değeri %10 odun unu ilaveli kompozit örneğinde, en yüksek eğilme direnci ise %50 odun unu ilaveli kompozit örneğinde tespit edilmiştir. Ayrıca kompozitler arasında en yüksek darbe direnci, %20 odun unu ilaveli kompozit örneğinde elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: karaçam, testere talaşı, PP, kompozit, mekanik özellikler

Effect of black pine sawdust on the mechanical properties of polypropylene composites

Nasır Narlıoğlu^{1*}, Nihat Sami Çetin², Mehmet Hakkı Alma³

Abstract

Today, studies on the recycling of waste materials increasingly gaining importance and increasing with the growing sensitivity to the environment. In this study, the changes in the mechanical properties of composite materials produced by adding the black pine sawdust with the polypropylene matrix at different ratios were investigated. For the production of composite materials, pellets were obtained by mixing wood flour and polypropylene with twin-screw extruder. The obtained pellets were molded into composite boards in 250 x 250 x 2 mm dimensions with hot press molding technique. Then tensile, bending and impact resistance tests of composite boards produced were carried out according to ASTM standards. According to the results of the mechanical tests; the highest tensile strength value was found for the composite sample of 10% wood flour loaded composite, while the highest bending strength was found for the composite with 50% wood flour. In addition, the highest impact resistance was obtained for the 20% wood flour added sample among all composites.

Keywords: black pine, sawdust, PP, composites, mechanical properties

Makale tarihçesi: Geliş: 13.06.2018 Düzeltme: 24.06.2018, Kabul: 25.06.2018, Yayınlanma: 28.06.2018

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Malzeme Bölümü, Kahramanmaraş/Türkiye

²İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh. İzmir/Türkiye

³Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh. Kahramanmaraş/Türkiye

*Sorumlu yazar: e-posta:nasirnarlioglu@hotmail.com, Tel: 0 344 300 25 38

Atıf: Narlıoğlu, N., Çetin NS., ve Alma MH. (2018), Karaçam testere talaşının polipropilen kompozitlerin mekanik özelliklerine etkisi, Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi 1(1), 38-46

1 Giriş

Kompozitler, farklı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip iki veya daha fazla maddeden oluşan, iyi tanımlanmış bir yapıya sahip, günlük hayatımızın her yerinde bulunan ve hayatımızın ayrılmaz bir parçası haline gelmiş malzemelerdir. Kompozitlerdeki matrise takviye edilmesi için, 20. yüzyılın ortalarına kadar doğal liflerden faydalanılmıştır. 1950'den beri, havacılık, ulaşım ve inşaat gibi alanlarda daha güçlü, daha sert ve hafif kompozitler için artan bir talep oluşmuştur (Hull ve Clyne, 1996; Mallick, 2007; Kumar ve ark., 2011). Sentetik lifler ile takviye edilmiş kompozitlerin aksine OPK (Odun Plastik Kompozit) gibi doğal liflerle güçlendirilmiş kompozitler, özellikle düşük maliyetli malzeme üretiminde oldukça ilgi uyandırmışlardır. OPK'lerin kapı-pencere doğraması, profiller, zemin ve dış cephe kaplaması gibi esasen yarı yapısal ya da yapısal olmayan uygulama alanlarında kullanılabilirlikleri belirtilmiştir (Pritchard, 2004; Stark ve Matuana, 2004; Smith ve Wolcott, 2006; Klyosov, 2007). Biyokompozitlerin kendine özgü yüksek mekanik direnç, akustik özellikleri, düşük üretim maliyetleri, biyo-bozunabilir olmaları, aşırı sıcaklık değişikliği altında sabit formda kalmaları sebebiyle artırılmış yolcu güvenliği ve ağırlık azalışı sonucu enerji tüketiminde düşüőe sebep olmaları gibi avantajları bu kompozitlerin otomobil parçaları üretiminde tercih edilme sebepleri arasında olduğu belirtilmiştir (Ashori, 2008).

Takviye edici doğal lifler veya odun unu, OPK'lerdeki ana yükü taşıma bileşenidir. Bu bileşenler kompozit malzemelere uygulanan mekanik kuvvet altında, bükülmeye ve kırılmaya karşı direncin yanı sıra yüksek mukavemet ve sertlik sağlarlar. Bitki liflerinin birtakım olumlu özellikleri ve düşük maliyetli oluşu, onları doğal lif takviyeli kompozit malzeme üretiminde sentetik takviye edici liflere göre daha cazip hale getirmiştir. Örneğin; keten ve kenevir lifleri, standart cam liflerine kıyasla %40 daha ucuzdur (Ashori, 2008, Bhaskar ve ark., 2012).

Termoplastik polimerler ısıtıldığında polimer zincirleri ayrışmakta ve yeniden işleme tabi tutulmalarını sağlamak için birbirleri üzerinde kaymalar görülmektedir. Yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE), polipropilen (PP) ve polivinil klorür (PVC), doğal lif takviyeli kompozitlerde kullanılan en yaygın termoplastik polimerlerdir (Klyosov, 2007). YYPE, doğal lif takviyeli kompozitlerde kullanılan termoplastiklerin büyük çoğunluğunu oluşturur (%83), bunu sırasıyla PP (%9) ve PVC (%7) takip eder (Caulfield ve ark., 2005). Odunun termal bozulma sıcaklığının 180-200 °C altındaki sıcaklıklarda olduğu için termoplastikler, doğal lif takviyeli kompozitlerin üretimi için oldukça caziptir. Ayrıca termoplastikler, ahşap esaslı malzemelerin şekillendirilmesinde kullanılan makinelerde ve kesici aletlerde kesilebilir, vidalanabilir ve çeşitli şekiller verilebilirler (Schwarzkopf ve Burnard, 2016).

İğne yapraklı ağaç tomruklarının kereste ve son ürün haline getirilmesinde genel olarak %30-40 arasında odun veya kereste artığı ortaya çıkmaktadır. Artıklar az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde genellikle enerji üretimi veya ısınma amaçlı yakılırken, gelişmiş ülkelerde ise entegre tesislerde yonga levha, lif levha veya kağıt hamuru üretiminde değerlendirilmektedir (Sofuoğlu ve Kurtoğlu, 2006). Diğer taraftan yonga ve lif levha üretimi ve kullanımı esnasında yaklaşık olarak ortaya çıkan atık yüzdesinin %5-25 arasında olduğu bilinmektedir (Bromhead, 2003).

Günümüzde çevreye olan duyarlılıktaki artış ile birlikte hammaddelerin verimli kullanımı ve atık maddelerin geri dönüştürülebilme olanakları üzerine araştırmalar yapılmaktadır. Bu atık maddelerden biri de önemli bir atık potansiyeline sahip olan orman endüstrisi atıklarıdır. Bu çalışmada kereste veya mobilya fabrikalarında açığa çıkan testere talaşı atıklarının PP polimer matrise ilavesi ile kompozit malzeme üretimi amaçlanmıştır.

2 Materyal ve Metot

2.1 Materyal

Bu çalışmada kompozit malzeme üretimi için lignoselülozik dolgu maddesi olarak karaçam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) odununu kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan odununu, Kahramanmaraş ili küçük sanayi sitesi mobilya atölyelerinden temin edilmiş karaçam tomruk veya kerestesinin işlenmesi esnasında açığa çıkan testere talaşı atıklarıdır. Ayrıca bu çalışmada polimer matris olarak polipropilen (PP; PETKİM MH-220N) kullanılmıştır.

2.2 Metot

Karaçam odunu testere talaşı öncelikle sarsak elekte elenerek 80 mesh parçacık boyutu üstü (177-250 µm) kısımlar kompozit malzeme üretiminde kullanılmak üzere tasnif edilmiştir. Kompozit malzeme üretimi için eleme işlemleri sonrası tasnif edilen lignoselülozik maddeler, yapısında bulunan rutubetin uzaklaştırılması için bir gün boyunca 103±2 °C'ye ayarlı fırında tam kuru ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Daha sonra kurutulan odununu toplam kompozit ağırlığının %10-50 oranında, PP polimer matrise ilave edilerek kompozit üretimi gerçekleştirilmiştir. Kompozitlerin karışım oranları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kompozit örneklerinin karışım oranları

| Örnekler | Lignoselülozik (%) | Polimer (%) |
|----------|--------------------|-------------|
| PP | - | PP (100) |
| KC1 | Karaçam odunu (10) | PP (90) |
| KC2 | Karaçam odunu (20) | PP (80) |
| KC3 | Karaçam odunu (30) | PP (70) |
| KC4 | Karaçam odunu (40) | PP (60) |
| KC5 | Karaçam odunu (50) | PP (50) |

Bu çalışmada kompozit malzeme üretimi için ilk önce ekstruder yöntemi ile pellet üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda ekstruder sıcaklık profili Tablo 2'de verilen ve vida hızı 50 devir/dk'ya ayarlı GÜRDAL marka çift burgulu ekstruder kullanılarak 2-3 mm arası boyutlarda pelletler üretilmiştir. Ekstrüzyon sonrası elde edilen pelletler kompozit malzeme üretiminde kullanılan özel alüminyum kalıp içerisine yerleştirilerek, 190°C'ye ayarlı CARVER marka hidrolik preste 9 ton/m² basınç altında 15 dakika bekletilerek 250x250x2 mm ebatlarında kompozit levha formuna dönüştürülmüştür. Kompozit levhaların elde edilmesinde ASTM D4703 standartlarına uyulmuştur.

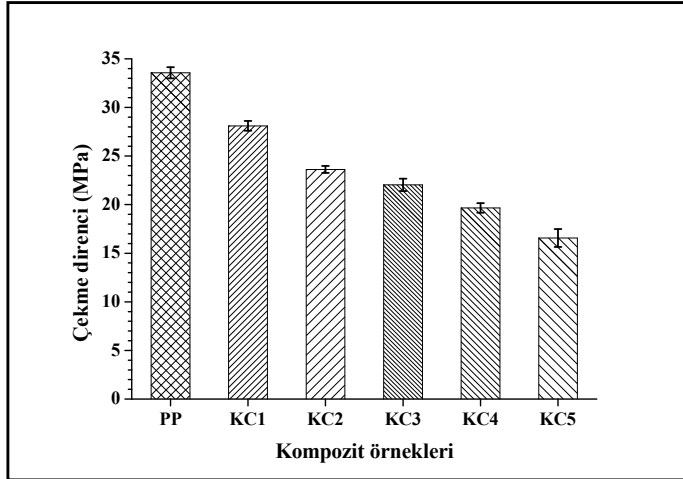
Tablo 2. Çift burgulu ekstruder kovan sıcaklık profili

| Ekstruder kovan sıcaklığı (°C) | | | | | | | |
|--------------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------------|
| 1.Giriş Bölgesi | 2.Bölge | 3. Bölge | 4. Bölge | 5. Bölge | 6. Bölge | 7. Bölge | 8.Çıkış bölgesi |
| 40 | 100 | 130 | 160 | 170 | 170 | 180 | 185 |

Kompozitlerin mekanik özelliklerini belirlemek için eğilme, çekme ve darbe direnci testleri yapılmıştır. Eğilme direnci testi ASTM D790 standardına göre 150x13x2 mm boyutlarındaki 10 adet test örneği kullanılarak, çekme direnci testi ASTM D638 standardına göre (dog bone shape) hazırlanan 10 adet test örneği kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca darbe direnci testi 64x13x2 mm ebatlarında hazırlanan ve üzerine çentik açılan 10 adet test örneği ile ASTM D256 standardına göre yapılmıştır. Hazırlanan test örnekleri teste tabi tutulmadan önce bir hafta boyunca %60±5 bağıl nem ve 22±3 °C sıcaklığa ayarlı iklimlendirme kabini şartlandırılmıştır.

3 Bulgular ve Tartışma

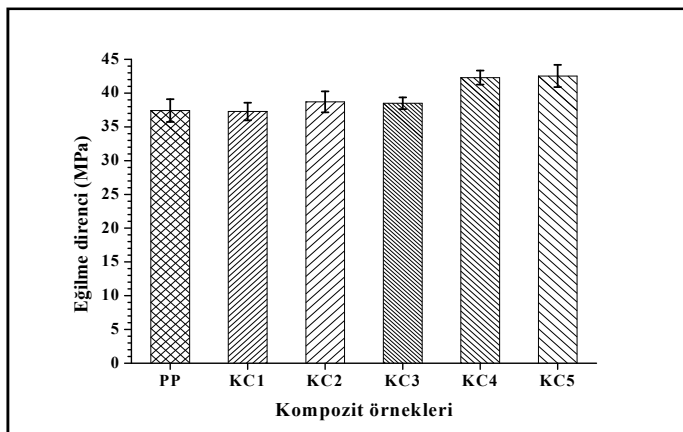
şekil 1’de karaçam odun unu ilaveli kompozitlerin çekme direnci değerleri verilmiştir. Karaçam odun unu ilaveli kompozitler arasında en yüksek çekme direnci değerleri 28.10 MPa ile %10 odun unu ilaveli kompozit örneğinde tespit edilmiştir. Diğer yandan en düşük çekme direnci değerleri ise 16.57 MPa ile %50 odun unu ilaveli kompozit örneğinde tespit edilmiştir.



şekil 1. Karaçam odun unu ilaveli PP kompozitlerin çekme direnci değerleri

Genel olarak doğal lif takviyeli kompozitlerin çekme mukavemetlerinin, kompozit karışımına ilave edilen lif oranındaki artış ile kademeli olarak düştüğu rapor edilmiştir (Bengtsson ve ark., 2007; Khoathane ve ark., 2008; Ku ve ark., 2011). Altuntaş ve ark., (2017) tarafından yapılan çalışmada, polimer matrise ilave edilen odun lifi oranı artışı ile kompozitlerin çekme direnci değerlerinde azalma olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada saf PP polimer matrisin çekme direnci değerleri 33.56 MPa olarak belirlenirken, polimer matrise ilave edilen odun unu katılım oranı artışı ile kompozitlerin çekme direnci değerlerinde azalma görölmüştür.

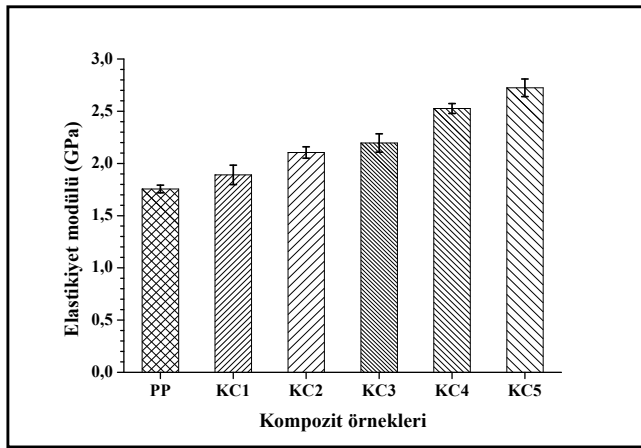
Karaçam odun unu ilaveli PP kompozitlerin eğilme direnci değerleri şekil 2’de verilmiştir. Kompozitler arasında en yüksek eğilme direnci değerleri %40 ve %50 odun unu ilaveli kompozit örneğlerinde sırasıyla 42.29 MPa ve 42.53 MPa olarak tespit edilmiştir. Diğer taraftan en düşük eğilme direnci değerleri,%10 odun unu ilaveli kompozit örneğinde 37.27 MPa olarak tespit edilirken, bu değer ile saf PP polimerin eğilme direnci değerleri (37.42 MPa) birbirine yakın değer sergilemiştir.



şekil 2. Karaçam odun unu ilaveli PP kompozitlerin eğilme direnci değerleri

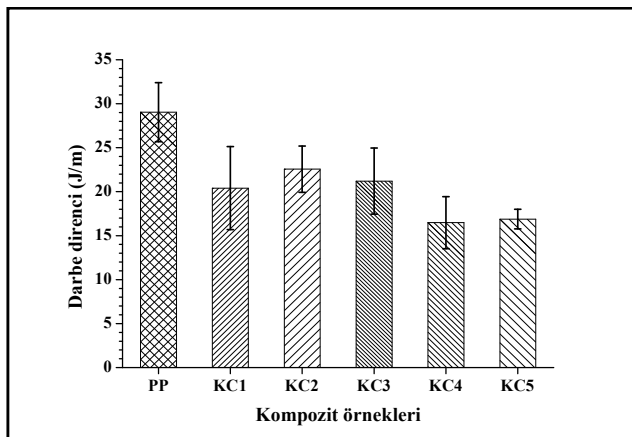
Özmen ve ark., (2014) Orta Yoğunluklu Liflevha (MDF) tozunun PP'ye ilavesi ile yaptıkları çalışmada, polimere ilave edilen MDF tozu katılım oranı artışı ile kompozitlerin eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerinde artış olduğunu bildirmişler. Diğer taraftan doğal lif ilaveli kompozitlerde lif katılım oranındaki artışa bağlı olarak kompozitlerin eğilme direnci değerlerinde ve elastikiyet modülü değerlerinde artış görüldüğü bazı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (Bengtsson ve ark., 2007; Basiji ve ark., 2010). Bu çalışmada polimer matrise ilave edilen odun unu katılım oranı artışı ile birlikte kompozitlerin eğilme direnci değerlerinde artış kaydedilmiştir.

şekil 3'te Karaçam odun unu ilaveli PP kompozitlerin eğilmede elastikiyet modülü değerleri verilmiştir. Burada en yüksek eğilmede elastikiyet modülü değeri 2.72 GPa ile %50 odun unu ilaveli kompozit örneğinde görülrken, en düşük eğilmede elastikiyet modülü değeri ise 1.98 GPa ile %10 odun unu ilaveli kompozit örneğinde tespit edilmiştir. Genel olarak polimer matrise ilave edilen doğal liflerin katılım oranındaki artışla kompozitlerin elastikiyet modülü değerlerinde ilk önce artış daha sonra ise azalış görüldüğü belirtilmiştir. (Hajnalka ve ark., 2008; Khoathane ve ark., 2008). şekil 3'te görüldüğü üzere polimer matrise ilave edilen odun unu katılımındaki artış ile kompozit malzemelerin eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde artış görülmüştür.



şekil 3. Karaçam odun unu ilaveli PP kompozitlerin eğilmede elastikiyet modülü değerleri

Karaçam odun unu ilaveli PP kompozitlerin darbe direnci değerleri şekil 4'te verilmiştir. şekilde görüldüğü üzere polimer matrise odun unu ilavesiyle saf polimer matrise göre kompozitlerin darbe direnci değerinde azalma görülmüştür.



şekil 4. Karaçam odun unu ilaveli PP kompozitlerin darbe direnci değerleri

Burada saf PP polimer matrisin darbe direnci değeri 29.04 J/m olarak kaydedilmiştir. Diğer taraftan odun unu ilaveli kompozitler arasında en yüksek darbe direnci değeri 22.56 J/m değeri ile %20 odun unu ilaveli kompozit örneğinde, en düşük darbe direnci değeri ise 16.48 J/m ile %40 odun unu ilaveli kompozit örneğinde tespit edilmiştir. Polimer matrise ilave edilen doğal liflerin kompozitlerin darbe direnci özelliklerine olumsuz etki yaptığı bazı çalışmalarda rapor edilmiştir (Basiji ve ark., 2010; Kumar ve ark., 2017).

4 Sonuçlar

Karaçam testere talaşının PP kompozitlerin mekanik özelliklerine etkisi adlı bu çalışmada;

- Karaçam odununun PP polimer matrise ilavesiyle elde edilen kompozitlerin çekme direnci değerlerinde giderek azalma kaydedilmiştir.
- Kompozit karışımındaki odun unu oranı artışı ile kompozitlerin eğilme direnci değerlerinde ve elastikiyet modülü değerlerinde artış grlmştir.
- PP polimer matrisine ilave edilen odun unu ile kompozitlerin darbe direnci değerlerinde azalma görülürken, bu azalmanın odun unu oranı artışı ile doğrusal bir şekilde azaldığı görülmemiştir.
- Doğal lif ilaveli kompozitlerin kullanım alanlarının başında plastiğe alternatif ürünlerin kullanıldığı çeşitli kullanım yerleri (yer ve duvar döşemesi vd.) gelmektedir. Bu alanlarda kullanılacak rnlerin ASTM D 6662'ye uygun olarak, eğilme direncinin en az 6.9 MPa ve eğilmede elastikiyet modülü değerinin ise yaklaşık 345 MPa olması istenmektedir. Bu bakımdan bu çalışma kapsamında elde edilen karaçam odunu testere talaşı atığı ilaveli PP kompozitlerin çeşitli kullanım yerleri (kapı-pencere kasaları, yer ve duvar döşemeleri vb.) için uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Teşekkür

Bu alışma Kahramanmaraş Sütçü İmam niversitesi bilimsel araştırma projeleri yönetim birimi başkanlığı tarafından 2015/3-61D numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Altuntaş, E., Yılmaz, E., & Salan, T. (2017). Yüksek oranda lif dolgu maddesi kullanımının odun plastik kompozit malzemenin mekanik özellikleri üzerine etkisinin araştırılması. *Turkish Journal of Forestry*, 18(3), 258-263.
- Ashori, A. (2008), Wood–plastic composites as promising green-composites for automotive industries. *Bioresource Technology*, 99(11), 4661-4667.
- ASTM, D638. (2001), Standard test methods for tensile properties of plastics. *American Society for Testing and Materials*.
- ASTM, D790. (2003), Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials. *American Society for Testing and Materials*.
- ASTM, D256. (2005), Standard test methods for impact resistance of plastics and electrical insulating materials. *American Society for Testing and Materials*.
- ASTM, D4703-10. (2010), Standard practice for compression molding thermoplastic

- materials into test specimens, plaques, or sheets. *American Society for Testing and Materials*.
- Basiji, F., Safdari, V., Nourbakhsh, A., and Pilla, S. (2010), The effects of fiber length and fiber loading on the mechanical properties of wood-plastic (polypropylene) composites. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 34(3), 191-196.
- Bengtsson, M., Le Baillif, M., and Oksman, K. (2007), Extrusion and mechanical properties of highly filled cellulose fibre–polypropylene composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 38(8), 1922-1931.
- Bhaskar, J., Haq, S., Pandey, A., and Srivastava, N. (2012), Evaluation of properties of propylene-pine wood plastic composite. *Journal of Materials and Environmental Science*, 3(3): 605-612.
- Bromhead, A. (2003). Reducing wood waste in furniture manufacture. Fauna & Flora International, Cambridge, UK.
- Caulfield, D.F., Clemons, C., Jacobson, R.E., and Rowell, R.M. (2005), 13 Wood Thermoplastic Composites. Handbook of wood chemistry and wood composites: 365.
- Hargitai, H., Rácz, I., and Anandjiwala, R. D. (2008), Development of hemp fiber reinforced polypropylene composites. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 21(2), 165-174.
- Hull, D., and Clyne, T. (1996), An introduction to composite materials. Cambridge University Press, UK, 326 s.
- Khoathane, M. C., Vorster, O. C., and Sadiku, E. R. (2008), Hemp fiber-reinforced 1-pentene/polypropylene copolymer: the effect of fiber loading on the mechanical and thermal characteristics of the composites, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 27(14), 1533-1544.
- Klyosov, A.A. (2007), Wood-plastic composites. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 720s.
- Ku, H., Wang, H., Pattarachaiyakoop, N., and Trada, M. (2011), A review on the tensile properties of natural fiber reinforced polymer composites. *Composites Part B: Engineering*, 42(4), 856-873.
- Kumar, R., Obrai, S., & Sharma, A. (2011), Chemical modifications of natural fiber for composite material. *Der Chemica Sinica*, 2(4): 219-228.
- Kumar, R., Singh, T., & Singh, H. (2017), Effects of fiber type, weight percentage loading and fiber size on impact strength and hardness of wood and rice husk hybrid composite. *International Journal of Materials Science*, 12(3), 443-460.
- Mallick, P.K. (2007), Fiber-reinforced composites: materials, manufacturing and design. CRC press, USA, 638 s.
- Özmen, N., Çetin, N., Narlıoğlu, N., Çavuş, V., & Altuntaş, E. (2014). MDF atıklarının odun plastik kompozitlerin üretiminde değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 15(1), 65-71.
- Pritchard, G. (2004), Two technologies merge: wood plastic composites. *Reinforced Plastics*, 48(6): 26-29.
- Schwarzkopf, M.J., and Burnard, M.D. (2016), Wood-Plastic Composites-Performance and

environmental impacts. Environmental impacts of traditional and innovative forest-based bioproducts. Springer, pp. 19-43.

Smith, P.M., and Wolcott, M.P. (2006), Opportunities for wood/natural fiber-plastic composites in residential and industrial applications. *Forest Products Journal*, 56(3), 4-11.

Sofuoğlu, S.D., and Kurtoğlu, A. (2006), Masif ağaç malzemenin işlenmesinde fire oranları. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11: 189-204.

Stark, N.M., and Matuana, L.M. (2004), Surface chemistry and mechanical property changes of wood-flour/high-density-polyethylene composites after accelerated weathering. *Journal of Applied Polymer Science*, 94(6), 2263-2273.



Determination of surface roughness parameters of heat-treated and untreated Scotch pine, oak and beech woods

Umit Ayata^{1*}, Tuğba Gurleyen², Levent Gurleyen³, Nevzat Cakicier⁴

Abstract

Heat treatment is an industrial application that changes the physical, mechanical and chemical properties of wood. In addition, the smell, color and surface roughness of the heat treated wood also varies. The objective of this study is to investigate surface roughness properties (R_a , R_z and R_q) of heat treatment and untreated some wood types. In this study, wood specimens prepared from Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.), oak (*Quercus petraea* L.) and beech (*Fagus orientalis* L.) wood species were heat-treated according to ThermoWood[®] method at 212°C for 1 hour and 2 hours in Bolu - Gerede, Turkey. Caliber sanding machine with 180 grinding were applied untreated and heat-treated specimens after heat treatment. Surface roughness parameters (R_a , R_z and R_q) according to ISO 4287 (1997) standard were determined for all samples. According to obtained data, it was observed that the R_a , R_z and R_q parameters decreased when the heat treatment time increased. It was determined that the surface roughness of all wood materials was changed by the applied heat treatment process.

Keywords: Surface roughness, heat treatment, Scotch pine, oak, beech

Isıl işlem uygulanmış ve uygulanmamış sarıçam, kayın ve meşe odunlarında yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesi

Öz

Isıl işlem, odunun fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerini değiştiren bir endüstriyel uygulamadır. Ayrıca, ısıl işlem görmüş odunun kokusu, rengi ve yüzey pürüzlülüğü de değişmektedir. Bu çalışmanın amacı, ısıl işlem uygulanmış ve uygulanmamış bazı odun türlerinde yüzey pürüzlülüğü (R_a , R_z ve R_q) özelliklerini incelemektir. Bu çalışmada, sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), meşe (*Quercus petraea* L.) ve kayın (*Fagus orientalis* L.) odun türlerinden hazırlanmış örnekler, Bolu - Gerede, Türkiye’de ThermoWood[®] metoduna göre 212°C’de 1 saat ve 2 saat süreyle ısıl işlem uygulanmıştır. Isıl işlem sonrası ısıl işlem uygulanmış ve uygulanmamış deney örneklerine 180 kumluk kalibre zımparalama işlemi uygulanmıştır. Yüzey pürüzlülüğü parametreleri (R_a , R_z ve R_q) ISO 4287 (1997) standardına göre bütün örnekler üzerinde belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; ısıl işlem süresinin artması ile R_a , R_z ve R_q parametrelerinin azaldığı görülmüştür. Tüm ahşap malzemelerin yüzey pürüzlülüğü uygulanmış ısıl işlem uygulaması tarafından değiştiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Yüzey pürüzlülüğü, ısıl işlem, sarıçam, meşe, kayın

Article History: submit: 14.06.2018 revised: 25.06.2018, accepted: 25.06.2018, published: 28.06.2018

¹Forestry and Forest Products, Oltu Vocation School, Ataturk University, Oltu/Erzurum, Turkey

²Department of Furniture and Decoration, Vocational High School, Duzce University, Duzce, Turkey

³Yigilca Multi-Program Anatolian High School, Yigilca/Duzce, Turkey

⁴Department of Forest Industry Engineering, Faculty of Forestry, Duzce University, Duzce, Turkey

*Corresponded author: e-mail: umitayata@atauni.edu.tr, Tel: +90 442 816 6266

Citation: Ayata, Ü., Gurleyen T., Gurleyen L., Cakicier N., (2018), Determination of Surface Roughness Parameters of Heat-treated and Untreated Scotch pine, Oak and Beech Woods, Furniture and Wooden Material Research Journal, 1(1), 45-50

1. Introduction

Each wood material has a different surface quality. When a wood material is heat treated, the surface properties are changed. These changes affect by the heat treatment temperature and duration. Today, various methods have been developed to determine the surface properties of wood materials. One of these methods is surface roughness. The surface roughness test consists of various parameters. Some of these parameters are R_a , R_z , R_y and R_q values. Several authors evaluated the surface roughness properties of heat-treated woods. For instance, Korkut and Budakci (2010) examined R_a , R_z , R_y and R_q values of rowan (*Sorbus aucuparia* L.) heat-treated wood. Unsal and Ayrilmis (2005) found R_a value for heat-treated *Eucalyptus camaldulensis* Dehn.). Korkut et al. (2008) obtained R_a , R_z , R_y and R_q values of heat-treated Turkish Hazel (*Corylus colurna* L.). Korkut and Guller (2008) determined R_a , R_z , R_y values for heat-treated red-bud maple (*Acer trautvetteri* Medw.) wood. Gunduz et al. (2008) determined R_a , R_z , R_y , R_q values of camiyani black pine heat-treated at 120°C, 150°C and 180°C for 2, 6 and 10 h. Aytin et al. (2015) recorded R_a value for heat-treated wild cherry (*Prunus avium*) at 190°C and 212°C for 1 h and 2 h. Korkut et al. (2013) reported that R_a , R_z and R_y values of the specimens decreased with heat treatment compared to untreated specimens for heat-treated wild cherry (*Prunus avium*) at 212°C for 1.5 h and 2.5 h. Palermo et al. (2014) obtained surface roughness for heat-treated *Eucalyptus grandis* wood at 190°C for 390 minutes. Surface roughness decreased with increasing treatment times and temperature (Unsal and Ayrilmis 2005, Korkut et al. 2008, Korkut and Guller 2008, Korkut and Budakci 2010). In a study, it was said that heat treatment improves surface quality (Gunduz et al. 2008; Aytin et al. 2015). According to Gunduz et al. (2008), significant difference was obtained (R_a , R_z , R_y and R_q) for three temperatures and three durations of heat treatment. These values decreased with increasing treatment temperature and treatment times. Korkut et al. (2013) determined surface roughness (R_a , R_z and R_y) values of the specimens decreased with heat treatment compared to untreated specimens. Palermo et al. (2014) showed significant differences in surface roughness as a function of machining feed direction, sandpaper grit size, and heat treatment for heat-treated *Eucalyptus grandis* wood at 190°C for 390 minutes.

In the literature, there is no information about the effect of heat treatment at 212°C for 1 h and 2 h according to ThermoWood method on surface roughness properties of scotch pine (*Pinus sylvestris* L.), oak (*Quercus petraea* L.) and beech (*Fagus orientalis* L.) wood. This study is thought to be positive for the furniture and timber industry.

2. Material and Method

2.1. Material

Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.), oak (*Quercus petraea* L.) and beech (*Fagus orientalis* L.) plank (55 cm x 10 cm x 2 cm) were taken from organized industrial zones of Duzce Forest Products, in Duzce City, Turkey. Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) is used utility poles, flooring, boxes/crates, posts, paper (pulpwood), and construction lumber (URL 1). Oak (*Quercus petraea* L.) is used furniture, cabinetry, flooring, interior trim, barrels, boatbuilding, and veneer (URL 2), and beech (*Fagus orientalis* L.) wood is used flooring, brushes, furniture, blocks, woodenware, handles, veneer and carpenters (Bozkurt and Erdin, 1997). Later, these specimens were conditioned to 12% moisture contents in climatic chamber at (20±2°C, 65±3%), relative humidity according to ISO 554 (1976) standard.

2.2.Method

2.2.1. Thermal Process Application

Heat treatment variations were applied according to ThermoWood process books (Anonymous 2003). ThermoWood® process was conducted at 212°C for 1 hour and 2 hours in Novawood factory in Gerede-Bolu City, Turkey. After, heat-treated wood specimens were kept to 12% moisture contents in a climatic chamber at 20±2°C and relative humidity of 65±5% (ISO 554, 1976).

2.2.2. Caliber Sanding Application

Heat treated and untreated specimens were applied to the calibrated abrasive machine with 180 grinding, at a carpenter workshop in organized industrial zones of Duzce Forest Products, in Duzce region, Turkey. After, samples were cut 10 cm x 10 cm x 2 cm. Heat treated and untreated specimens were kept in a conditioned room with 65±3% relative humidity and 20±2°C temperature until constant weight was achieved (ISO 554, 1976).

2.2.3. Surface Roughness Measurement

Surface roughness parameters (R_a , R_z and R_q) of wood specimens were performed by using Surface Roughness Tester TIME 3200 according to ISO 4287 (1997) standard (Fig. 1).



Figure 1. Surface Roughness Tester TIME 3200

2.2.4. Statistical Analysis

The surface roughness parameters (R_a , R_z and R_q) were measured using twenty replicates of each sample and an average value was determined for untreated and heat-treated samples. The SPSS 17 Software program was used.

3. Results and Discussions

Table 1 shows the changes in surface roughness R_a , R_z and R_q at varying treatment temperatures and durations. According to results, parameters R_a , R_z and R_q decreased for scotch pine, oak and beech wood heat treated when we focused comparison with the untreated example. R_a , R_z and R_q values for scotch pine and beech wood species and R_a and R_q for oak wood were decreased as the heat treatment time increased. The highest R_a , R_z and R_q values were obtained in the untreated oak wood samples and, R_a , R_z and R_q values were 6.86, 58.63 and 11.03, respectively. R_a , R_z and R_q values values of scotch pine wood type and, R_a and R_q values of oak wood type were similar to each other after the heat treatment time had increased from 1 hour to 2 hours. The lowest result for R_a , R_z and R_q values were obtained in beech wood type heat-treated at 212°C for 2 h. Similar results were also observed in another studies (Unsal and Ayrimis 2005; Korkut et al. 2008; Korkut and Guller 2008; Gunduz et al. 2008; Korkut and Budakci 2010; Korkut et al. 2013; Aytin et al. 2015). These decreases can be explained by hemicellulose degradation in the cell wall and due to the high temperature applied (Rusche 1973; Feist and Sell 1987).

Table 1. Results of the statistical analysis for surface roughness parameters

| Test | Wood Type | Duration | N | Mean | HG | Std. Deviation | Minimum | Maximum |
|---|--|---------------|----|-------|----|----------------|---------|---------|
| R_a | Scotch pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.) | Control | 20 | 5.16 | D | 0.38 | 4.36 | 5.97 |
| | | 212°C for 1 h | 20 | 4.40 | E | 0.27 | 3.99 | 4.71 |
| | | 212°C for 2 h | 20 | 4.32 | E | 0.61 | 3.16 | 5.05 |
| | Beech (<i>Fagus orientalis</i> L.) | Control | 20 | 6.09 | B | 0.50 | 5.33 | 7.25 |
| | | 212°C for 1 h | 20 | 3.54 | F | 0.21 | 3.28 | 4.02 |
| | | 212°C for 2 h | 20 | 2.69 | G | 0.08 | 2.52 | 2.83 |
| | Oak (<i>Quercus petraea</i> L.) | Control | 20 | 6.86 | A* | 1.01 | 5.54 | 9.56 |
| | | 212°C for 1 h | 20 | 5.60 | C | 0.69 | 4.49 | 7.10 |
| | | 212°C for 2 h | 20 | 5.47 | CD | 1.06 | 3.89 | 7.81 |
| R_z | Scotch pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.) | Control | 20 | 41.38 | C | 3.41 | 36.16 | 48.57 |
| | | 212°C for 1 h | 20 | 36.92 | D | 3.26 | 32.19 | 43.80 |
| | | 212°C for 2 h | 20 | 34.11 | DE | 5.21 | 23.08 | 40.01 |
| | Beech (<i>Fagus orientalis</i> L.) | Control | 20 | 46.85 | B | 4.59 | 42.15 | 61.24 |
| | | 212°C for 1 h | 20 | 31.17 | E | 3.35 | 23.49 | 37.19 |
| | | 212°C for 2 h | 20 | 21.77 | F | 1.38 | 18.89 | 24.61 |
| | Oak (<i>Quercus petraea</i> L.) | Control | 20 | 58.63 | A* | 6.07 | 47.83 | 69.93 |
| | | 212°C for 1 h | 20 | 50.14 | B | 7.52 | 41.14 | 65.41 |
| | | 212°C for 2 h | 20 | 55.54 | A | 13.60 | 37.57 | 84.78 |
| R_q | Scotch pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.) | Control | 20 | 6.90 | D | 0.36 | 6.44 | 7.64 |
| | | 212°C for 1 h | 20 | 5.82 | E | 0.37 | 5.27 | 6.48 |
| | | 212°C for 2 h | 20 | 5.58 | E | 0.79 | 4.01 | 6.29 |
| | Beech (<i>Fagus orientalis</i> L.) | Control | 20 | 8.18 | C | 0.58 | 7.58 | 9.67 |
| | | 212°C for 1 h | 20 | 4.82 | F | 0.38 | 4.06 | 5.47 |
| | | 212°C for 2 h | 20 | 3.49 | G | 0.08 | 3.32 | 3.60 |
| | Oak (<i>Quercus petraea</i> L.) | Control | 20 | 11.03 | A* | 1.40 | 9.46 | 14.87 |
| | | 212°C for 1 h | 20 | 9.90 | B | 1.58 | 6.86 | 12.17 |
| | | 212°C for 2 h | 20 | 9.87 | B | 2.22 | 6.26 | 12.78 |
| N: Number of measurements, HG: Homogeneity group, *: Highest value. | | | | | | | | |

4. Conclusions

According to obtained data, following results can be inferred;

- In this study, the changes in surface roughness parameters (R_a , R_z and R_q) of scotch pine, oak and beech wood heat treated (ThermoWood) and untreated species were determined.
- SPSS results were shown, R_a , R_z and R_q values decreased with the increase of heat treatment time in wood species.
- The R_a , R_z and R_q values of heat treated beech wood at 212°C for 2 h decreased too much in comparison with the untreated samples. Surface roughness for wood materials is important in the furniture industry. Heat-treated timbers can be used in outdoor furniture.

Acknowledgments

The author thank Hasep Wood Veneer Industry and Trade Inc. for wood materials, Novawood factory in Gerede - Bolu City, Turkey for heat treatment application. This work was submitted as an oral presentation in the 9th PRWAC (Pacific Regional Wood Anatomy Conference) & Annual Meeting IAWS (International Academy of Wood Science) 2017 in Bali, Indonesia.

References

- Anonymous, (2003), ThermoWood® Handbook, Finnish ThermoWood Association, Helsinki, Finland
- Aytin, A., Korkut, S., and Cakicier, N., (2015), Effect of heat treatment with ThermoWood method on some surface characteristic of wild cherry wood, UMK-2015, 539-554
- Bozkurt, Y., and Erdin., N., (1997), Ağaç Teknolojisi. Istanbul Üniversitesi Yayın No. 3998, Orman Fakültesi yayın No. 445, Istanbul.
- Gunduz, G., Korkut, S., and Korkut, D.S., (2008), 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, 2275–2280.
- Feist, W.C., Sell, J., (1987), Weathering behavior of dimensionally stabilized wood treated by heating under pressure of nitrogen gas. *Wood Fiber Sci* 19, 183–195.
- Rusche, H., (1973), Thermal degradation of wood at temperatures up to 200°C part I: strength properties of dried wood after heat treatment. *Holz Roh Werkst* 31: 273–281
- ISO 554, (1976), Standard atmospheres for conditioning and/or testing –specifications, International Standart Organization
- ISO 4287, (1997), Geometrical product specifications surface texture profile method terms, definitions and surface texture parameters, International Standart Organization.
- Korkut, D.S., Korkut, S., Bekar, I., Budakçı, M., Dilik, T., and Cakicier, N., (2008), The effects of heat treatment on the physical properties and surface roughness of Turkish Hazel (*Corylus colurna* L.) wood, *Int. J. Mol. Sci.*, 9: 1772-1783.
- Korkut, D.S., and Guller, B., (2008), The effects of heat treatment on physical properties and surface roughness of red-bud maple (*Acer trautvetteri* Medw.) wood, *Bioresource Technology*, 99: 2846–2851.
- Korkut, S., and Budakci, M., (2010), The effects of high-temperature heat-treatment on physical properties and surface roughness of rowan (*Sorbus aucuparia* L.) wood, *Wood Research*, 55(1):67-78.
- Korkut, D.S., Hiziroglu, H., and Aytin, A., (2013), Effect of heat treatment on surface characteristics of wild cherry wood, *BioResources* 8(2), 1582-1590.
- Palermo, G.P.M., Latorraca, J.V.F., Moura, L.F., Nolasco, A.M., Carvalho, A.M., and Garcia, R.A., (2014), Surface roughness of heat treated *Eucalyptus grandis* wood, *Maderas. Ciencia y tecnología*, 16(1), 3-12.
- Unsal, O., and Ayrimis, N., (2005), Variations in compression strength and surface roughness of heat-treated Turkish river red gum (*Eucalyptus camaldulensis*) wood, *WoodSci*, 51, 405–409.
- URL 1. The Wood Database, Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.), [http://www.wood-database.com/scots-pine/\(10.06.2018\)](http://www.wood-database.com/scots-pine/(10.06.2018)).
- URL 2. The Wood Database, Oak (*Quercus petraea* L.), [http://www.wood-database.com/sessile-oak/\(10.06.2018\)](http://www.wood-database.com/sessile-oak/(10.06.2018))