

Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Yongalarına Uygulanan Isıl İşlemin Üretilen Levhaların Formaldehit Emisyonu ve Yanma Özellikleri Üzerine Etkileri

Abdullah Beram^{1*}, Samim Yaşar¹, Aytaç Uz¹

Özet: Bu çalışmada, kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odunundan elde edilmiş yongalara 120, 160 ve 180 °C’lerde 2 saat süreyle ısıl işlem uygulanmış ve yongalardan levhalar üretilmiştir. Kızılçamın kontrol ve ısıl işlem görmüş yongalarından üretilen levhalarda perforatör yöntemi ile formaldehit emisyonu değerleri belirlenmiştir. Levhaların yanma özellikleri ise tek kaynaklı alev testi yardımıyla incelenmiştir. Kontrol yongalarından üretilen levhalardan itibaren uygulanan sıcaklık derecesi arttıkça ısıl işlem görmüş yongalardan üretilen levhalarda elde edilen formaldehit emisyonu değerlerinde sürekli yükselmenin gerçekleştiği gözlenirken, levhaların yanma izi değerlerinde sürekli düşüş tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, ısıl işlem görmüş yongalardan üretilen levhaların iç ortamlarda kullanılacak ürünlerde değerlendirildiği takdirde formaldehit emisyonu salımları bakımından ortamdaki hava kalitesi ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkinin artacağı anlaşılmıştır. Bununla birlikte, ısıl işlem görmüş yongalardan üretilen levhaların kısmen yanmaya dayanıklı dış yapılarda kullanılmasının önerilebileceği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Kızılçam, ısıl işlem, yongalevha, formaldehit emisyonu, tek kaynaklı alev testi.

Effects of Heat Treatment Applied to Brutian Pine (*Pinus brutia* Ten.) Particles on the Formaldehyde Emission and Burning Properties of Produced Boards

Abstract: In this study, particles obtained from brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) wood were heat-treated at 120, 160 and 180 °C for 2 hours and boards were produced from the particles. Formaldehyde emission values of boards produced from control and heat-treated particles of brutian pine were determined by perforator method. The burning properties of the boards were examined using a single source flame test. The continuous increase in the heat-treatment temperature led to the continuous increase in formaldehyde emission values obtained from the boards. A continuous decrease was observed in the burning trace values of the boards with the continuous increase in the heat-treatment temperature. The results showed that if the boards produced from heat-treated particles are evaluated in the products to be used in indoor environments, the negative impact on the ambient air quality and human health in terms of formaldehyde emission will increase. However, it has been observed that the boards produced from heat-treated particles may be used in partially fire-resistant exterior structures.

Keywords: Brutian pine, heat-treatment, particleboard, formaldehyde emission, single source flame test.

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

***Corresponding author (Sorumlu yazar):** abduallahberam@isparta.edu.tr

Citation (Atıf): Beram, A., Yaşar, S., Uz, A. (2021). Kızılcıçam (*Pinus brutia* Ten.) Yongalarına Uygulanan Isıl İşlemin Üretilen Levhaların Formaldehit Emisyonu ve Yanma Özellikleri Üzerine Etkileri. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 5 (1): 86-90.

1. GİRİŞ

Günümüzde mobilya ürünleri farklı yapısal alanlarda, çeşitli amaçlara yönelik kullanıma sahip olabilmektedirler. Ev ve iş yerlerine ait mekanlarda kullanılan mobilya ürünlerinin üretiminde çoğunlukla ahşap esaslı malzemeler düşük maliyetleri, alternatiflerine göre daha hafif olmaları, farklı renk ve desenlerde üretilebilmeleri, fiziksel, mekanik ve estetik özellikleri bakımından olumlu niteliklere sahip olmaları nedeniyle tercih konusu olmaktadır (Baumann vd., 2000; Bilgin, 2010; İstek vd., 2017a). Ev ve iş yerlerinin dışında, ahşap esaslı malzemeler inşaat, dekorasyon, köprü ve iskele yapımı ile taşımacılık sektöründe de kullanım alanı bulabilmektedir. Ahşap esaslı kompozit malzemeler, alternatifleri ile kıyaslandığında hem ekonomiklik hem de çeşitli teknik özelliklerinden kaynaklı olarak kullanım açısından bazı üstünlükler sergilemektedirler (Eroğlu ve Usta, 2000; Boran ve Usta, 2010; Hematabadi vd., 2012). Ahşap esaslı malzemeler, biyotik ve abiyotik etkiler sebebiyle boyutsal değişim, renklenme, çürüme, yapısal bozulma, direnç kayıplarına uğrayabilmektedirler. Yine, bu malzemelerin kolay tutuşmaları olumsuz yönleri olarak ortaya çıkmaktadır (Roffael, 2006; İstek vd., 2017b). Ahşap esaslı levha ürünlerinin üretiminde bağlayıcı olarak kullanılan üre formaldehit (ÜF), melamin formaldehit (MF) ve fenol formaldehit (FF) gibi tutkallardan kaynaklanan emisyonlar kullanım alanının şartlarına bağlı olarak çevre ve insan sağlığı açısından önemli sorunları beraberinde getirmektedir (Boran ve Usta, 2010; Özalp, 2010; İstek vd., 2018).

Ahşap kökenli panel üretiminde çoğunlukla kullanılan bağlayıcı grubunu formaldehit esaslı sentetik tutkallar oluşturmaktadır. Bu tutkallardan özellikle ÜF tutkalı Dünya levha üretiminin yaklaşık %90'ında kullanılmaktadır (Maloney, 1993). Formaldehit içerikli sentetik bağlayıcılarla üretilen levha ürünlerinin özellikle iç ortamlarda kullanılması sonucu oluşan formaldehit emisyonu salınımı ortamdaki hava kalitesinin düşmesine ve insan sağlığı bakımından önemli sorunlara sebebiyet verebilmektedir (Boran vd., 2011). Son kullanıcıların karşılaştığı bu riskin yanında, ahşap esaslı levha ürünlerinin elde edildiği üretim alanlarında çalışanların maruz kaldığı emisyon da ciddi riskleri beraberinde getirmektedir. Formaldehit emisyonu üretimin belli aşamalarında daha yoğun şekilde ortaya çıkmakta ve insan sağlığını maruz kalış şekli, ortamdaki derişimi ile maruz kalma süresine bağlı olarak etkisi değişmektedir. Formaldehit emisyonunun insanlar üzerinde, bağışıklık sistemini zayıflatıcı, kanseri tetikleyici, deri, göz ve solunum sisteminde ciddi alerjik reaksiyonlara neden olabilen

olumsuz etkileri dikkat çekmektedir (Özluoğlu ve İstek, 2015; İstek vd., 2018).

Ahşap esaslı kompozit malzemelerden kaynaklanan formaldehit emisyonu yaşam alanlarında insan sağlığını olumsuz etkileyen en önemli formaldehit kaynağını teşkil etmektedir. İnsanlar, bu söz konusu ürünlerin üretiminde ve devamında son kullanıcı olarak özellikle iç ortamlarda formaldehit emisyonunun olumsuz etkileri ile karşılaşmaktadırlar. Emisyon salınımı, özellikle değişken sıcaklık ve bağıl nem koşullarında levha üretimden sonra da sürmekte ve uzun süreler boyunca insan sağlığını tehdit etmektedir (Boran vd., 2012). Mobilya ve büro malzemeleri üretiminde sıkça faydalanan yongalevha ve lif levhalar en fazla formaldehit yayan ürünler olarak göz önüne gelmektedir. Yapılan çalışmalar formaldehit ve uçucu organik bileşiklerin yeni üretilmiş olan büro mobilyalarından aylarca yayılabildiğini göstermiştir (Aksakal vd., 2005). Bu sebeplerden dolayı formaldehit içeren tutkallarla üretilen ahşap esaslı levhaların formaldehit emisyonlarına sınırlamalar getirilerek emisyon değer sınıfları meydana getirilmiş ve beklenen değerler yasal yaptırımlarla güvence altına alınmaya başlanmıştır. Üretilen levha ürünlerinin formaldehit içeriği standartlarda belirlenen yöntemlerle tespit edildikten sonra, hangi emisyon sınıfına ait olduğu gösterilmeli ve buna bağlı olarak kullanım alanında değerlendirilmelidir. Bununla birlikte son kullanıcılar ve formaldehit esaslı ürünlerin üretiminde çalışanlar hala bir kısım hastalık ve kanser riskleriyle karşılaşabilmektedirler (Özluoğlu ve İstek, 2015).

Ahşap malzemenin özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar “odun modifikasyon yöntemleri” başlığı altında toplanmıştır. İyileştirmeye yönelik uygulanan yöntemlerden birisi termal bir modifikasyon yöntemi olarak tanınan ısıl işlem tekniğidir. Isıl işlemin en önemli olumlu yönleri, proses sırasında herhangi bir kimyasal maddenin kullanılmaması ve bu nedenle de çevrenin herhangi bir zarara uğratılmamasıdır (Mayes ve Oksanen, 2002; Hill, 2006; Korkut vd., 2008).

Isıl işlem esnasında, ahşap malzemenin kimyasal bileşenlerinin yüksek sıcaklıklarda bozunmaya uğratılmasıyla, elde edilen ürünlerin boyutsal kararlılığında iyileşmeye ulaşabilmektedir. Yine, ısıl işleme bağlı olarak ahşap malzemenin kimyasal bileşiminde oluşan değişimler ürünün renk, yüzey, fiziksel ve mekanik özellikleri yanı sıra formaldehit emisyonu üzerine önemli ölçüde etkilerde bulunabilmektedir (Bourgeois vd., 1989; Obataya vd., 2000; Schafer ve Roffael, 2000; Ünsal ve Ayrılmış, 2005; Gündüz vd., 2007, 2008; Perçin ve Özalp, 2009; Özcan vd., 2012; Özdemir, 2016; Altun ve Esmer, 2017; Güler, 2019).

Levha üretiminde kullanılan kontrol ve ısı işlem görmüş kızılçam yongalarının termogravimetrik analizleri sonucu elde edilen termogramlarda, kontrol numunesine kıyasla ısı işlem görmüş numuneler için uygulanan ısı işlem sıcaklığının artırılmasına bağlı olarak, esas bozunma bölgesinde kütle kaybının giderek azaldığı saptanmıştır. Bu durum, ısı işlem görmüş numunelerin daha yüksek termal stabiliteye sahip olduğunu ortaya koymuştur (Yaşar vd., 2020).

Bu çalışmada, kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odunundan elde edilmiş ve laboratuvar ortamında 120, 160 ve 180 °C’de ısı işleme tabi tutulmuş yongalardan üretilen levhaların yangın yalıtım özellikleri incelenmiş, ayrıca yongalara uygulanan ısı işlem derecelerinin üretilen levhalardaki formaldehit emisyonu üzerine etkileri değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışma materyalini teşkil eden kızılçam odunu yongaları, tutkal (ÜF) ve sertleştirici (amonyum klorür) ORMA A.Ş./Isparta firmasından temin edilmiştir. Kullanılan ÜF tutkalının özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. ÜF formaldehit tutkalının özellikleri

| Özellikler | ÜF Tutkalı |
|--------------------------------------|-------------|
| Katı madde oranı (%) | 65±1 |
| Yoğunluk (g/cm ³) | 1.27 - 1.29 |
| pH (25°C) | 7.5 - 8.5 |
| Viskozite, (cps, 25 °C) | 150 - 200 |
| Jelleşme süresi (s, 100 °C) | 25 - 30 |
| Kullanma süresi (gün, 25 °C) | 60 |
| Akışkanlık süresi (s, 25 °C) | 20 - 30 |
| Serbest CH ₂ O (maks) (%) | 0.19 |

2.2. Yöntem

Kızılçam yongalarına laboratuvar ortamında etüvde 120, 160 ve 180 °C’de 2 saat süreyle ayrı gruplar halinde ısı işlem uygulanmıştır. Kızılçamın, kontrol ve ısı işlem görmüş yongalarından levhalar Yaşar vd. (2020)’ye göre üretilmiştir.

Levhaların formaldehit emisyonunun ölçümünde perforatör yöntemi TS EN ISO 12460-5 (2016) standardına göre uygulanmıştır.

Levhalara uygulanan tek kaynaklı alev testi, TS EN ISO 11925-2 (2011) standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Levhalar 90 x 250 mm boyutlarda hazırlanarak dikey konumdaki düzeneğe mandallarla tutturulmuştur. Test, levhanın alt orta kenarından 45° eğimle 20 mm mesafede 30 saniye boyunca uygulanmıştır. Tek kaynaklı alev testi sonucunda levhalarda elde edilen yanma izleri ImageJ görüntü analiz programında değerlendirilmiştir.

Çalışmada elde edilen verilere istatistiksel analiz MiniTab 16 programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Basit varyans analizi (Anova Testi) ile istatistiksel açıdan farklılığın ortaya çıkması durumunda Duncan testine geçilmiş ve farklı gruplar belirlenmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Perforatör yöntemi ile elde edilen yongalevhalarla ait formaldehit emisyonu değerleri Çizelge 2’de gösterilmiştir. Emisyon değerlerinde p<0.05 düzeyinde istatistiksel açıdan farklılık belirlenmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre levhalara ait emisyon değerleri 4 ayrı homojen grup oluşturmuştur. Emisyon değerleri 8.04 mg/100 g ile 11.38 mg/100 g aralığında yer almıştır. Yongalara uygulanan ısı işlemin sıcaklık derecesi artırıldıkça üretilen levhaların formaldehit emisyon değerlerinin kontrol grubu levha değerlerinden itibaren sürekli yükseldiği kaydedilmiştir. Formaldehit emisyonu değerleri, kontrol yongalarından üretilen levhalara göre 120 °C’de işlem görmüş yongalardan üretilen levhalarda %13.43, 160 °C’de işlem görmüş yongalardan üretilen levhalarda %30.35 ve 180 °C’de işlem görmüş yongalardan üretilen levhalarda %41.54 artış göstermiştir.

Çizelge 2. Levhaların formaldehit emisyonu değerleri

| Levha Tipi | Formaldehit Emisyonu (FE) (mg/100 g) | | Duncan Testine Göre Homojen Gruplar | FE Değerindeki Değişim (%) |
|------------|--------------------------------------|----------------|-------------------------------------|----------------------------|
| | Ortalama | Standart Sapma | | |
| Kontrol | 8.04 | 0.02 | a | -- |
| 120 °C | 9.12 | 0.03 | b | 13.43 |
| 160 °C | 10.48 | 0.04 | c | 30.35 |
| 180 °C | 11.38 | 0.01 | d | 41.54 |

Ahşap malzemenin ısı işleme tabi tutulması hücre çeperinin kimyasal bileşenlerinin modifiye olmasına sebebiyet vermektedir. Isıl işlemde en fazla düzeyde etkilenen kimyasal bileşenler sırasıyla hemiselülozlar, selüloz ve lignindir. Isıl işlem sonucu ahşap esaslı materyalde holoselüloz (selüloz + hemiselülozlar) oranında düşüş görülürken, lignin oranında artış gözlemlendiği belirtilmiştir (Yıldız ve Gümüşkaya, 2007; Ateş vd., 2009, 2010; Yaşar vd., 2020).

Lignin ve hemiselülozların formaldehit emisyonu salınımına potansiyel sergilediği ortaya konmuş, özellikle ligninin, selüloz ve hemiselülozlardan daha yüksek düzeyde formaldehit emisyonuna katkı sağladığı belirtilmiştir. Dahası, ahşap malzemeye uygulanan ısı işlemin polisakaritlerin formaldehit emisyonuna desteğini artırdığı rapor edilmiştir (Schafer ve Roffael, 2000).

Söz konusu literatür bilgilerinin, çalışmamızda elde edilen formaldehit emisyonu değerlerinin yongalara uygulanan ısı işlemin sıcaklık derecesi artırıldıkça üretilen levhalarda, kontrol yongalarından elde edilen levhalardan itibaren sürekli artış göstermesini desteklediği görülmüştür.

Kontrol ve ısı işleme tabi tutulmuş kızılçam yongalarından üretilen levhaların tek kaynaklı alev testi sonuçları Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Levhaların tek kaynaklı alev testi sonuçları (A:Kontrol, B: 120 °C, C:160 °C ve D:180 °C)

Yanma izi değerlerinde $p < 0.05$ düzeyinde istatistiksel açıdan farklılaşma tespit edilmiş ve Duncan testi levhalara ait yanma izi değerlerini 4 ayrı homojen gruba ayırmıştır. Yanma izinde, kontrol yongalarından üretilen levhalara göre 120 °C'de işlem görmüş yongalardan üretilen levhalarda %16.5, 160 °C'de işlem görmüş yongalardan üretilen levhalarda %29.6 ve 180 °C'de işlem görmüş yongalardan üretilen levhalarda %36 düşüş meydana gelmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Levhaların tek kaynaklı alev testi değerleri

| Levha Tipi | Yanma izi (cm) | | Duncan Testine Göre Homojen Gruplar | Yanma İzindeki Değişim (%) |
|------------|----------------|----------------|-------------------------------------|----------------------------|
| | Ortalama | Standart Sapma | | |
| Kontrol | 9.94 | 0.34 | a | -- |
| 120 °C | 8.30 | 0.25 | b | -16.5 |
| 160 °C | 7.00 | 0.19 | c | -29.6 |
| 180 °C | 6.36 | 0.11 | c, d | -36 |

Yaşar vd. (2020) çalışmalarında, kızılçamın kontrol, 120, 160 ve 180 °C'de ısıtılma işlemi görmüş yongalarına TGA ve DTG analizleri gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak, kontrol yongalarına kıyasla, ısıtılma işlemi görmüş yongalarda ısıtılma uygulamasının sıcaklığının artırılmasına bağlı olarak, esas bozunma bölgesinde kütle kaybının giderek azaldığı görülmüştür. Isıtılma işleminin özellikle yongalardaki hemiselüloz daha ilerisinde selüloz miktarında kayba neden olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte, ısıtılma işlemi görmüş yongaların daha yüksek termal stabiliteye sahip olduğunu göstermişlerdir. Çalışmamızda elde edilen yanma izi değerlerinin kontrol yongalarından elde edilmiş levhalardan itibaren ısıtılma sıcaklığının artışına bağlı olarak üretilen levhalarda azalması literatür ile uyumluluk göstermiştir. Yongalara uygulanan ısıtılma işleminin, üretilen levhaların yanmaya dayanımını artırdığı görülmüştür.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada, kızılçamdan elde edilen yongalara 120, 160 ve 180 °C'lerde ısıtılma işlemi uygulanmış, öncelikle yongalardan elde edilen levhalarda formaldehit emisyonu değerleri ölçülmüş, devamında tek kaynaklı alev testi uygulanarak levhaların yanma özellikleri incelenmiştir. Yongalara uygulanan ısıtılma işlemi sıcaklık derecelerinin artışına bağlı olarak üretilen levhalarda kontrol yongalarından üretilen levhalardan itibaren formaldehit emisyonu değerlerinde sürekli artış görülürken, levhaların yanma izi değerlerinde sürekli düşüş belirlenmiştir. Çalışma, ısıtılma işlemi görmüş yongalardan üretilen levhaların iç ortamlarda kullanılacak ürünlerde değerlendirilmesinin kontrol yongalarından üretilen levhalara oranla formaldehit emisyonu salınımı bakımından ortamdaki hava kalitesini ve insan sağlığını daha fazla olumsuz etkileyeceğini göstermiştir. Buna karşın ısıtılma işlemi görmüş yongalardan üretilen levhaların kısmen yanmaya dayanıklı dış yapılarda kullanılması önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Aksakal, F.N., Vaizoğlu, A.S., Güler, Ç. (2005). Mobilyalardaki Kimyasallar ve Sağlık Etkileri, *Sted*, 14(12), 268-272.
- Altun, S., Esmer, M. (2017). Isıtılma işleminin bazı ağaç malzemelerde yüzey pürüzlülüğü ve vernik yapışma direncine etkisi. *Politeknik Dergisi*, 20(1), 231-239.
- Ateş, S., Akyıldız, M.H., Özdemir, H. (2009). Effects of heat treatment on calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) wood. *Bioresources*, 4(3), 1032-1043.
- Ateş, S., Akyıldız, M.H., Özdemir, H., Gümüşkaya, E. (2010). Technological and chemical properties of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) wood after heat treatment. *Romanian Biotechnological Letters*, 15(1), 4949-4958.
- Baumann, M.G.D., Lorenz, L.F., Batterman, S.A., Zhang, G.Z. (2000). Aldehyde Emission From Particleboard and Medium Density Fiberboard Products. *Forest Product Journal*, 50(9), 75-82.
- Bilgin, Y. (2010). Türkiye'de Masif Panel Sektörünün Yapısal Durumu ve Ağaç İşleri Endüstrisindeki Kullanım Olanakları. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Boran, S., Usta, M. (2010). Odun Esaslı Panellerde Açığa Çıkan Formaldehit ve Formaldehit Sınırları Hakkında Bilgiler. 3.Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi, Cilt:5, 1968-1975.
- Boran, S., Usta, M., Gümüşkaya, E. (2011). Decreasing Formaldehyde Emission From Medium Density Fiberboard Panels Produced By Adding Different Amine Compounds to Urea Formaldehyde Resin. *International Journal Of Adhesion and Adhesive*, 31, 674-678.
- Boran, S., Usta, M., Ondaral, S. ve Gümüşkaya, E. (2012). The Efficiency of Tannin as a Formaldehyde Scavenger Chemical In Medium Density Fiberboard. *Composites Part B: Engineering*, 43(5), 2487-2491.

- Bourgois, J., Bartholin, M.C., Guyonnet, R. (1989). Thermal Treatment of Wood: Analysis of The Obtained Product. *Wood Science and Technology*, 23(4), 303-310.
- Eroğlu, H., Usta, M. (2000). Lif Levha Üretim Teknolojisi, KTÜ Orman Fakültesi Genel Yayın No:200, Fakülte Yayın No:30, 152 p, Trabzon.
- Güler, G. (2019). Kanola (*Brassica napus* L.) saplarından üretilen yongalevhaların termal, yanma ve yüzey pürüzlülük özellikleri. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 3(2), 114-120.
- Gündüz, G., Korkut, S., Korkut, D. S. (2007). The effects of heat treatment on physical and technological properties and surface roughness of Camiyanı Black Pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) wood. *Bioresource Technology*, 99(7), 2275–2280.
- Gündüz, G., Niemz, P., Aydemir, D. (2008). Changes in specific gravity and equilibrium moisture content in heat-treated fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf.) wood. *Drying Technology*, 26(9), 1135–1139.
- Hematabadi, H., Behrooz, R., Shakibi, A., Arabi, M. (2012). The Reduction of Indoor Air Formaldehyde From Wood Based Composites Using Urea Treatment for Building Materials. *Construction and Building Materials*, 28:743-746.
- Hill, C. A. S. (2006). *Wood modification: chemical, thermal and other processes*. John Wiley and Sons Ltd., 232 p, England.
- İstek, A., Özlüsoylu, İ., Çelik, S., Gönül, Ş. (2017a). Ahşap Esaslı Levha Sektöründe Kullanılan Yanma Geciktiriciler. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 389-399.
- İstek, A., Yalcinkaya, G., Özlüsoylu, İ. (2017b). The Effect of Some Boron Compounds on Physical and Mechanical Properties of Particle Board. *International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies*, 526 p.
- İstek, A., Özlüsoylu, İ., Bakar, S., Öz, E. (2018). Tutkal Çözeltilisine Üre İlavasının Formaldehit Emisyonu ve Levha Özelliklerine Etkisi. II. International Scientific and Vocational Studies Congress, Kırıkkale, 824-830.
- Korkut, D.S., Korkut, S., Bekar, İ., Budakçı, M., Dilik, T., Çakıcıer, N. (2008). The effects of heat treatment on the physical properties and surface roughness of Turkish Hazel (*Corylus colurna* L.) wood. *International Journal of Molecular Sciences*, 9(9), 1772–1783.
- Maloney, T.M. (1993). *Modern Particleboard and Dry-Process Fiberboard Manufacturing*. Miller Freeman Publications, San Francisco, CA, USA.
- Mayes, D., Oksanen, O. (2002). *Thermowood Handbook*, Finnforest, Finland, 5-15.
- Perçin, O., Özalp, M. (2009). Yongalevhalara Uygulanan Isıl İşleminin Teknolojik Özelliklerine Etkileri, e-
Journal of New World Sciences Academy ,*Technological Applied Sciences*, 2A0014, 4, (2), 163-172.
- Obataya, E., Tanaka, F., Norimoto, M., Tomita, B. (2000). Hygroscopicity of heat-treated wood 1. Effects of after-treatments on the hygroscopicity of heat-treated wood. *Journal of Wood Science*, 46(2), 77–87.
- Özalp, M. (2010). The Effect of Borax Pentahydrate Addition to Urea Formaldehydeon the Mechanical Characteristics and Free Formaldehyde Content of Medium Density Fiberboard (MDF), *Eur. J. Wood Prod.*, 68:117–119
- Özcan, S., Özçifçi, A., Hızırnoğlu, S., Toker, H. (2012). Effects of heat treatment and surface roughness on bonding strength. *Construction and Building Materials*, 33, 7-13.
- Özdemir, F. (2016). Orta Yođunluklu Lif Levhanın (MDF) Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Isıl İşlemin Etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(3), 57-61.
- Özlüsoylu, İ., İstek, A. (2015). Mobilya Üretiminde Kullanılan Panellerden Salınan Formaldehit Emisyonu ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. *Selçuk Üniversitesi Selçuk-Teknik Dergisi*, Özel Sayı-1 (UMK-2015), 213-227.
- Roffael, E. (2006). Volatile Organic Compounds And Formaldehyde in Nature Wood and Wood Based Panels. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 64, 144-149.
- Schafer, M., Roffael, E. (2000). On the formaldehyde release of wood. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 58, 259–264.
- TS EN ISO 11925-2 (2011). Yangın dayanımı deneyleri- Alev doğrudan maruz kaldığında tutuşabilirlik - Bölüm 2: Tek alev kaynağıyla deney, TSE, Ankara.
- TS EN ISO 12460-5 (2016). Ahşap esaslı levhalar- Formaldehit salınımının belirlenmesi- Bölüm 5: Ekstraksiyon yöntemini (perforatör yöntemi olarak adlandırılan), TSE, Ankara.
- Ünsal, Ö., Ayrılmış, N. (2005). Variations in compression strength and surface roughness of heat-treated Turkish river red gum (*Eucalyptus camaldulensis*) wood. *Journal of Wood Science*, 51(4), 405-409.
- Yaşar, S., Uz, A., Beram, A. (2020). Isıl İşlem Görmüş Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) Yongalarından Üretilen Levhaların Bazı Özellikleri. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 4 (1): 14-20.
- Yıldız, S., Gümüşkaya, E. (2007). The effects of thermal modification on crystalline structure of cellulose in soft and hardwood. *Building and Environment*, 42(1), 62-67.