



Türkiye’de Isıl İşlemin Ağaç Malzeme Üzerine Etkisi Konusunda Yapılan Çalışmaların Değerlendirilmesi

Göksel ULAY¹, Süleyman KORKUT², Nevzat ÇAKICIER²

Özet

Odunun ısıyla muamelesi eski çağlardan beri bir kurutma metodu ve ahşap malzeme özelliklerinin değiştirilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Günümüzde de ısıyla muamele aynı nedenlerden dolayı kullanılmaktadır. Isıl işlem süresince, sıcaklık ve süre arttıkça odun hücre çeperindeki hidroksil gruplarında meydana gelen azalma; odunun su almasını, denge rutubetinin düşmesini ve boyutsal stabilizasyonunda farklı oranlarda iyileşme sağlayabilmektedir. Bu değişiklikler sonucunda malzemenin kullanım yerinde göstermesi gereken dayanım özelliklerinde farklılaşmalar gerçekleşmektedir. Malzemenin kullanım yerine uygun direnç ve dayanım özellikleri göstermesi malzeme seçiminde önemli bir etkidir. Ağaç malzemenin farklı parametreler kullanılarak ısıl işleme tabi tutulması sonucundaki verilerin ortaya çıkarılması oldukça önem arz etmektedir. Geçmişten günümüze kadar ülkemizde ağaç malzemeye yönelik ısıl işlem uygulamalarındaki bilimsel gelişmeler kronolojik sıra göz önünde tutularak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Isıl işlem, Ağaç malzeme, Modifikasyon, Boyutsal stabilite, Fiziksel değişim

Evaluation of the Studies on the Effect of Heat Treatment on Wooden Material in Turkey

Abstract

Treatment of wood with heat is a drying method and it has been used to change the properties of wooden materials since ancient ages. In our day, treatment with heat is used for the same purposes. During the process, the decrease of hydroxyl groups in wood’s cell wall as a result of increasing heat and extended time can cause the wood to take water, decrease the equilibrium humidity and improve the dimensional stabilization at different levels. As a result of these changes, there are differentiations in resistance properties displayed by the material in place of use. Displaying resistance and strength properties suitable for the place of use is an important factor in material selection. It has vital importance to reveal the data resulted by heat-treating wooden materials using different parameters. The scientific developments in heat treatment applications on wooden material in Turkish literature have been examined chronologically.

Key words: Heat treatment, Wooden material, Modification, Dimensional stability, Physical changes

Giriş

Odunun ısıyla muamelesi eski çağlardan beri bir kurutma metodu ve ahşap malzeme özelliklerinin değiştirilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Günümüzde de ısıyla muamele aynı nedenlerden dolayı kullanılmaktadır (Aydemir ve ark. 2010). Isıl işlem bir termal modifikasyon yöntemi olarak ele alındığında, odunun 100–250°C’ler arasında normal atmosfer, azot gazı veya herhangi bir inert gaz ortamında belli bir süre bekletilmesi olarak anlaşılmaktadır. Odunun ısıl işleme tabi tutulması 3 amaca yönelik olarak uygulanmaktadır. Bunlardan birincisi odunun rutubet alışverişini azaltmak, yani oduna boyutsal stabilite kazandırmak, diğeri odun tahrip edici organizmalara karşı odunun biyolojik direncini arttırmaktır. Bunun yanında ısıl işleme odunda denge rutubeti miktarını düşürmek, permabiliteyi arttırmak, üst yüzey işlemlerinin performansını yükseltmekte mümkündür (Yıldız, 2002; 2005).

¹Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van Meslek Yüksekokulu, Mobilya Dekorasyon Bölümü, Zeve Kampüsü, Van

²Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Konuralp Yerleşkesi, Düzce

Isıl işlem kimyasal kullanmadan ağaç malzemenin modifikasyonu için kullanılan bir yöntemdir ve endüstriyel anlamda Türkiye’de yeni uygulanmaya başlamıştır. Endüstriyel önemi olan yerli ağaç türlerinin ısıl işlem sonrası teknolojik özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin bilinmesi hem endüstriyel hem de akademik anlamda önemlidir (Özçifçi ve ark., 2009). Isıl işlem ahşabın boyutsal sabitliği arttırmak için uygulanan odun modifikasyon yöntemlerinin başında gelmektedir (Korkut, 2009).

Isıl işlem süresince, sıcaklık ve süre arttıkça hidroksil gruplarında meydana gelen azalma; odunun su almasını, denge rutubetinin düşmesini ve boyutsal sabitliği farklı oranlarda iyileşmesini sağlayabilmektedir. Buna karşın; odunu oluşturan polimerlerden özellikle hemiselülozlarda meydana gelen parçalanmayı 200°C’den sonra başlayan selüloz degradasyonu takip eder. Bunun sonucunda özellikle 200°C sıcaklıkların üzerinde mekaniksel ve teknolojik özelliklerde %15-75 arasında düşüşler meydana gelebilmektedir. Bu yüzden, ısıl muameleye geçilmeden bu değişimler göz önünde bulundurulmalıdır (Aydemir ve ark., 2010).

Isıl işlem uygulanmış kereste bina dış cephe kaplaması, iç mekân 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 mekân mobilyaları ve müzik aletleri yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca, ısıl işlem uygulanmış kereste yapı endüstrisinde kullanım için büyük bir potansiyele sahiptir.

Gün geçtikçe gelişen ve teknolojiyi daha fazla kullanan sektör haline gelen orman ürünleri endüstrisinde ileri teknoloji kullanımı bakımından da ısıl işlem konusu hayli önem arz etmektedir. Ham maddenin kısıtlı olması ve orman kaynakların daha verimli ve akılcı kullanımı açısından değerlendirilmesine katkı yapan ısıl işlem teknolojisinin daha bilimsel yöntem ve tekniklerle yapılması için Türkiye de yapılmış ve Türkçe olarak yayınlanmış bilimsel çalışmalara ve sonuçlarına yer verilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, orman ürünlerine dayalı üretimin arttığı ülkemizde bugüne kadar odun malzemesine uygulanan ısıl işlem teknolojisi ile ilgili bugüne kadar ülkemizde yapılmış akademik çalışmalar incelenerek özetlerine yer verilmiştir. Yapılan çalışmalardan elde edilen önemli sonuçları ortaya koymak ve tartışarak güncel sorunların çözümü için önerilerin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Literatür Özeti

Odun malzemesinin ısıl işleme tabii tutulması ile ilgili ülkemizde yapılan tüm çalışmalar gözden geçirilerek özetlerine zaman içerisindeki gelişimi esas alınarak yer verilmiştir. Çalışmalarda elde edilen ve önemli görülen sonuçlar özetlenerek bu bölümde ortaya konulmuştur.

Odunun mekanik ve teknolojik özelliklerinde ısıl işlem ile meydana gelen geri dönüşümsüz değişmelerin odunun kimyasal yapısının ısı ile termal bozunmaya uğramasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Termal bozunmayla en çok etkilenen mekanik direnç özellikleri şok ve eğilme dirençleri, en az etkilenen ise eğilmede elastikiyet modülü olduğu bildirilmiştir (Yıldız, 2002).

Dişlitaş ve ark. (2006) yaptığı çalışmada, ahşap ambalaj malzemelerindeki zararlı organizmaların yok edilmesi amacıyla, ISPM 15 standardına uygun olarak bilgisayar destekli, PLC kontrollü bir ısıl işlem sistemi geliştirilmiş ve geliştirilen sistemin çalışması incelenmiştir. Isıl işlem uygulamasının raporlanması amacıyla, belirlenen sıcaklık ve nem ölçüm noktası seçimlerine ait Sıcaklık-Zaman ve Nem-Sıcaklık grafikleri, ölçülen ve hesaplanan ısıl işlem verileri grafik destekli olarak ekran ve yazıcıya verilebilmektedir. Ayrıca veriler veritabanında tutulduğundan, istenildiğinde geçmişe yönelik olarak incelemelerin yapılması ve raporların alınması da mümkün olmaktadır. Bu özellikler sayesinde sistemin kullanılabilirliği artırılmıştır. Geliştirilen sistem ve yazılımı sayesinde, ahşap

ambalaj malzemelerindeki zararlı organizmaların yok edilmesine yönelik ısıtma işlem uygulamasının kolay, hızlı ve güvenilir olarak yapılabildiği bildirilmiştir.

Aydemir (2007) yüksek lisans çalışmasında, Gökner ve Gürgen odunlarına 210°C'de 12 saat ısıtma işlem uygulandığında basınç direncinin gürgende %25.81 ve göknarda %24.46, Brinell sertlik değerlerinin göknarda enine kesitte %41.13, radyal kesitte %44.76, teğet kesitte %38.92 ve gürgende enine kesitte %37.47, radyal kesitte %54.45, teğet kesitte %53.59 azaldığı ifade edilmiştir.

Karakaş (2008) yüksek lisans çalışmasında, ısıtma işlem görmüş Ahlat odununun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde ısıtma işlemin etkisini araştırmıştır. Bunun için, 2 farklı zaman (160, 180°C) ve 3 farklı muamele süresi (2, 4 ve 6 saat) atmosferik şartlar altında (\pm hassaslıkta) uygulanmıştır. Bu çalışmada, %50, 65, 85 bağıl nem ortamlarında rutubet içeriğine, parlaklık, renk değişimi ve boyutsal kararlılık ısıtma işlem sonrası belirlenmiş ve ayrıca mekanik özellikleri (Eğilme direnci, elastikiyet modülü ve basınç direnci) ısıtma işlem sonrası bulunmuştur. Araştırma sonucunda elde edilen veriler, varyans analizi kullanılarak analiz edilmiş ve Tukey testi yapılmıştır. Sonuçta fiziksel özelliklerde iyileşme görülürken, mekanik özelliklerde kayıp gözlenmiştir. 6 saatte mekanik özelliklerdeki düşüş, 2 ve 4 saattekinden daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

Aydemir ve Gündüz (2009) yaptıkları çalışmada, ahşabın fiziksel, kimyasal, mekanik ve biyolojik özellikleri üzerine ısıtma muamelesinin etkisi araştırılmıştır. Yüzyıllardır odunun yüzeyinin yakılmasının, odunun dış ortamda kullanımında daha fazla direnç sağladığı bilinmektedir. Vikingler çit gibi dış ortamda kullanılan ahşap materyalleri bu metot yardımıyla korumaya çalışmışlardır. Bu konuda bilimsel çalışmalar Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi (VTT) tarafından yapılmıştır. Isıtma muamele süresince, odun materyal odun su buharının korunması altında ısıtılmaktadır. Su buharı odunun korunması yanında odundaki kimyasal değişim üzerinde de önemli etkisi vardır. Bu muamele sonucunda çevreye dost olan ısıtma muamele edilmiş odun üretilmiş olur. Yıllık satış oranlarına bakıldığında özellikle gelişmiş ülkelerde ısıtma muamele görmüş ahşap materyalin ciddi seviyelerde kullanıldığı görülmektedir. Bu yüzden, ülkemizde de ısıtma işlemin alternatif bir odun koruma ve bir odun modifikasyon yöntemi olarak ele alınması gerekmektedir. Dış ortama ya da çürümeye karşı daha iyi bir koruma arzu edildiğinde ısıtma işlem sıcaklığı 200°C üzerinde, iç mekânlarda kullanımlar için ise 200°C altındaki sıcaklıklarda uygulanmaktadır. Genellikle İYA türleri YA göre daha güç muamele edilmektedir. Kullanım yeri olarak rutubetten korunması gereken bahçe mobilyasında, pencere kapı duvar yapımında, çit kazıklarında, zemin ve duvar kaplamalarında, dış yüzey kaplamalarında, bazı binaların yapımında (dekorasyon amaçlı) ve özellikle yüksek bağıl nemin bulunduğu saunalarda kullanılabildiğini bildirmişlerdir.

Ayrıca araştırma sonucunda yüksek sıcaklıklarda muamele edilmiş odun, muamele görmemiş odunun sahip olduğu birçok dezavantajı iyileştirildiğini ve bu sayede su ve sıcak buharla 1. dereceden temas halinde olan yerlerde kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Fakat bu muamele süresince direnç kayıpları meydana geldiği için yük kaldırarak yerlerde kullanılması tavsiye edilmemektedir.

Özçifçi ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada, sarıçam odunu 4 saat, 6 saat ve 8 saat süre ile 150 °C, 170 °C ve 190 °C sıcaklıkta ısıtma işleme tabi tutulmuştur. Deneylerde ısıtma işlem görmüş sarıçamın eğilme elastikiyet modülü (EM), eğilme direnci (ED), basınç direnci (BD), ağırlık kaybı (AK), toplam renk değişimi (ΔE^*) ve hacimsel şişme (HŞ) değerleri belirlenmiştir. Test sonuçlarına göre ısıtma işlem sarıçamın EM ve ED değerlerini düşürürken, BD değerini arttırmıştır. En fazla etkilenen mekanik direnç ED olmuştur. Isıtma işlem sarıçamın renginde koyulaşmaya neden olurken hacimsel şişmesi yaklaşık %50 azalmıştır. Isıtma işlemin sıcaklığı ve uygulama süresi arttıkça, tüm bu özelliklerdeki değişim miktarı da artmıştır. Isıtma işlem sarıçamın eğilme direnci ve elastikiyet modülünde azalmaya neden olurken basınç

direncinde artışa neden olmuştur. Mekanik dirençler arasında ısı işlem uygulamasından en fazla eğilme direnci etkilenmiştir. Bu sonuçlara göre, mekanik direncin önemli olduğu yük taşıyıcı yapı elemanlarında, yüksek sıcaklıkta ve uzun süre ısı işlem uygulanmış ağaç malzemenin kullanımı uygun olmayabilir. Ancak herhangi bir kimyasal kullanılmadan hacimsel genişlemenin yaklaşık %50 düşürülebilmesi, ısı işlem uygulanmış sarıçamın özellikle boyutsal kararlılığın önemli olduğu rutubetli ortamlarda kullanılma imkânını arttıracığı bildirilmiştir.

Korkut (2009) yaptığı çalışmada, ülkemizde doğal olarak yetişen ve potansiyel kullanım alanlarına sahip gürgen yapraklı kayacık odununun bazı mekanik özellikleri üzerine farklı sıcaklık (120°C, 150°C ve 180°C) ve sürelerde (2 saat, 6 saat ve 10 saat) uygulanan ısı işlemin etkisini incelemiştir. Mekanik özelliklerden liflere paralel çekme direnci, makaslama direnci ve yarıma direnci tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda; ısı işlem sıcaklık ve süresi arttıkça mekanik özelliklerinin %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak azaldığı tespit edildiği bildirilmiştir.

Korkut ve Kocaefe (2009) tarihe baktığımızda, ahşap içinden kilise inşaatına kadar geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Ancak ahşap ile çalışırken nem içeriğindeki değişme sebebiyle anizotropik daralma ve genişleme kombinasyonunda higroskopik özellikler sergilemesi bazı sakıncalar ortaya çıkarır. Boyutsal stabilitedeki probleme ilaveten biyolojik saldırılar da önem arz etmektedir. Ahşabı mantar ve böceklere karşı korumak için zehirli kimyasal maddelerle empenye edilmesi yaygın olarak kullanılan koruma metotlarından birisidir. Ancak bu şekilde koruma; diğer organizmalar için zehirli olması, boyutsal stabiliteyi önlememesi veya boyutsal stabilite sağlayan empenye metotlarının pahalı olması ve bu maddelerin çevreye etkilerinin sorgulanabilir olması nedeniyle dezavantajlara sahiptir. Son 20 yılda çevresel farkındalıktaki artma nedeniyle çevreye zararlı empenye maddelerinin kullanımında gittikçe artan şekilde kısıtlamalar ortaya çıkmaktadır. Bu durum keresteyi biyolojik bozunmaya karşı koruyan ve boyutsal stabilitesini arttıran çevreye dost yeni metotların gelişmesine yol açmıştır. Bu çalışmada; “ısı işlem uygulaması süresince odunda neler oluyor?” ve “ısı işlem uygulaması odun özelliklerini nasıl etkiliyor?” sorularına cevaplar aranarak ısı işlem hakkında temel bilgiler verilmiştir.

Aydemir ve ark. (2010) yaptığı çalışmada, şimdiye kadar çok fazla üzerinde durulmamış bir konu olan aynı cinsin farklı türlerinde ısı muamelesinin nasıl bir etki meydana getirdiği araştırılmıştır. Bunun için kavak odununun farklı türleri olan, Titrek Kavak ve Ak Kavak odunları yüksek sıcaklıklarla muamelesi süresince eğilme ve elastikiyet modüllerinde nasıl bir değişim meydana geldiği araştırılmıştır. Bu işlem atmosferik şartlar altında 180°C ve 4 farklı zamanda (2, 4, 6 ve 8 saat) kavak odunları üzerinde uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda Titrek kavak odunlarının Ak Kavak odunlarına göre hem eğilme direnci hem de elastikiyet modülleri bakımından daha hafif kayıplar meydana geldiği belirlenmiştir.

Güler (2010) yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, Dişbudak, Anadolu kestanesi, Limba ve Iroko'dan oluşan dört odun türüne, normal atmosfer ortamında sıcaklığı ±10 °C duyarlılıkta kontrol edilebilen bir etüvde iki farklı sıcaklık (150 °C ve 180 °C) ve iki farklı süre (3 ve 6 saat) olmak üzere toplam dört varyasyonda gerçekleştirilen ısı işlem uygulaması sonrasında; selülozik vernik, sentetik vernik, poliüretan vernik ve su-bazlı vernik 'den ibaret dört tür vernik uygulanmasıyla vernik film katmanlarına ilişkin yüzey pürüzlülüğü, parlaklık ve renk farkı gibi performans özelliklerinin belirlenmesine yönelik olarak hazırlanmıştır. Isıl işlem uygulaması sonrasında, verniklenmiş deney örneklerinin yüzey pürüzlülüğü, parlaklık ve renk değerlerindeki değişimler tespit edilmiştir. Sonuçlar ANOVA ve Duncan testi kullanılarak gruplar arası karşılaştırmalar yapılmıştır. Çalışma sonucunda; dekorasyon ve yapı elemanı olarak kullanılan ağaç malzemenin ısı işlem uygulaması sonrasında, selülozik ve sentetik verniklerde yüzey pürüzlülüğü ısı işlem sıcaklık ve süreye bağlı olarak tüm ağaç türlerinde arttığı; poliüretan ve su-bazlı verniklerde ise, yüzey pürüzlülüğü ısı işlem sıcaklık

ve süresine bağılı olarak tüm ağaç türlerinde azaldığı gözlenmiştir. Dişbudak ve Iroko türlerinin renk farklılığındaki değerlerin ısıı işlem sıcaklık ve süresine bağılı olarak arttığı, Kestane ve selülozik vernik ve poliüretan vernikte ısıı işlem sıcaklık ve süresine bağılı olarak azaldığı, sentetik vernik ve su-bazlı verniklerde arttığı; Limba'da ise su-bazlı ve selülozik vernik 180 °C de 6 saat ısıı işlem uygulamasında azaldığı diğer ısıı işlem uygulamalarında ise ısıı işlem sıcaklık ve süresine bağılı olarak arttığı tespit edilmiştir. Parlaklık değerlerinin ise, ısıı işlem sıcaklık ve süreye bağılı olarak tüm ağaç ve vernik türlerinde azaldığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçların üst yüzey işlemleri uygulayıcılarına ve ülke ekonomisine katkı sağlayacağı belirtilmiştir.

Baştuğ (2010) yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, ağaç işleri endüstrisi ve mobilya üretiminde birçok kullanım alanı bulan Sarıçam odunu kullanılmıştır. Lamine malzemelerin yapımında kullanılacak olan kaplamalar, 5 mm kalınlığında, 70 mm genişlik ile 400 mm uzunluğunda kesme yöntemiyle hazırlanmıştır. Deney örnekleri 4 farklı sıcaklık (110 °C, 130 °C, 150 °C ve 170 °C) ve 3 farklı süre (2- 4- 6 saat) olmak üzere toplam 12 farklı kombinasyonda ısıı işlem uygulaması yapılmıştır. Örnekler fenol formaldehit tutkalı ile 4 katlı olacak şekilde 120°C sıcaklıkta, 2,5 kg/cm² pres basıncı altında 15 dakika preslenerek lamine ağaç malzemeler elde edilmiştir. Deney örneklerinin liflere paralel basınç direnci, eğilmede elastikiyet modülü, liflere paralel çekme direnci, dinamik eğilme (şok direnci), eğilme direnci değerleri belirlenmiştir. Sonuç olarak; en yüksek liflere paralel basınç direnci değeri 64,38 N/mm² ve en yüksek eğilmede elastikiyet modülü değeri 10977,04 N/mm² olarak 170 °C'de 6 saat süre ile bekletilen deney örneklerinde olduğu ve kontrol grubu örneğine göre artış olduğu tespit edilmiştir. En yüksek eğilme direnci değeri 89,92 N/mm² olarak kontrol grubu örneğinde, en yüksek dinamik eğilme (şok direnci) değeri 2,04 N/cm² olarak kontrol grubu örneğinde, en yüksek liflere paralel çekme direnci değeri 9631,15 N/mm² olarak kontrol grubu deney örneğinde olduğu tespit edilmiştir. Deney örneklerinin mekanik özelliklerinde ortalama %7-36,6 arasında düşüş olduğu bildirilmiştir.

Baltacı (2010) yüksek lisans tez çalışmasında, Sarıçam, Doğu kayını, Uludağ göknarı ve Kanada kavağı odunlarına ısıı işlem uygulanmasının odunların çivi ve vida tutma direnci üzerine etkisi araştırılarak, optimum uygulama şartlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, odun örneklerine üç farklı sıcaklık (120, 160, 200 °C) ve 2 farklı süre (2 ve 6 saat)'de azot gazı ortamında ısıı işlem uygulandıktan sonra denge rutubetine getirilen örnekler standartlar çerçevesinde çivi ve vida uygulanarak, çivi ve vida tutma dirençleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar kontrol örneklerinin çivi ve vida tutma direnç değerleri ile karşılaştırılarak optimum ısıı işlem uygulama şartları belirlenmiştir. Sonuç olarak, yapraklı türlerden Doğu kayını en yüksek çivi tutma direnci gösterirken; hem Kanada kavağı hem de iğne yapraklı türler daha düşük çivi tutma direnç değerleri göstermiştir. En düşük çivi tutma direnci değeri Uludağ göknarında elde edilmiştir. En yüksek çivi tutma direnci ısıı işlem sıcaklığına göre 120 °C'de ve ısıı işlem süresine göre 6 saatte elde edilmiştir. En düşük çivi tutma direncinin ise kontrol örneklerinde elde edildiği görülmüştür. Örnek kesitlerinden radyal kesitin en büyük direnç değerini verdiği, onu yaklaşık değerlerle teğet kesitin izlediği, enine kesitin ise en düşük direnç değerini verdiği bildirilmiştir. Vida tutma direncinde elde edilen değerlere göre ağaç türlerinden Doğu kayını en yüksek vida tutma direncini vermektedir. En düşük vida tutma direnci ise Uludağ göknarında elde edilmiştir. Yapraklı ağaçlar iğne yapraklı ağaçlardan daha yüksek vida tutma direncine sahiptir. ısıı işlem koşullarına göre, ısıı işlem görmemiş örneklerin vida tutma direnci en yüksek, 200°C'de ısıı işlem görmüş örneklerin vida tutma direnci en düşüktür. ısıı işlem sıcaklığı ile vida tutma direnci ters orantılı olarak değişmektedir. ısıı işlem süresinin vida tutma direncinde fazla etkili olmadığı tespit edilmiştir. Örnek kesiti bakımında vida tutma direncinin de çivi tutma direncinde olduğu gibi en iyi radyal kesitte olduğu, bunu az farkla teğet kesitin izlediği, en düşük değer ise enine kesitte olduğu ortaya çıkartılmıştır.

Doruk ve ark. (2010) yaptığı çalışmada, endüstride yaygın olarak kullanılan ve Türkiye’de geniş yetiştirme alanlarına sahip karaçam ve dişbudak odunlarının fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine ısı işlemi etkisini belirlemek için yapılmıştır. Test sonuçlarına göre, ısı işlem uygulaması ağaç malzemenin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinde düşümlere neden olduğu belirlenmiştir. Isıl işleme bağı olarak en fazla etkilenen eğilme direnci olduğunu ve bununla beraber ısı işlem sonucunda ağaç malzeme renginin koyulaştığını bildirmişlerdir.

Sefil (2010) yaptığı yüksek lisans çalışmasında, ThermoWood yöntemiyle ısı işlem uygulanan Doğu kayını ve Uludağ göknarı odunlarının fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Bu iki ağaç türü beş farklı sıcaklıkta (170, 180, 190, 200 ve 212°C) ve iki saat süreyle ThermoWood yöntemiyle ısı işleme tabi tutulmuştur. Isıl işleme tabi tutulan test örneklerinde fiziksel özelliklerden; hava kurusu yoğunluk, denge rutubet miktarı, teğet genişleme, radyal, teğet ve hacimsel boyutsal değişim, ısı iletkenliği, aşınma direnci ve toplam renk değişimi değerleri, mekanik özelliklerden; eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve liflere paralel basınç direnci değerleri belirlenmiştir ve kontrole göre değişim oranları hesaplanmıştır. Sonuç olarak; sıcaklığa bağı olarak ağırlık kaybı artmıştır. Isıl işlem uygulamasının fiziksel özellikler üzerindeki etkisinin genel olarak olumlu yönde olduğu gözlenmiştir. Isıl işlem sıcaklığının artmasıyla birlikte denge rutubet miktarı azalmış, boyutsal stabilizasyon önemli oranda artmış, odunların ısı yalıtkanlık değerleri artmış, toplam renk homojen bir şekilde koyulaşmıştır. Mekanik özelliklerden eğilme direncinde ısı işlem sıcaklığının artmasına paralel olarak düşüş gözlenmiş, elastikiyet modülünde çok az bir artış gözlenmiş ve liflere paralel basınç direnci artış göstermiştir. Aşınma direncinde ise ısı işlem sıcaklığının artmasına paralel olarak önemli oranlarda düşüş gözlenmiştir. Ayrıca ısı işlem sıcaklığının odun türleri üzerine etkisi incelendiğinde kayın odunu özelliklerinin göknar odunu özelliklerine göre daha yüksek oranlarda değişim gösterdiği bildirilmiştir.

Karabulut (2010) FAO’nun alt organizasyonu olan, ülkemizin de üyesi olduğu IPPC (Uluslararası Bitki Koruma Konvansiyonu), ahşap malzemelerde bulunan zararlılar ile mücadeleyi dünya geneline yaymak ve gerekli tedbirleri almakla yükümlüdür. Bu kuruluş, uluslararası ticarete kullanılan ahşap malzemelerde bulunan zararlıların bir ülkeden diğer ülkeye taşınmasını ve yayılmasını önlemek amacıyla ISPM 15 (International Standards for Phytosanitary Measures 15) standardının uygulanmasını öngörmüştür. Bu standarda göre ahşap ambalaj materyallerinin (sandık, palet vb.) uygun şekilde ısı işleminden veya metil bromür ile fümigasyon işleminden geçirilmiş ve işaretlenmiş olması gerekmektedir. Türkiye’de, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı bu konuda bir yönetmelik hazırlamış ve resmi olarak uygulamaya koymuştur. Bu yönetmeliğe uygun olarak ülkemizde 482 işletme ISPM 15 standardına göre ısı işlem ve fümigasyon işlemi yapma yetkisine sahip olduğu bildirilmiştir.

Çalova (2011) yüksek lisans çalışmasında, ThermoWood yöntemiyle ısı işlem uygulanan Doğu ladini ve Sakallı kızılbaş ağaç odunlarının fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Bu iki ağaç türü üç farklı sıcaklıkta (190 °C, 205 °C ve 212 °C) ve iki saat süreyle ThermoWood yöntemiyle ısı işleme tabi tutulmuştur. Isıl işleme tabi tutulan test örneklerinde fiziksel özelliklerden; hava kurusu yoğunluk, denge rutubet miktarı, boyutsal değişim, ısı iletkenliği ve renk değişimi değerleri, mekanik özelliklerden; eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve liflere paralel basınç direnci değerleri belirlenmiştir. Sonuç olarak; ısı işlem uygulamasının fiziksel özellikler üzerindeki etkisinin genel olarak olumlu yönde olduğu gözlenmiştir. Isıl işlem sıcaklığının artmasıyla birlikte denge rutubet miktarı azalmış, boyutsal stabilizasyon önemli oranda artmış, odunların ısı yalıtkanlık değerleri artmış, renk homojen bir şekilde koyulaşmıştır. Mekanik özelliklerden, eğilme direncinde ısı işlem sıcaklığının artmasına paralel olarak düşüş gözlenmiş, elastikiyet modülünde önce çok az bir artış sonra azalma gözlenmiş ve liflere paralel basınç direnci artış gösterdiğini bildirmiştir.

Zor (2011) yaptığı yüksek lisans çalışmasında, karaçam, sarıçam, doğu ladini, iroko ve dişbudak odunlarından hazırlanan T-tipi lamba zıvana ayak-kayıt birleştirmelerinin mekanik performansları üzerine, ağaç türü, birleştirme tipi ve ısıl işlem muamelesinin etkileri araştırılmıştır. 5 ağaç türü x 2 birleştirme tipi (açık zıvana ve kör zıvana) x 2 ısıl işlem özelliği x 2 yükleme tipi (eğilme direnci ve çekme direnci) x 6 tekerrür olmak üzere toplam 240 adet T-tipi birleştirme örnekleri hazırlanmıştır. Eğilme deneyi sonuçlarına göre; ısıl işlem uygulanmış örneklerde iğne yapraklı ağaç türlerinden sarıçam türü açık zıvanalı birleştirmeleri, yapraklı ağaç türlerinden Iroko türü kör zıvanalı birleştirmeleri yüksek eğilme direnci değerleri göstermiştir. Birleştirme yerindeki sertlik değerinde, en yüksek performansı karaçam türü kör zıvanalı birleştirme ile sarıçam türü açık zıvanalı birleştirme göstermiştir. Birleştirme yeri rijitlik analizinde, en yüksek performansı karaçam türü kör zıvanalı birleştirme göstermiştir. Çekme deneyi sonuçlarına göre, ısıl işlem uygulanmış örneklerde iğne yapraklı ağaç türlerinden Karaçam türü kör zıvanalı birleştirmeleri, yapraklı ağaç türlerinden Iroko türü açık zıvanalı birleştirmeleri yüksek çekme direnci değerleri göstermiştir. Sonuç olarak, ısıl işlem uygulanmış bahçe oturma mobilya konstrüksiyonlarında kullanılacak olan ağaç malzemelerin mekanik performansları açısından hem eğilme hem de çekme direnci etkileşimleri incelendiğinde, ağaç türü, birleştirme tipi ve ısıl işlemin T-tipi lamba zıvana ayak-kayıt birleştirmelerinin üzerinde etkili olduğu bulunmuştur. Genel olarak bakıldığında, üretilecek olan bahçe oturma mobilya konstrüksiyonlarında, karaçam türü kör zıvanalı birleştirmeler kullanıma daha uygun olduğunu bildirmiştir.

Yıldız ve Can (2012) yaptıkları çalışmada, endüstriyel bir fabrikada ısıl işleme tabi tutulan ladin, karaçam, kayın ve kavak odunu örneklerinin korozyon özellikleri ve pH değerleri araştırılmıştır. İğne yapraklı ağaç türleri; 212 °C ve 220 °C’de, yapraklı ağaç türleri; 180 °C ve 190 °C’de, 90 ve 120’şer dakika süreyle ısıl işleme maruz bırakılmıştır. Genel olarak artan ısıl işlem sıcaklığı ve süresi ile birlikte metal kaybı ve korozyon derinliğinde artış gözlenmiştir. Isıl işlem uygulanan her dört ağaç türüne ait pH değerlerinin kontrole oranla azalma gösterdiği ve asidi tenin artma eğilimine girdiği kaydedilmiştir. Genel olarak artan sıcaklık ve süreyle birlikte metal kaybı ve korozyon derinliğinde artış gözlenmiştir. Söz konusu parametrelere ait en yüksek korozyon oranı 220 °C’de 120 dakikalık süre ile ısıl işlem uygulanan karaçam örneklerinde tespit edilirken (333.3 g/m^2), en az korozyon ise 180 °C’de 120 dakikalık süre ile ısıl işlem uygulanan kavak örneklerinde gözlenmiştir ($80,40 \text{ g/m}^2$). Kontrol örnekleri arasında ağaç türü olarak en yüksek metal kaybı ladinde (256 g/m^2), en az kayıp ise kavak türünde (190 g/m^2) ortaya çıkmıştır. Isıl işleme tabi tutulmuş ladin ve karaçam odunu örneklerinde kontrole oranla genelde (ladin odununda 212 °C’de – 120 dakikalık uygulama hariç) asidi tenin artma eğilimine girdiği, benzer şekilde kayın ve kavak odununa ait örneklerin pH değerlerinde de kontrole oranla azalmaların meydana geldiği kaydedilmiştir. Orman endüstri sektöründe, metaller yüksek dayanımlarından dolayı ahşap malzeme ile temas halinde sıkça kullanılmaktadır. Ortamda bulunan rutubet ve oksijenden dolayı ağaç malzemeye gömülmüş olan metallerde korozyon meydana gelmekte ve meydana gelen korozyon ağaç malzeme ile bağlantı elemanlarını birbirinden ayırarak kazalara neden olmaktadır. Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlara göre artan ısıl işlem sıcaklık ve süresi ile birlikte İYA ve YA türlerinde korozyon değerleri artış göstermiştir. Bu nedenle rutubetin yüksek olduğu kullanım yerlerinde düşük sıcaklıklarda ısıl işlem uygulanmış örnekler tercih edilmelidir. Korozyon oranı ve miktarının yüksek olmadığı ve sürekli bakım ve yenilemenin sağlanabildiği durum ve mekânlarda yüzey kaplama materyalleri yararlı olabilir. Ayrıca ortamın agresifliğini sınırlayıcı önlemlere de başvurulabileceği bildirilmiştir.

Çıtak (2012) yüksek lisans çalışmasında, boraks ve borik asit ile empenye edildikten sonra ısıl işleme tabi tutulmuş Doğu Kayını odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Kayın odunundan hazırlanan deney örnekleri önce %2,5'lük boraks ve borik asit çözeltisi ile empenye edildikten sonra üç farklı sıcaklıkta (170-

190-210 °C) ve iki farklı sürede (4-8 saat) ısıtılma tabii tutulmuştur. Daha sonra deney örneklerinin ağırlık kaybı, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, basınç direnci ve renk değişim değerleri belirlenmiş ve kontrol grubu deney örnekleri ile kıyaslanarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, ısıtılma sıcaklığı arttıkça ağırlık kaybında bir düşüş gözlemlenmiştir. En az ağırlık kaybı 170 °C de ısıtılma görmüş deney örneklerinde görülürken, en yüksek ağırlık kaybı ise 210 °C de ısıtılma görmüş deney örneklerinde görülmüştür. Isıtılma sıcaklığı ve süresi arttıkça eğilme direnci değerlerinin düştüğü ve borakla empenye edilmiş deney örneklerindeki eğilme direncindeki düşüşün daha fazla olduğu belirlenmiştir. Isıtılma işlemi görmemiş ve empenye edilmemiş deney örneklerinin elastikiyet modülü değerlerinin empenyelilerden daha düşük olduğu, 190 °C'ye kadar elastikiyet modülünün arttığı; ancak, 210 °C 'de ise önemli bir düşüşün olduğu tespit edilmiştir. Empenye işleminin basınç direncini önemli oranda arttırdığı görülmektedir. 190 °C'ye kadar liflere paralel basınç direncinde artış olduğu, ancak daha sonra tekrardan düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Borak asitle muamele edilmiş ve ısıtılma görmüş örneklerin borakla muamele edilmiş örneklere oranla biraz daha yüksek değerler verdiği görülmüştür. Basınç direncinin, empenyeli ısıtılma işlemi görmüş örneklerde daha yüksek değerler verdiği belirlenmiştir. Isıtılma işlemi görmüş deney örneklerinde, sıcaklığın artmasına paralel bir renk değişiminin (renk koyulaşmasının) meydana geldiği belirlenmiştir. Toplam renk değişiminin empenyeli örneklerde daha az olduğu belirlenmiştir.

Ayan ve Ciritcioğlu (2012) yaptıkları çalışmada, ısıtılma işlemi uygulanmış ahşap lamine panellerde ısıtılma işlemi uygulamasının lamine panellerin bazı fiziksel özellikleri (tam kuru (TKY)-hava kurusu yoğunlukları (HKY), kalınlığına genişleme (KG)) ve vida tutma dayanımı (VTD) üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada lamine panel üretmek amacıyla ülkemizde yaygın kullanım alanına sahip ağaç türlerinden olan Sarıçam ve ticari değere sahip tropik bölge ağaçlarından Iroko odunları kullanılmıştır. Bu ağaçlardan elde edilen deney numunelerine "ThermoWood" yöntemi kullanılarak 185 °C'de 2 saat süre ile ısıtılma işlemi uygulanmıştır. Lamine paneller, ısıtılma işlemi uygulanmış parçaların polivinil asetat (PVAc-D4) tutkalı kullanılarak orta katmanda Uludağ göknarı dış yüzeylerde Sarıçam ve Iroko parçalar bulunacak şekilde 3 katmanlı olarak preslenmesiyle elde edilmiştir. Test sonucu ısıtılma işlemi TKY ve HKY değerleri üzerinde anlamlı bir değişime neden olmazken KG ve VTD değerlerini düşürdüğü gözlemlenmiştir. Sonuçlara göre, ısıtılma işlemi uygulanmış ağaç malzemelerden üretilen lamine panellerin yapı elemanı olarak kullanılmasına karar verilirken aynı zamanda ısıtılma işleminin alternatif kimyasal yöntemlere karşı mühendislik, estetik ve sağlık boyutunda sağladığı avantaj ve dezavantajları da göz önünde bulundurulmasının faydalı olacağı bildirilmiştir.

Akkuş (2012) yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, renk açma işleminin termal modifikasyon yapılmış bazı ağaç malzemelere etkisini belirlemeyi amaçlamıştır. Bu amaçla ısıtılma işlemi sonrası ağaç malzeme meydana gelen bazı fiziksel bozunmaları gidermek için çeşitli renk açma kimyasalları kullanarak, malzemenin doğal renk, parlaklık ve sertlik değerleri elde edilmeye çalışılmıştır. Sarıçam, Sapsız meşe, Doğu kayın ve Göknar odunlarından hazırlanan örnekler, farklı sıcaklıklarda (140-160 °C) ve farklı zaman (3-5-7 saat) periyotlarında ısıtılma işlemi tabii tutulmuştur. Daha sonra malzeme yüzeylerine % 18 konsantrasyondaki renk açma çözeltileri Ç1 (NaOH + H₂O₂), Ç2 (NaSiO₃ + H₂O₂) ve Ç3 (H₂C₂O₄) uygulanarak, oluşan renk, parlaklık ve sertlik değişim değerleri, ASTM D 2224, EN ISO 2813 ve ASTM D 2240 standartlarına göre belirlenmiştir. Araştırma sonucuna göre; kullanılan renk açma çözeltileri ısıtılma işlemi görmüş ağaç malzeme yüzeylerinde, renk ve parlaklık değerlerinde azalma, sertlik değerinde ise artışa yol açmıştır. Buna göre; ısıtılma işlemi görmüş ağaç malzeme yüzeylerinde doğal renk, parlaklık ve sertlik değerlerine yakın sonuçlar elde edebilmek için Ç1 ve Ç2 çözelti grupları tercih edilmesi önerilmiştir.

Tartışma

Dünya genelinde, ısıyla muamele edilmiş odun malzemenin elde edilmesinde en fazla çam, ladin, huş, kavak odun türleri kullanılmaktadır. Dünya genelinde ısıyla muamele edilmiş ahşap üreten fabrikaların talep ettiği hammadde hacmi 2003 yılında 25797 m³, 2004 yılında 34968 m³ iken 2005 yılında artarak 41607 m³ olmuştur. Dünya genelinde ısıyla muamele edilmiş ahşap malzemeyi başta Finlandiya olmak üzere birçok Avrupa ülkesi kullanmaktadır. Isıl işlem görmüş oduna ait olan yıllık satış oranı 2003 yılında 19000 m³ iken 2005 yılında bu değer artarak 50000 m³ ulaşmıştır (Aydemir ve Gündüz 2009). Önümüzdeki yıllarda ise bu değerlerin çok daha yüksek olacağı tahmin edilmektedir. Yıllık satış oranlarına bakıldığında özellikle gelişmiş ülkelerde ısıl muamele görmüş ahşap materyalin ciddi seviyelerde kullanıldığı görülmektedir. Bu yüzden, ülkemizde de ısıl işlemin alternatif bir odun koruma ve bir odun modifikasyon yöntemi olarak ele alınması gerekmektedir.

Yapılan çalışmalardan da anlaşılmaktadır ki farklı tür ağaç malzemenin değişik parametrelere göre ısıl işlem ile muamele edilmesinde malzemede meydana gelen fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Isıl işlemin ağaç malzemeye uygulanmasında benzer yöntemler kullanılmıştır. Ülkemizde ağaç malzemeye yönelik ısıl işlem uygulamalarına yönelik araştırmalar 2000'li yılların başında gelişme göstermeye başlamış ve son yıllarda hızla artan bir şekilde derinlik kazanarak devam etmektedir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde kabaca iki grupta toplanabilir.

1- Farklı odun türlerine uygulanan ısıl işlemin malzemenin mekanik ve fiziksel özelliklerine etkileri araştırılmıştır (Yıldız, 2002; Aydemir, 2007; Karakuş, 2008; Aydemir ve Gündüz, 2009; Özçifçi ve ark. 2009; Korkut, 2009; Aydemir, 2009; Doruk ve ark., 2010; Sefil, 2010; Çalıova, 2011).

2- Isıl işlem görmüş ağaç malzeme ve odun esaslı levhaların diğer teknolojik özelliklerine (yüzey işlemlerine, biyolojik zararlılara karşı dayanım ve mobilya mühendislik tasarımı açısından mukavemet değerlerine, vida tutma vd.) etkileri ve ısıl işlem sektörüne ilişkin diğer konular araştırılmıştır (Dikilitaş ve ark. 2006; Korkut ve Kocaefe, 2009; Baştuğ, 2010; Baltacı, 2010; Karabulut, 2010; Güler, 2010; Zor, 2011; Ayan ve Ciritcioğlu, 2012; Akkuş, 2012; Yıldız ve Can, 2012). Bu çalışmalara ek olarak ülkemizdeki araştırmacılar tarafından yapılarak yurt dışında yayımlanmış çalışmalar da mevcuttur.

Yukarıda bahsi geçen çalışmaların içeriklerine bakıldığında; ısıl işlem uygulamalarına yönelik bilgisayar destekli program geliştirilmesi (Dikilitaş ve ark. 2006), ısıl işlem uygulanmış ağaç malzemelerin yüzeylerine farklı vernik türlerinin uygulanması ve koruyucu katman üzerine etkilerinin incelenmesi (Güler, 2010), renk açma işleminin ısıl işlem görmüş bazı ağaç malzemeler üzerine etkisi (Akkuş, 2012), Isıl işlem görmüş malzemenin vida tutma dirençlerinin belirlenmesi ve uygun vida tutma değerleri için optimal ısıl işlem sıcaklıklarının belirlenmesi (Baltacı, 2010). Ülkemizde ambalaj sanayinde ISMP 15 standardına uygun ısıl işlem yapan işletmeler (Karabulut, 2010), Isıl işlemin ahşap lamine panellerin teknolojik özellikleri ve vida tutma dirençleri (Baştuğ, 2010; Ayan ve Ciritcioğlu, 2012) incelenmiştir.

Ayrıca, ısıl işleme tabi tutulmuş ahşap malzemenin pH ve korozyon değerleri (Yıldız ve Can, 2012), Boraks ve Borikasit ile emprenye edilmiş ağaç malzemenin ısıl işlem sonrasında mekanik ve fiziksel özelliklerine etkisi (Çıtak, 2012) ve Isıl işleme tabi tutulmuş farklı ağaç malzemenin oluşturulan mobilya konstrüksiyonlarının mukavemet değerleri (Zor, 2011) araştırılmıştır. Korkut ve Kocaefe (2009) ısıl işlem uygulanan ağaç malzeme bünyesinde neler olduğu sorusuna cevap veren derleme çalışması mevcuttur.

Bilindiği gibi yapı malzemesi olarak yaygın kullanım alanına sahip olan odun hammaddesinde aranılan en temel özelliklerin başında mukavemet, dayanıklılık gibi özellikler gelir. Bu nedenle ısıl işlemin malzeme mukavemet değerleri üzerindeki etkisi birçok araştırmaya konu olmasını sağlamıştır. Bu doğrultuda ısıl işlem uygulanmış ve uygulanmamış ağaç malzemenin teknolojik özelliklerinin karşılaştırmalarının daha sağlıklı yapılması için

işlenme özellikleri, ekonomiklik karşılaştırması, çevre koşullarına dayanımları, kullanım yerinde karşılaşılan sorunların karşılaştırılması gibi konulara yönelik çalışmaların yapılması oldukça önem arz etmektedir.

Ayrıca, bundan sonra ısıl işlemin ağaç malzemeye etkisine yönelik olarak yapılacak araştırmalarda ağaç malzemenin ürüne dönüşmüş haldeki kullanımına yönelik olarak incelemeler yapılması da son kullanıcı olan müşterilerin memnuniyeti açısından oldukça önemli bir konu olduğu düşünülmektedir.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada ülkemizde Türkçe olarak yayınlanan bildiri, makale, derleme, yüksek lisans ve doktora tezleri ele alınmıştır. Buradaki amaç araştırmalar ile edinilen bilgi ve tecrübelerin Türk halkının tamamına aktarılmasını sağlamaktır. Isıl işlem hakkında sektörün faydasına olacak bilgilerin tüm kesimlere ulaştırılması inanıyoruz ki büyük önem taşımaktadır. Bu varsayımdan yola çıkarak buna benzer çalışmaların devamının gelmesi şiddetle tavsiye edilmektedir.

Yukarıda özetlenen çalışmalardan da anlaşıldığı gibi, ülkemizde ısıl işlem konusunda bugüne kadar yapılan çalışmaların büyük bir bölümü ağaç malzemenin mekanik ve teknolojik özellikleri üzerine etkisine yöneliktir. Ayrıca, kısıtlı olsa ısıl işlem uygulanması için program tasarımı, ısıl işlem uygulayan işletmeleri araştırması, empenye uygulaması ve ısıl işlem görmüş ağaç malzemedeki yüzey işlemleri ile ilgili birkaç çalışma da mevcuttur. Yapılmış olan çalışmalarda önemli sonuçlar elde edilmiştir. Önümüzdeki süreçte ısıl işlem uygulanmış ağaç malzemedeki elde edilen mobilya vb. ürünlerin kullanımına ve tercih edilme durumlarına yönelik çalışmalar önerilebilir. Şirket ve marka yöneticilerinin pazar araştırma konuları içerisinde ısıl işlem görmüş malzemeli ürünlere yönelik müşteri tercih ve memnuniyet durumları, maliyet ve fiyat ilişkisi, çevreye etkisi gibi konuların da araştırılması önerilmektedir. Son olarak müşterilerin ısıl işlem uygulanmış ürünlere yönelik farkındalıklarının artırılmasına yönelik çalışmalar da önerilebilir.

Kaynaklar

- Akkuş, M 2012. Renk Açma İşleminin Termal Modifikasyon Yapılmış Bazı Ağaç Malzemelere Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Mobilya Dekorasyon Eğitimi ABD, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi.
- Ayan, S ve Ciritcioğlu, H. 2012. Isıl İşlemin Ahşap Lamine Panellerin Bazı Fiziksel Özellikleri ve Vida Tutma Dayanımına Etkisinin Belirlenmesi, Düzce Üniversitesi, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 1(1):35-46.
- Aydemir, D 2007. Göknaar (*Abies bormülleriana* Mattf.) ve Gürge (*Carpinus betulus* L.) Odunlarının Bazı Fiziksel, Mekanik ve Teknolojik Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin Etkisi, Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Z.K.Ü.
- Aydemir, D ve Gündüz, G 2009. Ahşabın Fiziksel, Kimyasal, Mekaniksel Ve Biyolojik Özellikleri Üzerine Isıyla Muamele Etkisi, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 11(15):71-81.
- Aydemir D, Zor M, Özden S ve Gündüz G. 2010. Isıl İşlem Görmüş Titrek Kavak (*Populus tremula*) ve Ak Kavak (*Populus alba*) Odunlarının Eğilme Direnci Ve Elastikiyet Modülü Üzerine Muamele Süresinin Etkisi, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi 20-22 Mayıs, V:1810-1818.
- Baltacı, S 2010. Bazı Odunların Çivi ve Vida Tutma Direnci Üzerine Isıl İşlem Uygulamasının Etkisi, Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kastamonu Üniversitesi.

- Baştuğ, İ 2010. Isıl İşleme Maruz Bırakılan Lamine Ağaç Malzemenin Bazı Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi, Mobilya Dekorasyon Eğitimi ABD, Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük Üniversitesi.
- Çalhova, Z 2011. Kızılağaç ve Doğu Ladini Odunlarının Bazı Fiziksel Ve Mekanik Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin Etkisi, Y. Lisans Tezi, Mobilya Dekorasyon Eğitimi ABD, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük Üniversitesi.
- Çıtak, O 2012. Boraks ve borik asit ile emprenye edilmiş ve ısıtılma tabii tutulmuş kayın odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi, Y. Lisans Tezi, Mobilya Dekorasyon Eğitimi ADB, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük Üniversitesi.
- Dişlitaş S, Ahıska R, ve Yanmaz H. 2006. Ahşap Ambalaj Malzemelerindeki Zararlı Organizmaların Yok Edilmesinde Bilgisayar Destekli Isıl İşlem Uygulaması, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, Bursa.
- Doruk Ş, Altınok M ve Perçin O. 2010. Isıl İşlemin Ağaç Malzemenin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 14(3):262-270.
- Güler, F. D 2010. Bazı Ağaç Türlerinde Isıl İşlem Uygulamasının Vernik Katman Özellikleri Üzerine Etkisi, Y. Lisans Tezi, Orman End. Müh. ABD, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi.
- Karakaş, G 2008. Ahlat (*Pyrus elaeagnifolia* Pall.) Odununun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin Etkisi, Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi.
- Karabulut, A 2010. Türkiye Orman Ürünleri Sanayisinde ISPM 15 Standardına Göre Isıl İşlem Uygulayan İşletmeler Üzerine bir Araştırma, Y. Lisans Tezi, Orman Endüstri Mühendisliği ABD, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın Üniversitesi.
- Korkut, S 2009. Gürgen Yapraklı Kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) Odununun Bazı Mekanik Özellikleri Üzerine Isıl İşlem Sıcaklık ve Süresinin Etkisi, Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi, 5(1): 121-130.
- Korkut, S ve Kocaefe, D. 2009. Isıl İşlemin Odun Özellikleri Üzerine Etkisi, Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi, 5(2):11-34.
- Özçifçi A, Altun S. ve Yapıcı, F. 2009. Isıl İşlem Uygulamasının Ağaç Malzemenin Teknolojik Özelliklerine Etkisi, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 13-15 Mayıs, Karabük.
- Sefil, Y 2010. ThermoWood Yöntemiyle Isıl İşlem Uygulanmış Göknaar ve Kayın Odunlarının Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Y. Lisans Tezi, Mobilya Dekorasyon Eğitimi ABD, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük Üniversitesi.
- Yıldız, S 2002. Isıl İşlem Uygulanan Doğu Kayını ve Doğu Ladini Odunlarının Fiziksel, Mekanik, Teknolojik ve Kimyasal Özellikleri, Doktora Tezi, Orman Endüstri Mühendisliği ABD, Fen Bilimleri Enstitüsü Karadeniz Teknik Üniversitesi,.
- Yıldız, S 2005. Odunda Isıl İşlem Uygulaması. Ahşap Teknik Dergisi-7, Şubat, 6-10.
- Yıldız, S ve Can, A. 2012. Isıl İşlem Uygulanmış Ladin, Karaçam, Kayın ve Kavak Odunlarının Korozyon Özellikleri, I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, KSÜ Mühendislik Bildiriler Dergisi, Özel Sayı, 62-68.
- Zor, M 2011. Bahçe Oturma Mobilya Konstrüksiyonlarında Isıl İşlem Uygulanmış Ağaç Malzemenin Kullanım İmkânlarının Mühendislik Tasarımı Yaklaşımıyla İncelenmesi, Y. Lisans Tezi, Orman Endüstri Mühendisliği ABD, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın Üniversitesi.