

Isıl İşlem Görmüş Ladin ve Dişbudak Odunlarının Mikroskobik Görüntüleri Üzerine Değerlendirmeler

Bilgin İÇEL*¹, Yasemin ŞİMŞEK¹

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 32260, ISPARTA

(Alınış / Received: 29.07.2016, Kabul / Accepted: 27.10.2016, Online Yayınlanma / Published Online: 25.11.2016)

Anahtar Kelimeler

Isıl işlem,
Odun anatomisi,
Ladin,
Dişbudak

Özet: Isıl işlem, kimyasal madde kullanılmadan ağaç malzemenin bazı özelliklerinin iyileştirilmesi için geliştirilen bir odun modifikasyon yöntemidir. Bu çalışmada Avrupa ladin (*Picea abies*) ve Adi dişbudak (*Fraxinus excelsior*) türlerine ait keresteler kullanılmıştır. Keresteler 190 °C 'de 120 dakika süre ile "ThermoWood" olarak adlandırılan endüstriyel ısıl işlem uygulamasına tabi tutulmuştur. Odun örneklerinin kesitleri (enine-radyal, teğet) ışık mikroskobu ve SEM de incelenmiştir. Laboratuvar çalışmalarında ısıl işlem uygulanmış ağaç malzeme örneklerinden kesit alma işleminin kontrol örneklerine göre daha zor olduğu görülmüştür. Isıl işlem görmüş odun örneklerinden daha başarılı kesit alınabilmesi ve görüntü analizi için daha iyi görsel materyal elde edilebilmesi için örneklerde parafine gömme işlemi uygulanmıştır. Çalışmada ayrıca kesitlerin boyanması süreci için de bazı işlemler tavsiye edilmiştir. Bu çalışma, ısıl işlem uygulanmış ağaç malzemenin kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında daha kırılabilir hale geldiğini gösteren (ilkbahar ve yaz odununda parçalanmalar, öz ışınlarında çatlaklar, yıllık halka sınırlarında ayrılmalar gibi) gözlemlerimiz olmuştur. Isıl işlemin odunun mekanik özellikleri üzerine etkilerinin değerlendirildiği çalışmalarda yorumlar yapılırken, ısıl işlemin anatomik yapıdaki etkilerinin de göz önünde bulundurulması önerilebilir.

Evaluations on Microscopic Images of Heat Treated Spruce and Ash Wood

Keywords

Heat treatment,
Wood anatomy,
Spruce,
Ash

Abstract: Heat treatment (Thermal treatment) is, a wood modification method and as an alternative to chemical treatment in wood preservation, applied to some extent in improving wood quality. Two different species, *Picea abies* and *Fraxinus excelsior*, lumbers were subjected to industrial heat treatment process called as ThermoWood with actual temperature of 212 °C and duration of 120 minutes. Wood sections (cross-section, radial and tangential sections) investigated via light microscope and SEM (Scanning electron microscope). During laboratory works, we faced to face much more technical difficulties on sectioning heat treated woods in comparison with control samples. To have successful sectioning and better visual materials for image analysis, paraffin embedding applied. It is also recommended some modifications for the procedure of micro sections. In this study, we have some observations such as more cracks, fragmentations in rays and early - latewood parts on heat treated micrographs which are not observed similarly on control samples indicating that heat treated wood become more brittle after treatment. Therefore, heat treatment effects on microstructure should be taken into account while interpreting the causes of mechanical decreases of heat-treated wood.

1. Giriş

Odun sahip olduğu birçok olumlu özelliklerle geniş bir kullanım alanı bulunan bir yapı ve mühendislik malzemesidir. Biyolojik yapısı, fiziksel ve mekanik özellikleri ile kimyasal bileşimi odunun çok farklı

ürünler halinde kullanılmasına imkan sağlamaktadır. Ağaç malzemenin iyi bir yalıtım malzemesi olması ve yoğunluğuna oranla direnç değerlerinin yüksek olması tercih edilme sebepleri arasında öncelik taşımaktadır [1, 2, 3].

Sahip olduğu birçok olumlu özelliklerin yanında, odunun kullanım alanlarını sınırlayan veya kullanımı sırasında sorunlar çıkartabilen sakıncalı özellikleri de mevcuttur. Ağaç malzeme doğal halde iken fiziksel, kimyasal ve mekanik tahrip faktörlerine ve biyotik faktörlere (mantar, böcek, termit vb.) karşı dayanıklı değildir [4, 5, 6]. Isıl işlem; son yıllarda ağaç malzemenin olumsuz özelliklerinin en aza indirgenmesi ve bunun yanı sıra olumlu özelliklerinin daha ileriye yükseltilmesi amacıyla tercih edilen ve yaygınlaşan bir modifikasyon uygulanması olarak karşımıza çıkmaktadır.

Odunun biyolojik dayanımı üzerinde nem içeriğinin önemli bir etkisi vardır. Bu nedenle ahşabı mantar ve böceklerle karşı korumak için zehirli kimyasal maddelerle emprenye edilmesi yaygın olarak kullanılan koruma metotlarından birisidir. Ancak emprenye işleminde toksik maddelerin kullanılması günümüzde çevre ve insan sağlığı açısından bu maddelerin kullanımını sınırlandırmaktadır. Bu sebeple boyutsal kararlılık (stabilizasyon) sağlamak ve biyolojik bozunmayı (degredasyon) önlemek için çevreyle dost yöntemler araştırılmaya başlanmıştır. Isıl işlem insan ve çevre sağlığına zararlı kimyasallar ilave edilmeksizin uygulandığından, emprenye işlemine ekolojik bir alternatif olarak değerlendirilmektedir [7, 8].

Odunun ısıyla muamele edilmesi çok eski yıllardan beri bilinen bir teknik olmakla birlikte, ilk bilimsel çalışmalar Almanya'da 1930'lu yıllarda Stamm ve Hansen tarafından yapılmıştır. 1940'lı yıllarda Amerika'da White ve 1950'li yıllarda Almanya'da Bavendam, Rundel ve Buro bu konuda araştırmalar yapmışlardır. Kollman ve Schneider 1960'lı yıllarda buldukları bilgileri yayınlamışlar ve bilimsel olarak daha fazla kişi tarafından tartışılmaya başlanmıştır [9]. Bu çalışmalar özellikle 1990'lı yıllardan sonra Finlandiya, Fransa ve Hollanda'da bilim adamları tarafından yapılmış ve halen bu konuda çalışmalar sürdürülmektedir. Odunun ısıyla muamelesi birkaç metotla (Hollanda-Plato yöntemi, Fransa-Retification ve Les Bois Perdure, Almanya-Yağla ısıl muamele, Finlandiya-ThermoWood) yapılmasına rağmen en çok kullanılan ticarileşmiş yöntem VTT tarafından geliştirilen "ThermoWood" olarak adlandırılan muamele yöntemidir [10].

Isıl işlem görmüş ağaç malzeme dış cephe kaplaması, kapı, pencere, bahçe mobilyası gibi dış mekan uygulamalarında, yer döşemesi, lambri, banyo ve sauna gibi iç mekan uygulamalarında gittikçe genişleyen kullanıma sahiptir [11].

Endüstriyel önemi olan ağaç türlerinin ısıl işlem sonrası teknolojik özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin bilinmesi hem endüstriyel hem de akademik anlamda önemlidir. O nedenle bugüne kadar bu konuda yapılan yurt içi ve yurt dışı çalışmalar ile pek çok araştırmacının ısıl işlemin farklı odun türlerinin fiziksel, mekanik, kimyasal

etkileri konusunda önemli katkıları olmuştur. Bu tür malzemelerin davranışının (fiziksel ve mekanik) incelendiği pek çok çalışmada, elde edilen sonuçlar yorumlanırken genel olarak kimyasal yapıdaki değişiklikler dikkate alınmıştır.

Değişik sıcaklık ve ortamlardaki farklı ısıl uygulamaların değişik ağaç türlerinin anatomik yapılarındaki etkilerine değinen bazı çalışmalar [12, 13, 14, 15] olmakla birlikte, ThermoWood uygulamasının anatomik yapıdaki etkisine değinen çok sınırlı sayıda bilgi bulunmaktadır [16]. Boonstra [17], ısıl işlem uyguladığı odun örneklerinde ışık mikroskobu görüntülemelerinde karşılaşılan sorunları bildirmektedir. Endüstriyel ısıl işlem uygulanmasının yapıldığı türlerde klasik yöntemlerle tür teşhisi yapılması gerektiğinde, bu yöntemlerde herhangi bir modifikasyon gerekip gerekmediği ve hangi hususlara dikkat edilmesi konusunda yapılan bir çalışmaya yaptığımız literatür araştırmasında rastlanmamıştır. Isıl işlem sonrası ağaç malzemenin anatomik yapısında meydana getirdiği değişikliklerin bilinmesi ise elde edilen sonuçların daha iyi yorumlanabilmesi açısından gereklidir.

Bu çalışmanın gerçekleştirilme amacı; Endüstriyel ısıl işlem uygulanmış ahşap malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimini inceleyen araştırmacıların, kimyasal değişimler yanında, odunun anatomik özelliklerindeki değişimlerin etkilerini de göz önüne almaları hususunda katkı sağlamaktır. Ayrıca ısıl işlem uygulanmış malzemelerde anatomik tür teşhisi vb. söz konusu olduğunda karşılaşılabilecek zorluklar, nelere dikkat edilmesi gerektiği hususunda da bir ön çalışma yapmak ve elde edilen tecrübelerin paylaşımıyla diğer araştırmacılara katkı sağlamak bu çalışmanın önemli bir diğer amacıdır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, endüstriyel ısıl işlem uygulamasıyla (ThermoWood) dişbudak (*Fraxinus excelsior*) ve ladin (*Picea abies*) odununun bazı anatomik özelliklerinde meydana gelen değişimlerin görüntülenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada kullanılan ladin ve dişbudak türlerine ait keresteler 190 °C 'de 120 dakika süre ile (Bu süre ve sıcaklık ön ısıtma, soğutma, kondisyonlama vb. periyotları değil, 2. Safhada (ısıl işlem) uygulanan sıcaklık ve süreyi ifade etmektedir ve bu türler için fabrikada uygulanan sıcaklık ve süreler göz önüne alınarak seçilmiştir) "ThermoWood" prosesine göre NOVA Orman Ürünleri Tic. A.Ş. 'nin Bolu Gerede'deki fabrikasında ısıl işleme tabi tutulmuştur.

Çalışmada 12 adet kereste kullanılmıştır. Ladin örnekleri 6 tane (3 kontrol-3 işlem), dişbudak örnekleri 6 tane (3 kontrol-3 işlem) olmak üzere kesim planları (İcel vd. [16]'e göre) yapılarak hazırlanmıştır. Preparatların elde edileceği örnekler,

1x1,5 cm boyutlarında her bir örnekten 3 tekerrürlü olarak motorlu kıl testere ile kesilmiştir.

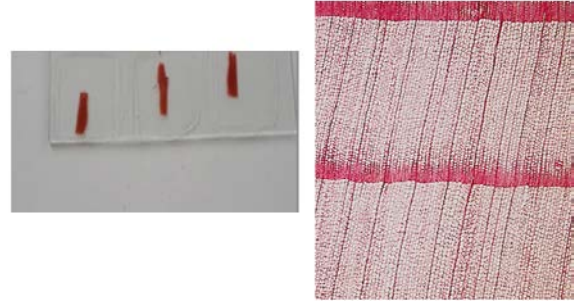
Çalışma için yapılan ön denemelerde ilk preparatların hazırlanmasında Bozkurt ve Erdin [18], tarafından belirtilen metodik yol takip edilmiştir. Sonrasında karşılaşılan durumlara göre bazı modifikasyonlar (uygulanan modifikasyon ilgili aşamalarda detaylı açıklanmıştır) denenmiştir. Isıl işlem görmüş ağaç malzemeden alınan kesitlerin kontrol örneklerine nazaran daha zor alındığı görülmüştür. Mikrotomda kesit alma ve preparat hazırlama işlemleri yapılırken, işlem görmüş örneklerde kontrol örneklerine göre daha fazla parçalanmalar olmuştur (Şekil 1). Bu nedenle, kesit alma işlemi için literatürde zor kesit alınan odun örnekleri için kullanılan diğer bazı yöntemler [19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26] denenmiş, carbowax fiyatı nedeniyle tercih edilmemiştir. Parafine gömülen örneklerde bu maddenin örnek içerisine girmesi ve sonrasında bunun uzaklaştırılması için yapılacak ek işlemlerde zarar görmemesi için farklı bir yol izlenmiştir. Isıtıldıktan sonra soğutulan hafif jel kıvamında parafin içerisine konulmuş (şeffaf kaplar kullanılmış ve kapların içerisi gliserin ile kaplanmıştır) ve önce 10-15 °C soğuk su banyosunda, sonra buzdolabında 45-60 dakika bekletilerek donması sağlanmıştır. Kaplardan çıkarılan bloklar motorlu çok ince bir daire testere ile örnek etrafında 1,5-2 mm lik parafinli kısım kalacak şekilde kesilmiş ve daha sonra mikrotomda kesit alma işlemine geçilmiştir. Bu şekilde parafine gömülen ısıl işlem görmüş örneklerden kolay ve başarılı kesitler alınabildiği görülmüştür (Şekil 2). Ön denemelerde amacımız en kolay ve en az işlem basamağı olan hazırlık işlemi belirlemek olup, parafin ile yapılan uygulama bu amaca uygun bulunmuştur. Kesitlerin alımı sırasında örnek yüzeyine % 70 lik alkol uygulanmıştır. Mikrotomda sabit değil, kullan at (disposable) bıçaklar kullanılmış ve bıçaklar kısa sürede (yaklaşık 25 kesimde bir) değiştirilmiştir.

Kesitlerin boyanmasında safranin boyar madde olarak kullanılmıştır. Boya çözeltisi iki kez filtre kağıtları (beyaz-mavi) kullanılarak süzülmüştür. Isıl işlem görmüş örneklerde uygulanan sıcaklık ve süreye göre renk koyulaşmaktadır. İyi bir preparat hazırlamak ve daha iyi görüntüler almak için koyu renkli odunlarda renk açma işlemi uygulanmakta ve kesitlerin rengini açmak için genel olarak çamaşır suyu kullanılmaktadır. Ön denemelerde parafine gömme işlemi uygulanmayan örneklerde renk açma işlemi sırasında kesitlerin tamamen parçalandığı görülmüştür. Parafine gömülen örneklerde ise ön denemelerde renk açma işlemi sırasında çok önemli bir problem yaşanmamıştır. Bununla birlikte bu çalışmada uygulanan sıcaklık ve süre odun renginde görüntülemeyi etkileyecek derecede bir koyulaşmaya sebep olmadığı için renk açma işlemi uygulanmamıştır. Kesitler, filtre kâğıdı (siyah-hızlı) yerleştirilmiş Buhner hunisi kullanılarak pipet yardımıyla saf su ve %30 luk alkol ile yıkanmıştır.

Daha sonra %70 ve saf alkolde 3 er dakika bekletilmiş ve en son ksilol uygulaması yapılarak daimi preparatlar (sabitlemede entellan kullanılmıştır) hazırlanmıştır. Çalışmanın pek çok aşamasında kesitleri tutmak için ucuna silikon monte edilen pensler kullanılmıştır. İşlem aşamalarında farklılığı ortadan kaldırmak amacıyla tüm örnekler (kontrol ve işlem) aynı uygulamalardan geçirilmiştir.



Şekil 1. Parafine gömme işlemi yapılmayan ısıl işlem görmüş bir ladin örneğinin preparat ve enine kesitinin mikroskopik görüntüsü (x4)



Şekil 2. Parafine gömme işlemi yapılan ısıl işlem görmüş bir ladin örneğinin preparat ve enine kesitinin mikroskopik görüntüsü (x4)

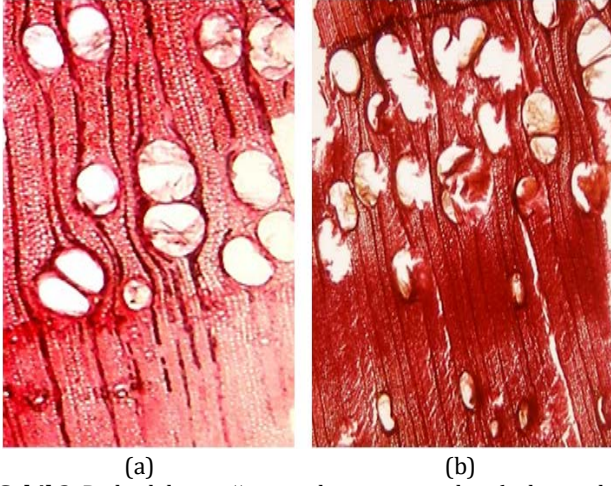
Kesitlerden görüntü alma işlemi SDÜ Orman Fakültesi görüntü analiz sistemi ve Tescan VEGA 2 LSU Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) ile gerçekleştirilmiştir.

Yapılan ön çalışmada ve ayrıca literatür araştırmalarında çalışmada uygulanan sıcaklık ve süreye benzer uygulamalarda hücre boyutları açısından önemli farklılık oluşturmadığı görülmüştür. Bu nedenle ısıl işlemin etkileri alınan görüntüler incelendikten sonra karşılaştırma tabloları oluşturularak değerlendirilmiştir. Bu tablolarda belirtilen özellik-durum (bunlar daha önce yapılan çalışmalarda olduğu ya da gerçekleşmesinin olası olduğu bildirilen durumlar dikkate alınarak listelenmiştir) alınmış olan kesitte var ise "+" işareti ile belirtilen özellik alınmış olan kesitte yok ise "-" işareti ile gösterilmiştir. Bu şekilde ısıl işlem görmüş örnekler ile kontrol örnekleri SEM ve ışık mikroskobu görüntüleri birebir karşılaştırılarak değerlendirmeler yapılmıştır.

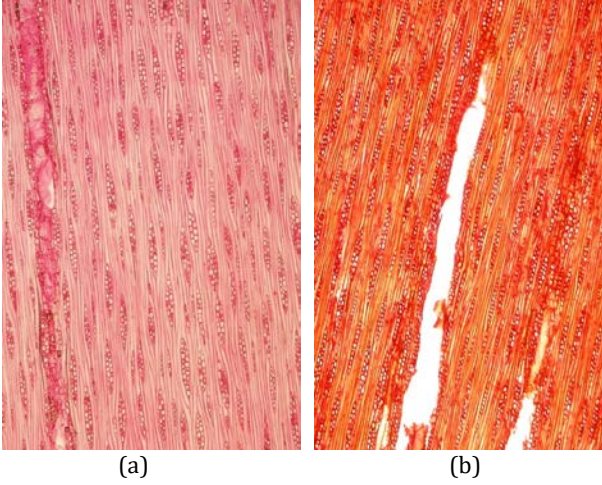
3. Bulgular

Her bir örneğin enine kesit, teğet kesit ve radyal kesit görüntüleri incelenmiştir. Dişbudak ve ladin

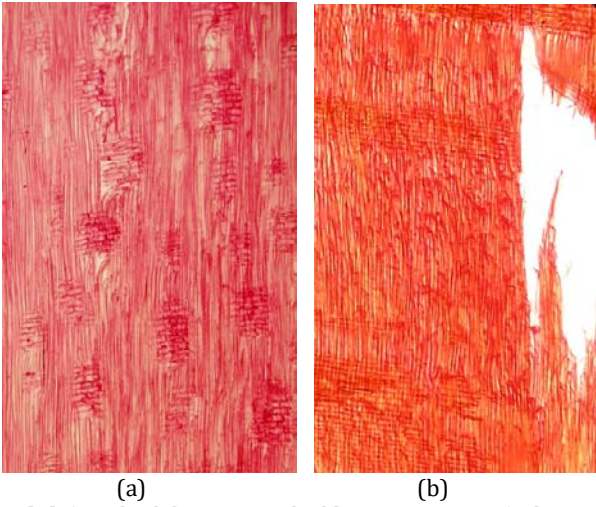
örneklerinden alınan kesitlere ait ışık mikroskobu görüntüleri Şekil 3-8'de gösterilmiştir*.



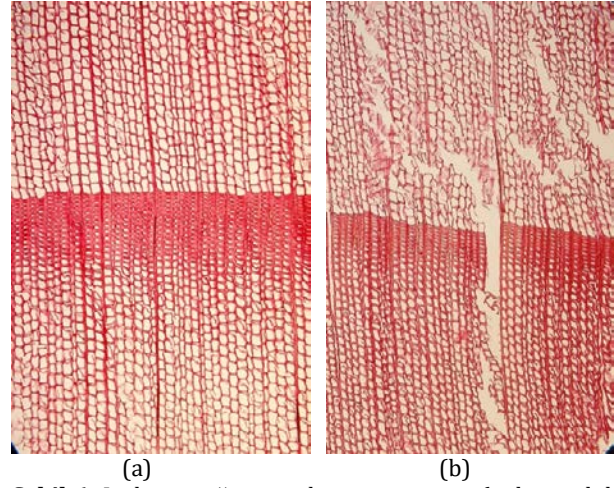
Şekil 3. Dişbudak örneği enine kesit görüntüleri (a: kontrol, b: işlem görmüş)



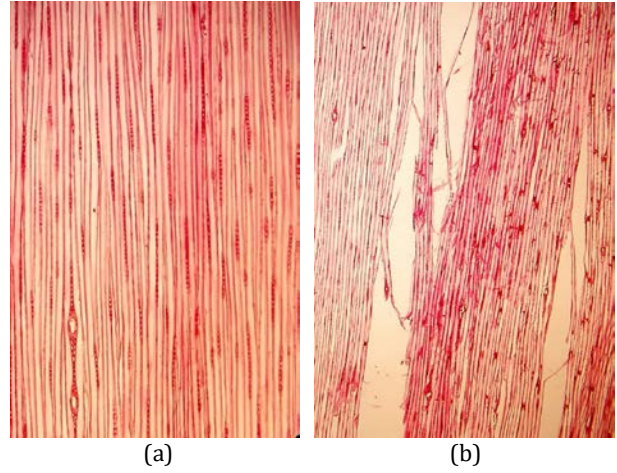
Şekil 4. Dişbudak örneği teğet kesit görüntüsü (a: kontrol, b: işlem görmüş)



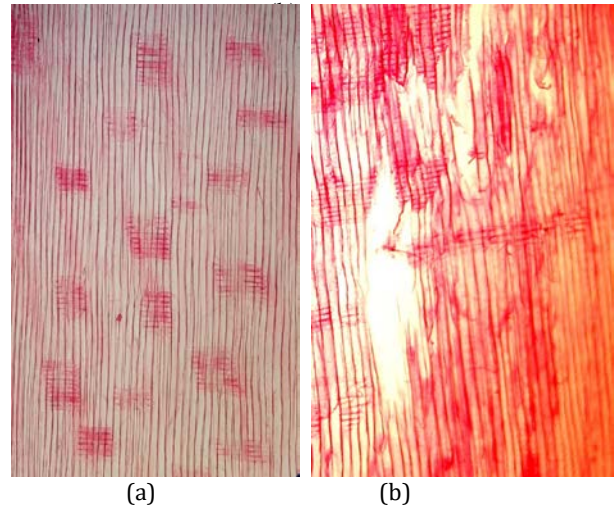
Şekil 5. Dişbudak örneği radyal kesit görüntüsü (a: kontrol, b: işlem görmüş)



Şekil 6. Ladin örneği enine kesit görüntüsü (a: kontrol, b: işlem görmüş)



Şekil 7. Ladin örneği teğet kesit görüntüsü (a: kontrol, b: işlem görmüş)

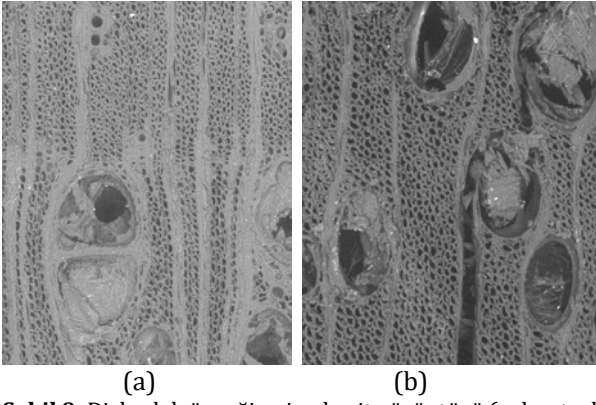


Şekil 8. Ladin örneği radyal kesit görüntüsü (a: kontrol, b: işlem görmüş)

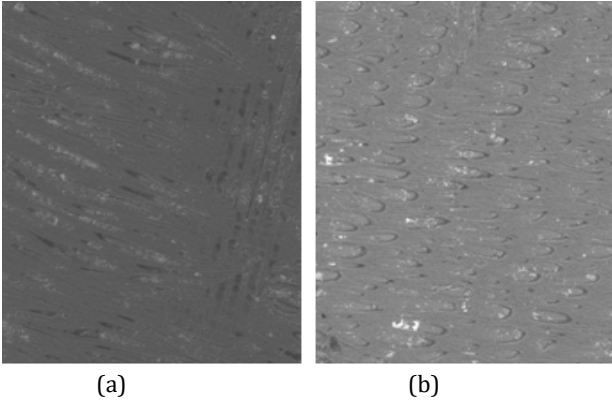
Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) ile dişbudak ve ladin örneklerinden alınan kesitlere ait SEM görüntüleri Şekil 9-13'te gösterilmiştir†.

* Tüm örnekler için görüntüler çalışmada verilemeyeceği için genel bulguları temsil eden görüntüler çalışmada verilmiştir.

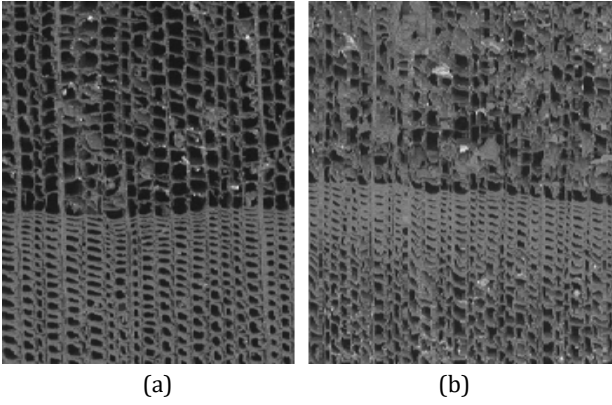
† Tüm örnekler için görüntüler çalışmada verilemeyeceği için genel bulguları temsil eden görüntüler çalışmada verilmiştir.



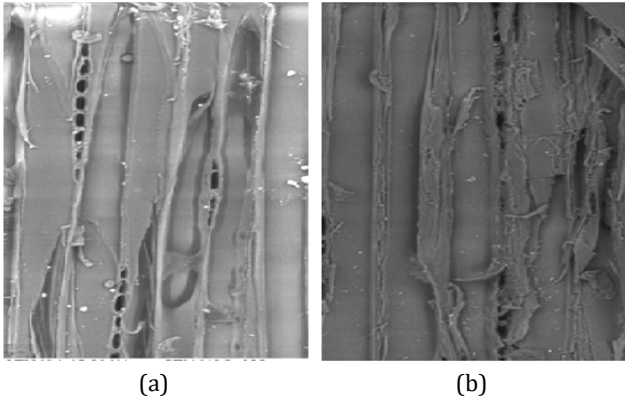
Şekil 9. Dişbudak örneği enine kesit görüntüsü (a: kontrol, b: işlem görmüş)



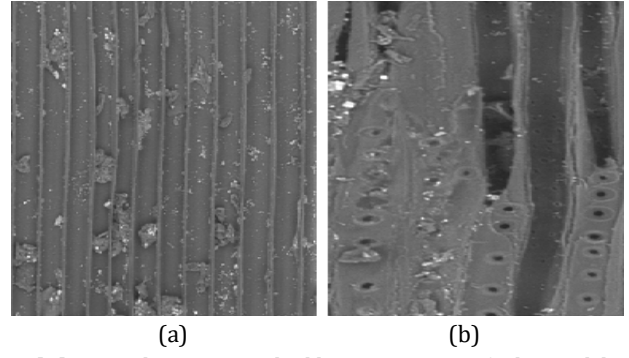
Şekil 10. Dişbudak örneği radyal kesit görüntüsü (a: kontrol, b: işlem görmüş)



Şekil 11. Ladin örneği enine kesit görüntüsü (a: kontrol, b: işlem görmüş)



Şekil 12. Ladin örneği teğet kesit görüntüsü (a: kontrol, b: işlem görmüş)



Şekil 13. Ladin örneği radyal kesit görüntüsü (a: kontrol, b: işlem görmüş)

Dişbudak örneklerine ait karşılaştırmalar Çizelge 1’de, ladin örneklerine ait olanlar ise Çizelge 2’de verilmiştir. Karşılaştırma tablolarında da görüldüğü üzere ısıl işlem görmüş ağaç malzemeden alınan kesitlerde, kontrol örneklerine göre daha fazla trahe ve traheidlerde parçalanmalar, ayrılmalar, ilkbahar ve yaz odununda çatlaklar, öz ışınlarında ayrılmalar, parçalanmalar vb. olumsuz değişimler meydana geldiği belirlenmiştir.

4. Tartışma ve Sonuç

Yapılan bu çalışmada, ‘Thermo Wood’ yöntemiyle ısıl işlem uygulanan dişbudak ve ladin örneklerinden alınmış kesitler incelenmiştir. Isıl işlem uygulanmış ağaç malzeme örneklerinden kesit alma işleminin kontrol örneklerine göre daha zor olduğu görülmüştür. Örneklerden daha rahat kesit alınabilmesi için bu çalışmada uygulanan parafine gömme işlemi tavsiye edilebilir. Preparatlar hazırlanırken ısıl işlem görmüş odunlardan alınan kesitler kontrol örneklerine nazaran daha çabuk parçalanmaktadır. Bu nedenle parafine gömme işlemi yanında çalışırken daha dikkatli olunması gerekmektedir. Yapılan ön çalışmada ve ayrıca literatür araştırmalarında uygulanan sıcaklık ve süreye benzer uygulamalarda hücre boyutları açısından önemli farklılık oluşturmadığı görülmüştür. Bu nedenle safranin ile tek boyama yapılmıştır. Başka türlerde daha yüksek sıcaklıklarda yapılacak çalışmalarda hücre boyutlarındaki farklılıklar araştırılırken çift boyama tekniğinin uygulanması gerekebilir. Bu konunun gelecekte yapılacak çalışmalarda dikkate alınması önerilir.

Yapılan bu çalışmaya göre; ısıl işlem görmüş ağaç malzemede ilkbahar ve yaz odununda parçalanmaların, öz ışınlarında çatlakların ve yıllık halka sınırlarında ayrılmaların daha fazla olduğu görülmüştür. Isıl işlemin ağaç malzemenin bu anatomik özellikleri üzerine etkileri türden türe ve ısıl işlem sıcaklık ve süresine göre değişebilir. Bu çalışmada, ısıl işlem uygulanmış ağaç malzemenin her iki türde de daha kırılabilir hale geldiği gözlemlenmiştir. Isıl işlemin odunun mekanik özellikleri üzerine etkilerinin değerlendirildiği çalışmalarda yorumlar yapılırken, ısıl işlemin anatomik yapıdaki etkilerinin de göz önünde bulundurulması önerilir.

Tablo 1. Dişbudak örneklerine ait bulgular

| Örnek No | Özellikler | Enine kesit | Teğet kesit | Radial kesit |
|-------------------|--|-------------|-------------|--------------|
| D1 KONTROL | 1 İlkbahar odununda parçalanma | - | - | - |
| | 2 Yıllık halka sınırlarındaki ayrılmalar | - | - | - |
| | 3 Öz ışınlarında parçalanmalar | - | - | - |
| | 4 Yaz odununda parçalanma | - | - | - |
| D1 İŞLEM | 1 İlkbahar odununda parçalanma | + | + | + |
| | 2 Yıllık halka sınırlarındaki ayrılmalar | + | + | + |
| | 3 Öz ışınlarında parçalanmalar | + | + | + |
| | 4 Yaz odununda parçalanma | + | + | + |
| D2 KONTROL | 1 İlkbahar odununda parçalanma | - | - | - |
| | 2 Yıllık halka sınırlarındaki ayrılmalar | - | - | - |
| | 3 Öz ışınlarında parçalanmalar | - | - | - |
| | 4 Yaz odununda parçalanma | - | - | - |
| D2 İŞLEM | 1 İlkbahar odununda parçalanma | + | + | + |
| | 2 Yıllık halka sınırlarındaki ayrılmalar | + | + | + |
| | 3 Öz ışınlarında parçalanmalar | + | + | + |
| | 4 Yaz odununda parçalanma | + | + | + |
| D3 KONTROL | 1 İlkbahar odununda parçalanma | - | - | - |
| | 2 Yıllık halka sınırlarındaki ayrılmalar | - | - | - |
| | 3 Öz ışınlarında parçalanmalar | - | - | - |
| | 4 Yaz odununda parçalanma | - | - | - |
| D3 İŞLEM | 1 İlkbahar odununda parçalanma | + | + | + |
| | 2 Yıllık halka sınırlarındaki ayrılmalar | + | + | + |
| | 3 Öz ışınlarında parçalanmalar | + | + | + |
| | 4 Yaz odununda parçalanma | + | + | + |

Tablo 2. Ladin örneklerine ait bulgular

| Örnek No | Özellikler | Enine kesit | Teğet kesit | Radial kesit |
|-------------------|--|-------------|-------------|--------------|
| L1 KONTROL | 1 İlkbahar odununda parçalanma | - | - | - |
| | 2 Yıllık halka sınırlarındaki ayrılmalar | - | - | - |
| | 3 Öz ışınlarında parçalanmalar | - | - | - |
| | 4 Yaz odununda parçalanma | - | - | - |
| L1 İŞLEM | 1 İlkbahar odununda parçalanma | + | + | + |
| | 2 Yıllık halka sınırlarındaki ayrılmalar | + | + | + |
| | 3 Öz ışınlarında parçalanmalar | + | + | + |
| | 4 Yaz odununda parçalanma | + | + | + |
| L2 KONTROL | 1 İlkbahar odununda parçalanma | - | - | - |
| | 2 Yıllık halka sınırlarındaki ayrılmalar | - | - | - |
| | 3 Öz ışınlarında parçalanmalar | - | - | - |
| | 4 Yaz odununda parçalanma | - | - | - |
| L2 İŞLEM | 1 İlkbahar odununda parçalanma | + | + | + |
| | 2 Yıllık halka sınırlarındaki ayrılmalar | + | + | + |
| | 3 Öz ışınlarında parçalanmalar | + | + | + |
| | 4 Yaz odununda parçalanma | + | + | + |
| L3 KONTROL | 1 İlkbahar odununda parçalanma | - | - | - |
| | 2 Yıllık halka sınırlarındaki ayrılmalar | - | - | - |
| | 3 Öz ışınlarında parçalanmalar | - | - | - |
| | 4 Yaz odununda parçalanma | - | - | - |
| L3 İŞLEM | 1 İlkbahar odununda parçalanma | + | + | + |
| | 2 Yıllık halka sınırlarındaki ayrılmalar | + | + | + |
| | 3 Öz ışınlarında parçalanmalar | + | + | - |
| | 4 Yaz odununda parçalanma | + | + | + |

Teşekkür

1919B011400946 Nolu Proje ile çalışmamızı maddi olarak destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na teşekkür ederiz.

Çalışmanın örnek temini için desteklerinden dolayı NOVA Orman Ürünleri Ticaret Anonim Şirketi'ne teşekkür ederiz.

Kaynakça

- [1] Bozkurt, Y., Göker, Y. 1981. Orman Ürünlerinden Faydalanma Ders Kitabı. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- [2] Yıldız, S. 2002. Isıl İşlem Uygulanan Doğu Kayını Ve Doğu Ladini Odunlarının Fiziksel, Mekanik, Teknolojik Ve Kimyasal Özellikleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi Tezi, 285s, Trabzon.
- [3] Akgün, K. 2008. Lamine Edilmiş Kestane (*Castanea Sativa* Mill.) Odununun Bazı Fiziksel Ve Mekanik Özellikleri Üzerinde Tanen ve ısı İşleminin Etkileri. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi Tezi, 98s, Zonguldak.
- [4] Berkel, A.A. 1972. Ağaç Malzeme Teknolojisi: Ağaç Malzemenin Korunması Ve Emprenye Tekniğı. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- [5] Aydemir, D., Gündüz, G. 2009. Ahşabın Fiziksel, Kimyasal, Mekaniksel Ve Biyolojik Özellikleri Üzerine Isıyla Muamelenin Etkisi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 11(2009), 71-81.
- [6] Tomak, E.D., Ustaomer, D., Yıldız, S., Pesman, E. 2014. Changes in Surface and Mechanical Properties of Heat Treated Wood During Natural Weathering. *Measurement*, 53(2014), 30-39.
- [7] Wikberg, H. 2004. Advanced Solid State Nmr Spectroscopic Techniques in the Study of Thermally Modified Wood. University of Helsinki, Department of Chemistry, Laboratory of Polymer Chemistry, Helsinki, Finland.
- [8] Enjily, V., Jones, D. 2006. The Potential for Modified Materials in the Panel Products Industry. in: *Wood Resources and Panel Properties*, COST Action E44/E49. Valencia, Spain.
- [9] Mayes, D., Oksanen, O. 2002. *Thermowood Handbook*. By: Thermowood, Finnforest, Stora, 5-15.
- [10] Viitaniemi, P., Jamsa, S., Ek, P., Viitanen, H. 2001. Method for Increasing the Resistance of Cellulosic Products against Mould and Decay. in: *European Patent Specification*, (Ed.) V.T.R.C.o. Finland, Vol. EP695408B1.
- [11] Özçiftçi, A., Altun, S., Yapıcı, F. 2009. Isıl İşlem Uygulamasının Ağaç Malzemenin Teknolojik Özelliklerine Etkisi. in: *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, Karabük.
- [12] Boonstra, M.J., Rijdsdijk, J., Sander, C., Kegel, E., Tjeerdsma, B., Militz, H., Van Acker, J., Stevens, M. 2006. Microstructural and Physical Aspects of Heat Treated Wood. Part 1. Softwoods. *Maderas. Ciencia y tecnologia*, 8(2006), 193-208.
- [13] Awoyemi, L., Jones, I. 2011. Anatomical Explanations for the Changes in Properties of Western Red Cedar (*Thuja Plicata*) Wood During Heat Treatment. *Wood science and technology*, 45(2), 261-267.
- [14] Tasdemir, C., Hiziroglu, S. 2014. Measurement of Various Properties of Southern Pine and Aspen as Function of Heat Treatment. *Measurement*, 49(2014), 91-98.
- [15] Batista, D.C., Paes, J.B., De Muñiz, B., Ines, G., Nisgoski, S., Da Silva Oliveira, J.T. 2015. Microstructural Aspects of Thermally Modified *Eucalyptus Grandis* Wood. *Maderas. Ciencia y tecnologia*, 17(3)(2015), 525-532.
- [16] İcel, B., Guler, G., Isleyen, O., Beram, A., Mutlubas, M. 2015. Effects of Industrial Heat Treatment on the Properties of Spruce and Pine Woods. *BioResources*, 10(3)(2015), 5159-5173.
- [17] Boonstra, M. 2008. A Two-Stage Thermal Modification of Wood. Ghent University, Ph. D. Tezi, Belgium.
- [18] Bozkurt, A.Y., Erdin, N. 2000. Odun Anatomisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- [19] Wilcox, W.W. 1964. Preparation of Decayed Wood for Microscopical Examination. *Res. Note. US For. Serv.*
- [20] Gerçek, Z. 1993. Anatomical Characteristics of *Camellia Sinensis* (L.) Kuntze. *Research Bulletin of the Panjab University*, 43(1993), 69-72.
- [21] Serdar, B., Mazlum, R. 2014. An Alternative Approach in Sectioning of Archaeological Woods: The Case of *Quercus Pontica*. *Turkish Journal of Botany*, 38(2014), 623-626.
- [22] Peters, S.R. 2010. *A Practical Guide to Frozen Section Technique*. Springer, New York.
- [23] Montwé, D., Isaac-Renton, M., Spiecker, H., Hamann, A. 2015. Using Steam to Reduce Artifacts in Micro Sections Prepared with Corn Starch. *Dendrochronologia*, 35(2015), 87-90.
- [24] Schneider, L., Gärtner, H. 2013. The Advantage of Using a Starch Based Non-Newtonian Fluid to Prepare Micro Sections. *Dendrochronologia*, 31(2013), 175-178.
- [25] Rossi, S., Anfodillo, T., Menardi, R. 2006. Trephor: A New Tool for Sampling Microcores from Tree Stems. *Iawa Journal*, 27(2006), 89-97.
- [26] Rathgeber, C.B., Rossi, S., Bontemps, J.-D. 2010. Cambial Activity Related to Tree Size in a Mature Silver-Fir Plantation. *Annals of Botany*, 108(2010), 429-438.