

## Enzimatik muamele ile doğu ladini (*Picea orientalis* L.) diri odununun geçirgenliğinin artırılması

### *Increasing the permeability of spruce sapwood (Picea orientalis L.) with enzymatic treatment*

Sefa DURMAZ, Ümit Cafer YILDIZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

#### Eser Bilgisi

Araştırma makalesi

DOI: 10.17474/acuofd.14291

Sorumlu yazar: Sefa DURMAZ

e-mail: [sdurmaz@ktu.edu.tr](mailto:sdurmaz@ktu.edu.tr)

Geliş tarihi: 14.12.2015

Düzeltilme tarihi: 04.05.2016

Kabul tarihi: 04.05.2016

#### Anahtar Kelimeler:

Geçit membranı  
pektinaz enzimi  
geçirgenlik  
enzimatik muamele

#### Keywords:

Pit membranes  
pectinase enzymes  
permeability  
enzymatic treatment

#### Özet

Doğu ladini (*Picea orientalis* L.) geçirgenliği düşük olan ağaç türlerinden bir tanesidir. Bu çalışmada doğu ladini diri odun örnekleri enzimatik muameleye uğratarak, geçirgenliği artırılmaya çalışılmıştır. Geçit membranları, komşu hücreler arasındaki su iletiminin gerçekleştirilmesinde önemli bir rol üstlenmektedir. Doğu ladini geçitleri, lif doygunluk noktası altındaki rutubetlerde kapanmaya meyillidir. Bu durum odundaki sıvı iletimini engelleyerek, emprenye işlemini zorlaştırmaktadır. Geçitler selüloz, hemiselüloz, lignin, pektin ve fenolik bileşiklerden oluşmaktadır. Torusun yüzeyini pektin maddesi kaplamaktadır. Bioprep 3000 L, Viscozyme L, Texazym BFE, Texazym DLG enzimleri tekstil endüstrisinde, lignoselülozik materyalin uzaklaştırılmasında yaygın olarak kullanılan enzimlerdir. Enzimatik muamele ile kapalı geçitlerin yapısı tahrip edilerek açılması hedeflenmiştir. Çalışmanın sonucunda, enzimatik muamele ile ladin odununun retensiyon ve penetrasyon derinliği değerlerinde artışlar elde edilmiştir. Farklı karışımlarından oluşan enzimler ile muamele edilen örneklerin retensiyon ve penetrasyon değerlerinde daha fazla artış meydana gelmiştir.

#### Abstract

The spruce is the one of the refractory wood species. In this study, the spruce sapwood samples were treated with enzymes to improve its permeability. The pit membranes play an important role for water transporting between the adjacent cells. The spruce wood pit membranes are prone to close under the fiber saturated point. As a result of the liquid transportation is blocked, the impregnation process is getting difficult. The wood pits compose of cellulose, hemicellulose, lignin, pectin, and phenolic components. The torus surface is covered with pectin. Bioprep 3000 L, Viscozyme L, Texazym BFE, Texazym DLG are commonly used in the textile industry to remove lignocellulosic materials. It was aimed to destroy the closed pits via enzymatic treatment. At the end of the study, the retention and penetration increments were obtained after the enzymatic treatment. The wood samples treated with enzymes which are composed of enzymes mixtures gave more penetration and retention values.

## GİRİŞ

Ağaç malzeme, insan hayatında her daim önemli bir yere sahip olmuştur. Yenilenen, geri kazanılan ve biyolojik olarak bozulan bir malzeme olarak bilinmektedir. Bu özelliklerin yanı sıra; yüksek direnç özelliklerine sahip olan ağaç malzeme, estetik bir görüntüye sahiptir. Bu nedenle, her geçen gün doğal olarak yenilenmeyen materyaller, ahşap esaslı ürünlerle yer değiştirmektedir. Bu durum, ağaç malzeme tedarikinde sıkıntıların oluşmasına neden olmakta ve fiyatları her geçen gün arttırmaktadır (Lehringer 2011). Günümüzde ağaç malzeme fiyatlarındaki artışın önüne geçebilmek için, geri dönüşüm ürünlerini ve malzeme tasarrufunu arttırmak yeterli olmamaktadır. Aynı zamanda ahşap esaslı ürünlerin kullanım ömürlerinin de uzatılması gerekmektedir.

Ağaç malzemenin birçok olumlu özelliği olduğu gibi, olumsuz özellikleri de vardır. Higroskopik bir materyaldir; nem miktarının değişmesiyle daralır veya şişer (Köse ve ark. 2014). Dış ortam koşullarında UV ışını, yağmur ve atmosferdeki bazı gazların etkisiyle renk değiştirmektedir (Ozgenc ve ark. 2012). Biyolojik olarak bozunması doğal bir süreçtir ve uygun şartlarda (karada, suda) tüm ortamlarda meydana gelmektedir. Doğal şartlar altında, hızlı bir şekilde biyolojik bozunmayı başlatan çeşitli mikroorganizmalar tarafından (mantar, küf, böcek, mavi renklenme, bakteri) istila edilmektedir (Schmidt 2006). Bunun sonucunda ağaç malzemenin yapısal bileşenleri (örn, polisakkaritler, lignin) basit moleküllere ayrışmakta ve sonunda CO<sub>2</sub> ve suya dönüşmektedir (Daniel ve ark. 2003).

Geçmiş yıllardan beri, ağaç malzemenin çeşitli kimyasallarla muamele edilerek kullanım ömrünün uzatılması için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Günümüzde

ağaç malzemeye uygulanan biyolojik (mantar, bakteri, enzim), fiziksel (ısı) veya kimyasal (kimyasallar) modifikasyon metotları ile bu sorun ortadan kaldırılabilmektedir (Hill 2007). Fakat ağaç malzemenin kimyasal maddelerle muamelesinde, derin ve homojen bir dağılım istenmektedir. Bu durum, ağaç malzemenin geçirgenliğinin yüksek olmasına bağlıdır (Durmaz ve ark. 2015; Hill 2007).

Ağaçtaki su iletimi, sekonder duvar ve komşu hücreler arasındaki girintiler (geçitler) aracılığıyla sağlanmaktadır (Merev 2003). İğne yapraklı ağaçlardaki boyuna geçirgenlik, neredeyse kenarlı geçitler ile sağlanmaktadır. Ladin gibi bazı ağaç türlerinin ise, geçirgenliğinin düşük olduğu bilinmektedir (Flynn 1995; Liese ve Bauch 1967). Bu tip ağaç türleri için empenye işlemi karmaşık olup, yüksek penetrasyon elde etmek oldukça güçtür. Ladin odunundaki traheid hücre duvarlarında bulunan geçitlerin, aspirasyona uğraması nedeniyle empenye işlemi güçleşmektedir (Siau 1984; Siau 1995). Geçirgenliği arttırmak için; kurutma planları, buhar uygulaması, vakum-basınç yöntemi gibi farklı metotlar uygulanmaktadır (Durmaz ve ark. 2015; He ve ark. 2014; Mai ve ark. 2004; Panek ve ark. 2013; Yıldız ve ark. 2011). Bunların dışında asitle muamele, delgileme işlemi (incising), bakteri ve mantar ile muamele gibi çalışmalar da yapılmıştır (Kartal ve Lebow 2002; Lehringer ve ark. 2009; Morris ve ark. 2002; Winandy ve Morrell 2007; Panek ve ark. 2005; Unligil 1972; Yıldız ve ark. 2010). Ancak bu zamana kadar hiçbir uygulama endüstriye getirilecek derecede başarılı olmamıştır.

Bu çalışma da Doğu ladini (*Picea orientalis* L.) diri odunu geçirgenliğinin enzimatik muamele ile artırılması amaçlanmıştır. Tekstil endüstrisinde yaygın olarak kullanılan Bioprep 3000 L, Viscozyme L, Texazym DLG ve Texazyme BFE enzimlerinin ladin diri odunu geçirgenliğine olan etkisi incelenmiştir. Odun örnekleri, enzimatik muamele sonrasında Celcure AC 500 maddesi ile empenye edilmiş ve empenye maddesinin retensiyon ve penetrasyon miktarları belirlenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Ağaç Malzeme

Bu çalışmada iğne yapraklı ağaç türlerinden Doğu ladini (*Picea orientalis* L.) kullanılmıştır. Bu ağaç türü doğal yayılış yeri olan Doğu Karadeniz Bölgesi, Maçka Orman İşletme Şefliğinden taze olarak temin edilmiştir. Ağaç malzeme seçilirken; doğal renkli, kusursuz, liflerinin birbirine paralel olması, lif kıvrıklığı olmaması, böcek ve mantar zararlılarına uğramamış bulunması gibi etmenler göz önünde bulundurulmuştur. Retensiyon miktarı için 15 (boyuna) $\times$ 5 (radyal) $\times$ 2.5 (teğet) cm<sup>3</sup> boyutlarında her bir enzim örneği için 8 test ve 8 kontrol örneği hazırlanmıştır. Penetrasyon derinliği için 30 (boyuna) $\times$ 2(radyal) $\times$ 2 (teğet) cm<sup>3</sup> boyutlarında her bir enzim için 6 test ve 6 kontrol örneği hazırlanmıştır.

### Enzimatik Muamele İşlemi

Her bir enzimin aktivasyonu için uygun şartlar farklı olduğundan uygulanan pH ve sıcaklık değerleri değişiklik göstermektedir. Bioprep 3000 L enzimi için 0.1M fosfat tamponu ile pH değeri 8'e ayarlanmış ve 55 °C'de tutulmuş, Viscozyme L enzimi için 0.1M asetat tamponu ile pH değeri 4,5'e ayarlanmış ve 40 °C'de tutulmuş, Texazym BFE enzimi için 0.1M fosfat tamponu ile pH değeri 7'ye ayarlanmış ve 55 °C'de tutulmuş, Texazym DLG enzimi için ise 0.1M fosfat tamponu ile pH değeri 5'e ayarlanmış ve 60°C'de tutulmuştur. İnkübasyon süresi 7 gün olarak belirlenmiştir. Enzim konsantrasyonu %1, örnek/solüsyon oranı 1/4 (v/v) olarak ayarlanmıştır. Tüm örnekler aynı şartlarda muamele edilmiştir. Her gün örneklerin pH değerleri ölçülerek, pH' da meydana gelen değişimler tampon madde yardımıyla tekrar düzeltilmiştir. İnkübasyon süresi tamamlandıktan sonra örnekler 20 °C ve %65 bağıl nem ortamında denge rutubetine (~%12) gelinceye kadar bekletilmiştir.

### Kullanılan Emprenye Maddesi (Alkali Bakır Kuat (Celcure AC500))

Kullanılan empenye maddesinin %16.63'ünü bakır karbonat hidroksit, %4.8'ini benzalkonium klorit ve %5.0'ını borik asit oluşturmaktadır. %2.5 konsantrasyonda empenye çözeltisi hazırlanmıştır.

### Emprenye Yöntemi

Emprenye işlemleri, Bethell (dolmuş hücre) yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Çözelti içerisindeki deney örneklerine, 15 dakika süreyle 685 mmHg değerinde ön vakum uygulandıktan sonra 30 dakika süreyle 8 bar'lık basınç uygulanmıştır. Örneklerin emprenye öncesi ( $M_{e0}$ ) ve emprenye sonrası ( $M_{es}$ ) ağırlıkları  $\pm 0.01$  gr hassasiyetle belirlenmiştir. Retensiyon miktarı (1) nolu eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$Ret (kg/m^3) = [(G \times C) / V] \times 10 \quad (1)$$

Eşitlikte;

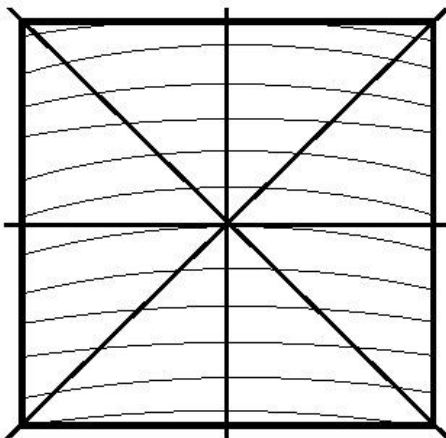
G:  $M_{es} - M_{e0}$  (Emprenye sonrası ağırlık – Emprenye öncesi ağırlık) (gr)

C: Çözelti konsantrasyonu (%)

V: Örnek hacmini ( $cm^3$ ) ifade etmektedir.

### Penetrasyon Derinliđinin Belirlenmesi

Penetrasyon miktarı AWP A3-08 standardına göre belirlenmiştir. Ayıra olarak Chrome Azurol S (Mordan Mavisi) kullanılmıştır. 0.5 gr Chrome Azurol S ve 5 gr sodyum asetat 80 ml su içerisinde çözündürülmüş, ardından 300 ml'ye seyreltilmiştir. Emprenye işleminden hemen sonra, orta yerlerinden kesilmiş taze haldeki örneklerin üzerine karışım sürülmüştür. Ortaya çıkan koyu mavi renk, bakırın varlığını göstermektedir. Boyama işlemi tamamlandıktan sonra örneklerin fotoğrafları çekilmiştir. Her bir örnek, Digimizer v.3.1.2 analiz programı yardımı ile Şekil 1'de gösterildiği gibi 8 noktadan ölçülmüştür. Elde edilen değerlerin ortalaması alınarak, örneklerin penetrasyon derinliği belirlenmiştir.



Şekil 1 Penetrasyon derinliđinin belirlenmesi

### İstatistiksel Deđerlendirme

Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Örnekler arasındaki farklılıkların belirlenebilmesi için "Basit Varyans Analizi" yapılmıştır. Etkilemenin anlamlı çıkması halinde ortalama değerlere "Duncan" karşılaştırma testi uygulanarak homojenlik grupları belirlenmiştir. Deđerlendirmeler %95 güven düzeyi esas alınarak gerçekleştirilmiştir.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Enzimatik muamele uygulanmış ve uygulanmamış örneklere ait retensiyon miktarları ve Duncan testi sonucu oluşturulan homojenlik grupları Tablo 1'de verilmiştir. Retensiyon miktarlarına ait basit varyans analizi sonuçları ise Tablo 2'de verilmiştir. Hiçbir işlem uygulanmamış kontrol örneklerine ait retensiyon miktarı, geçmiş çalışmalardaki sonuçlarla tutarlılık göstermiştir (Ozgenç ve ark. 2013). Bunun aksine, uygulanan ön işlem retensiyon miktarlarını %21 ile 32 arasındaki oranlarda arttırmıştır. Retensiyon miktarındaki en düşük artış (%21) Bioprep 3000 L enzimi, en yüksek artış (%32) Viscozyme L enzimi ile muamele edilen örneklerde elde edilmiştir. Texazym BFE (%25) ve Texazym DLG (%28) enzimleri de retensiyon miktarında önemli artışlara neden olmuştur.

Tablo 1. Emprenye sonrası elde edilen retensiyon miktarları ve homojenlik grupları

Enzim Türü	X ( $kg/m^3$ )	s	HG
Bioprep 3000 L	3.4	0.32	B
Viscozyme L	3.7	0.23	C
Texazym BFE	3.5	0.29	B C
Texazym DLG	3.6	0.17	B C
Kontrol	2.8	0.16	A

s: Standart sapma; HG: Homojenlik grupları

Tablo 2. Emprenye maddesi retensiyon miktarlarına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Ser. Der.	Kareler Ort.	F-Hesap	Önem Der. ( $p < 0.05$ )
Gruplar arası	4.00	4	1	16.990	0.000
Grup içi	2.06	35	0.59		
Toplam	6.06	39			

Literatürde, enzimatik muamelelerin geçit membranlarını bozularak, hücreler arası iletimin artmasını sağladığı bildirilmiştir (Durmaz ve ark. 2015). Tek bir enzimden oluşan Bioprep 3000 L ve Texazym BFE enzimleri,

retensiyon miktarlarını daha düşük oranda arttırmış olup, farklı enzim karışımlarından oluşan Viscozyme L ve Texazym DLG enzimleri daha fazla retensiyon artışına neden olmuştur (Akin ve ark. 2002; Foulk ve ark. 2008).

Geçmiş çalışmalar geçit membranının farklı bileşenlerden oluştuğunu ortaya koymuştur (Bauch ve ark. 1968; Comstock ve Côté Jr 1968; Imamura ve ark. 1974; Lee ve ark. 2012; Maschek ve ark. 2013). Odun ile muamele edilen enzimlerin içeriği zenginleştikçe, geçitler üzerindeki etkisinin de arttığı gözlenmiştir. Enzimatik muamele uygulanan ve uygulanmayan örneklerin penetrasyon miktarları Tablo 3'de, penetrasyon miktarlarına ait basit varyans analizi sonuçları ise Tablo 4'de verilmiştir. Emprenye maddesinin odun örnekleri içerisindeki dağılımına ilişkin resimler Şekil 2'de gösterilmiştir.

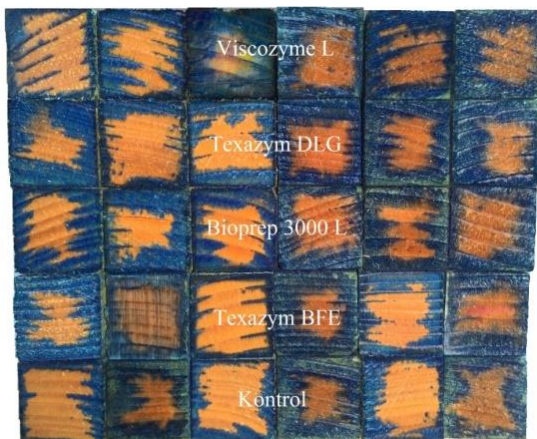
**Tablo 3.** Penetrasyon derinliği (mm)

Enzim Türü	X (mm)	s	HG
Bioprep 3000 L	7	0.213	AB
Texazym BFE	7	0.372	AB
Viscozyme L	7.4	0.338	B
Texazym DLG	7.7	0.738	B
Kontrol	6.4	0.644	A

s: Standart sapma; HG: Homojenlik grupları

**Tablo 4.** Emprenye maddesi penetrasyon derinliğine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Top.	Ser. Der.	Kareler Ort.	F-Hesap	Önem Der. (p<0.05)
Gruplar arası	5.760	4	1.44	5.712	0.002
Grup içi	6.302	25	0.252		
Toplam	12.062	29			



**Şekil 2.** Emprenye maddesinin odun içindeki penetrasyonu.

Enzimatik muamele penetrasyon miktarlarını arttırmıştır. En düşük penetrasyon miktarı (7 mm)

Bioprep 3000 L ve Texazym BFE enzimleri ile muamele edilen örneklerde bulunmuştur. En yüksek penetrasyon miktarları ise Texazym DLG (7,7 mm) ve Viscozyme L (7,4 mm) enzimleri ile muamele edilen örneklerde gerçekleşmiştir. Enzimatik muamele sonrasında penetrasyon miktarı %9 ile 21 arasındaki oranlarda artış göstermiştir. Bioprep 3000 L ve Texazym BFE enzimleri penetrasyon miktarını %9.38 oranında arttırmıştır. Viscozyme L ve Texazym DLG enzimleri ise %20.31 ve %15.63 ile penetrasyon miktarını en fazla arttıran enzimler olmuştur.

Bioprep 3000 L ve Texazym BFE enzimleri pektin maddesini bozunduran pektinaz enzimlerinden oluştuğu, Viscozyme L ve Texazym DLG enzimlerinin ise farklı enzim karışımlarından oluştuğu literatürdeki çalışmalarda bildirilmektedir. (Foulk ve ark. 2008). Pektinaz enzimlerince zengin olan bu enzimler ayrıca selülaz, hemiselülaz ve ligninaz enzimleri ihtiva etmelerinden dolayı daha fazla bileşenin çözünmesine neden olmuşlardır. Geçmiş çalışmalar enzim komplekslerinin, pektinaz enzimlerine oranla lifler üzerinde daha fazla tahribata neden olduğunu göstermiştir (Antanov ve ark. 2007; Foulk ve ark. 2008; Yanchmenev ve ark. 2001; Akin ve ark. 2001; Akin ve ark. 2002).

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Geçit aspirasyonunun odundaki sıvı iletimini olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir. Bu çalışmada, doğu ladini diri odunu örneklerinin farklı enzimler ile muamele edilmesinin, retensiyon ve penetrasyon miktarlarında önemli oranda artışa neden olduğu belirlenmiştir. Bu durum, enzimatik muamelenin geçitleri tahrip ederek iletimin artmasını sağlaması ile açıklanabilir.

Kullanılan enzime bağlı olarak retensiyon ve penetrasyon miktarlarındaki artışlar farklılıklar göstermiştir. Yalnız pektinaz enziminden oluşan enzimler, odunda daha az tahribata neden olmuştur. Bu durum retensiyon ve penetrasyon değerlerinde daha düşük artışlara neden olmuştur. Bunun aksine, farklı enzim karışımlarından oluşan enzimlerle muamele edilen örneklerin retensiyon ve penetrasyon değerlerinde daha fazla artış elde edilmiştir. Ağaç malzemenin kullanım alanına bağlı olarak istenilen retensiyon ve penetrasyon miktarları

değişmektedir. İstenilen retensiyon ve penetrasyon miktarlarına uygun olarak gerçekleştirilen enzimatik muamele ile ağaç malzemenin dayanım ömrü arttırılabilir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK (1002) Hızlı Destek Programı kapsamında, 1150828 kodla desteklenmiştir. Kullanılan enzimlerin sağlamlasında verdikleri desteklerden dolayı Novozymes (Türkiye), Inotex (Çek Cumhuriyeti) ve Alfa Kimya (Türkiye) firmalarına teşekkür ediyoruz.

## KAYNAKLAR

- Akin DE, Foulk JA, Dodd RB, McAlister DD (2001) Enzyme-retting of flax and characterization of processed fibers. *Journal of Biotechnology* 89(2):193-203
- Akin DE, Foulk JA, Dodd RB (2002) Influence on flax fibers of components in enzyme retting formulations. *Textile research journal* 72(6):510-514
- Antonov V, Marek J, Bjelkova M, Smirous P, Fischer H (2007) Easily available enzymes as natural retting agents. *Biotechnology journal* 2(3):342-346
- AWPA (American Wood Preservers' Association) (2010) Method A3-08 Standard methods for determining penetration of preservatives and fire retardants
- Bauch J, Liese W, Scholz F (1968) Über die Entwicklung und stoffliche Zusammensetzung der Hoftüpfelmembranen von Längstracheiden in Coniferen. *Holzforschung-International Journal of the Biology, Chemistry, Physics and Technology of Wood* 22(5):144-153
- Comstock GL, Côté Jr WA (1968) Factors affecting permeability and pit aspiration in coniferous sapwood. *Wood Science and Technology* 2(4):279-291
- Daniel G (2003) Microview of wood under degradation by bacteria and fungi. In: Goodell B, Nicholas DD, Schultz TP (ed) *Wood deterioration and preservation: advances in our changing world*, ACS Symposium Series, USA, pp 34-72
- Durmaz S, Yıldız UC, Yıldız S (2015) Alkaline enzyme treatment of spruce wood to increase permeability. *BioResources* 10(3):4403-4410
- Flynn KA (1995) A review of the permeability, fluid flow, and anatomy of spruce (*Picea* spp.). *Wood and Fiber Science* 27(3):278-284
- Foulk J, Akin D, Dodd R (2008) Influence of pectinolytic enzymes on retting effectiveness and resultant fiber properties. *BioResources* 3(1):155-169
- He S, Lin L, Fu F, Zhou Y, Fan M (2014) Microwave treatment for enhancing the liquid permeability of Chinese fir. *BioResources* 9(2):1924-1938
- Hill CA (2007) *Wood modification: chemical, thermal and other processes*. John Wiley & Sons, England

- Imamura Y, Harada H, Saiki H (1974) Embedding substances of pit membranes in softwood tracheids and their degradation by enzymes. *Wood Science and Technology* 8(4):243-254
- Kartal SN, Lebow ST (2002) Effects of incising on treatability and leachability of CCA-C-treated eastern hemlock. *Forest products journal* 52(2):44-48
- Köse G, Temiz A, Demirel S, Özkan OE (2014) Using commercial water repellent chemicals on wood protection. IRG Annual Meeting, Utah, USA, IRG/WP 14-30656
- Lee J, Holbrook NM, Zwieniecki MA (2012) Ion induced changes in the structure of bordered pit membranes. *Frontiers in plant science* 3:1-4
- Lehringer C, Arnold M, Richter K, Schubert M, Schwarze FW, Militz H (2009) Bioincised wood as substrate for surface modification. In *The Fourth European Conference on Wood Modification*, Stockholm, pp 197-200
- Lehringer C (2011) Permeability improvement of Norway spruce wood with the white rot fungus *Physisporinus vitreus*. Doktora Tezi, Georg-August Üniversitesi, Almanya
- Liese W, Bauch J (1967) On the closure of bordered pits in conifers. *Wood Science and Technology* 1(1):1-13
- Mai C, Kües U, Militz H (2004) *Biotechnology in the wood industry*. Applied Microbiology and Biotechnology 63(5):477-494
- Maschek D, Goodell B, Jellison J, Lessard M, Militz H (2013) A new approach for the study of the chemical composition of bordered pit membranes: 4Pi and confocal laser scanning microscopy. *American journal of botany* 100(9):1751-1756
- Merev N (2003) *Odun Anatomisi*. KTÜ Basımevi, Orman Fakültesi Yayını, No:32 Trabzon
- Morris PI, McFarling SM, Zahora AR (2002) Treatability of refractory species with amine and amine/ammoniacal formulations of ACQ. *Forest products journal* 52(10):37
- Ozgenç O, Hızıroğlu S, Yıldız UC (2012) Weathering properties of wood species treated with different coating applications. *BioResources* 7(4):4875-4888
- Ozgenç O, Yıldız ÜC, Yıldız S (2013) Odun yüzeylerinin bazı yeni nesil emprenye maddeleri ve üst yüzey işlemleri ile açık hava etkilerine karşı korunması. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 14(2):203-215
- Pánek M, Reinprecht L, Babiak M (2005) Improving of spruce wood impregnability with *Bacillus subtilis* and *Trichoderma viride*. In *Workshop COST Action E. 37:4*
- Pánek M, Reinprecht L, Mamoňová M (2013) *Trichoderma viride* for improving spruce wood impregnability. *BioResources* 8(2):1731-1746
- Schmidt O (2006) *Wood and tree fungi*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg
- Siau JF (1984) *Transport Processes in Wood*. Springer Verlag, New York
- Siau JF (1995) *Wood: Influence of moisture on physical properties*. Dept. of Wood Science and Forest Products. Virginia Polytechnic Institute and State University
- Unligil HH (1972) Penetrability and strength of white spruce after ponding. *Forest products journal* 22(9):92-100

Winandy JE, Morrell JJ (2007) Effects of incising on lumber strength and stiffness: relationships between incision density and depth, species, and MSR grade. *Wood and fiber science* 30(2):185-197

Yachmenev VG, Bertoniere NR, Blanchard EJ (2001) Effect of sonication on cotton preparation with alkaline pectinase. *Textile Research Journal* 71(6):527-533

Yildiz S, Canakci S, Yıldiz UC, Ozgenc O, Tomak ED (2011) Improving of the impregnability of refractory spruce wood by *Bacillus licheniformis* pretreatment. *BioResources* 7(1):565-577

Yildiz S, Yıldiz Ü, Dizman E, Temiz A, Gezer E, (2010) The effects of preacid treatment on preservative retention and compression strength of refractory spruce wood impregnated with CCA and ACQ. *Wood Research* 56(3):93-104