



Mantar Tahribatına Uğramış Titrek Kavak Odununun FT-IR Yöntemiyle Kimyasal Analizi

Ahmet CAN^{*,1}, Hüseyin SİVRİKAYA¹

¹ Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 74100, BARTIN

Öz

FT-IR yöntemi, mantar çürüklük tahribatının tespiti, kimyasal değişikliklerin karakterizasyonu için kullanışlı bir metoddur. Yapılan çalışmalarda mantarların oluşturduğu kayıplar ağırlık üzerinden hesaplanmaktadır. Bu çalışmada Bakır azol ve CX-8 maddeleriyle emprenye edilen ve 2 ay süreyle *Trametes versicolor* mantarına maruz bırakılan örneklerdeki kimyasal değişimler FT-IR analizi ile incelenecektir. Elde edilen sonuçlara göre kontrol ve %1 konsantrasyonda emprenye edilen örneklerde lignin, selüloz ve hemiselüloz piklerinde azalma gözlenmiştir. %3 konsantrasyonda emprenye edilen ve mantar testi uygulanan örneklerin lignin pikinde önemli bir değişim olmamıştır. Emprenye işlemi ile O-H ve C-H grupları modifiye edilmiştir ve ilgili pikler önemli oranda azalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Beyaz çürüklük, FTIR, Emprenye, Bakır azol, CX-8.

Chemical Characterization of Fungal Deterioration In *Populus Alba* By FT-IR

Abstract

FT-IR analysis is one of the most useful method for investigating fungal decays, characterizing the chemical changes in the wood. The mass losses in wood caused by the fungi are calculated on the basis of difference in weight. In this study, chemical changes of samples, impregnated with copper azole and CX-8 and exposed to *Trametes versicolor* fungi for 2 months, were examined by FT-IR. According to the results obtained, there was a decrease in lignin, cellulose and hemicellulose peaks after impregnation at 1% concentration and for control wood. No significant change was shown in the lignin peaks for the treated samples (3 % concentration) exposed to the decay test. Results indicated that O-H and C-H groups were modified by impregnation and related peaks were significantly reduced.

Keywords: White rot, FTIR, Impregnation, Copper azole, CX-8.

***Sorumlu Yazar (Corresponding Author):**

Ahmet CAN; Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 74100, Bartın. E-mail: acan@bartin.edu.tr

Geliş (Received) : 22.03.2017

Kabul (Accepted) : 07.04.2017

Basım (Published) : 01.06.2017

1. Giriş

Ahşap yapı malzemeleri diğer yapı malzemelerine göre oldukça üstün özelliklere sahip ve doğada fazlaca bulunan bir materyaldir. Odun, düşük yoğunluğu, düşük ısı iletimi, yüksek mekanik dayanımı ve kolay işlenebilirliğiyle birlikte iyi bir estetik görünümüne sahip, yenilenebilir bir malzemedir (Sivrikaya and Can, 2014). Biyotik ve Abiyotik faktörler odun yapısında değişikliklere neden olmaktadır. Abiyotik faktörlerin en önemlisi mor ötesi (UV) ısınları, biyotik faktörler ise mantar tahribatıdır. Bu faktörler nedeniyle odun birçok olumlu özelliğini kaybetmekte olumsuz özellikleri ortaya çıkmaktadır. Abiyotik ve biyotik faktörlere maruz kalan odunun yoğunluk, direnç ve estetik özelliklerini büyük ölçüde azaltmaktadır. Herhangi bir ön koruma işlemine tabi tutulmamış birçok odun türünün doğal dayanıklılığı dış koşullarda kullanılabilmesi için yeterli düzeyde değildir. Dolayısıyla özellikle dış mekanda kullanılacak odunların mutlaka korunması gerekmektedir (Feist and Hon, 1984). Bakırlı emprenye maddeleri mantarlara karşı sahip olduğu yüksek zehirlilik etkisi nedeniyle son 50 yıldır emprenye endüstrisinde en fazla kullanılan maddeler arasında yer almaktadır. Mantar ve böceklerle karşı performansı tüm dünya tarafından kabul edilen CCA (bakır-krom-arsenik) maddesinin yasaklanması, bu maddeye alternatif yeni ve çevre dostu maddelerin gelişmesine neden olmuştur. Geliştirilen maddeler arasında yaygın olarak kullanılan bakır-azol; mantar ve böceklerle karşı son derece etkili, CX-8 emprenye maddesi ise insanların temas ettiği yerlerde kullanımına izin verilmiştir (Richardson, 2002; Taşcıoğlu, 2003). Beyaz çürüklük mantarları, odunun tüm bileşenlerini tahrip ve metabolize etme yeteneğine sahiptir. Odundaki ağırlık kayıpları çürüklüğün ilk aşamalarında odun ağırlığına oranla %95-97 oranında azalmaktadır. Beyaz çürüklük ile selüloz miktarı nispeten süratle azalırken, lignin miktarı çürüklüğün ilk safhalarında süratle azaldığı halde sonraki safhalarda azalma yavaşlamaktadır (Eriksson vd. 2012). FT-IR spektroskopisi odun kimyasal içeriğinin analizinde sık sık kullanılmaktadır. Bu analiz ile tek adımda ve hızlı bir şekilde ölçüm gerçekleştirilmektedir. FT-IR yönteminin bir diğer avantajı odun örneklerinin tahrip edilmeden ölçüm yapılması, küçük boyutta örnek kullanımı ve örnek hazırlama işleminin kolay olmasıdır (Petrout vd. 2009). Faix vd. (1991) yılında yaptıkları çalışmada beyaz çürüklük mantarına maruz kalmış örneklerin kimyasal analizini FT-IR yöntemiyle gerçekleştirmiştir. Elde ettikleri sonuçlara göre ligninin polisakkaritlerden daha çok modifiye edildiğini göstermişlerdir. Yapılan birçok çalışmada esmer ve beyaz çürüklük mantarına maruz kalan odun örneklerin analizleri FTIR yöntemiyle gerçekleştirilmiştir (Pandey ve Pitman 2003; Pandey ve Pitman 2004; Naumann vd. 2005; Mohebbi 2005). Örnek yüzeylerinde meydana gelen yapısal değişikliklerin belirlenmesinde Fourier Dönüşüm Kızılötesi Spektroskopi (FTIR) analizleri yaygın şekilde kullanılmakta olup bunun başlıca nedenleri şöyle sıralanmaktadır:

1. İki molekülün hiçbir zaman aynı kızılötesi spektruma sahip olmaması,
2. Selüloz, hemiselüloz ve lignin bileşenlerinin ayrı ayrı karakteristik piklerinin olması,
3. Karışımların kızılötesi spektrasının katkılı olması ve anahtar piklerinin absorpsiyonunun, kimyasalların konsantrasyonu ile orantılı olmasıdır (Temiz, 2005).

Yapılan çalışmalarda mantar tahribatının etkisi oluşan ağırlık kayıplarıyla ortaya konmaktadır. Kontrol ve emprenyeli odunlarda mantarın odunun kimyasal yapısında nasıl bir değişim meydana getirdiği çalışmaya açık bir konudur. Bu çalışmanın amacı mantar testi sonrası emprenyeli odun hücre çeper bileşenlerinde meydana gelen değişimin incelenmesidir. Bu amaçla kavak diri odun örnekleri bakır azol ve CX-8 emprenye maddeleri ile emprenye edilmiştir. Emprenyeli odun örnekleri beyaz çürüklük (*Trametes versicolor*) mantarına 2 ay süre ile maruz bırakılmıştır. Örneklerdeki ağırlık kaybı ve odun hücre duvarındaki değişimler ATR-FTIR yöntemiyle incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2. 1. Materyal

Odun türü, 0,5 (radyal yön) x 1,5 (teğet yön) x 3 (lifler yönü) cm olarak kavak (*Populus alba*) diri odun kısımlarından kesilmiştir. Kavak türünün seçilmesinin sebebi kolay emprenye edilebilirliği ve mantarlara karşı dayanımının düşük tür olmasıdır. Emprenye işleminden önce bütün odun örnekleri 20 °C ve % 65 bağıl nemde 2 hafta kondisyonlanmışlardır. Örnek seçiminde odun örneklerinin çürüklük, budak olmamasına ve liflerin düzgün bir şekilde olmasına önem verilmiştir. Kimyasal madde olarak %1 ve 3 konsantrasyonlarında bakır azol (CuA), ve %1 ve 3 konsantrasyonda CX-8 emprenye maddeleri kullanılmıştır. Çözeltiler saf su ile hazırlanmıştır. Kullanılan maddeler su bazlı ve çevre dostu kimyasal maddelerdir.

2. 2. Odun örneklerinin Emprenyesi

Örnekler hazırlandıktan sonra emprenye işlemi için 2 hafta süreyle %65 bağıl nem ve 25 °C’de kondisyonlanmıştır. Örneklerin emprenye işlemi Bartın Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği bölümü odun koruma

laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Hava kurusu hale getirilen vakum-basınç işlemi uygulanmak suretiyle, 650 mmHg 30 dakika vakum ve 6 bar basınç 1 saat süre ile empenye işlemi yapılmıştır.

Örneklerin empenye öncesi tartımları yapılarak (Meö) kaydedilmiş, empenye sonrası örnekler üzerinde kalan fazla çözelti yavaşça silinerek tekrar tartımları yapılmış ve Mes (emprenye sonrası ağırlık) olarak kaydedilmiştir. Retensiyon miktarları aşağıda belirtilen (1) nolu eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır. Ardından örnekler, 25°C ve %65 bağıl nemdeki iklimlendirme dolabında 2 hafta bekletilerek kondüsyonlanmıştır.

$$\text{Retensiyon (kg/m}^3\text{)} = \frac{G \times C}{V} \times 10 \quad (1)$$

G : örnek tarafından absorbe edilen empenye maddesi çözelti miktarı (Mes- Meö) (g)

C : empenye maddesi çözeltisinin konsantrasyonu (%), V : örnek hacmi (cm³)

2. 3. Mantar Çürüklük Testi

Çürüklük mantarlarına karşı direnç performansları petri kabında gerçekleştirilen mini-blok yöntemine göre yapılmıştır. Kullanılan odun örnek boyutları standartta belirtilen boyutlardan farklılık göstermektedir. 0,5 x 1,5 x 3 cm boyutlarında hazırlanan örnekler her varyasyon için 6 tekrarlı olacak şekilde, 24 adet test ve 10 adet kontrol örneğinden oluşmuştur. Mantarların besi ortamı için hazır %4,8'lik malt-agar karışımı kullanılmıştır. Hazırlanan çözeltiyi sterilize etmek için erlenlerin ağzı alüminyum folyo ile kapatıldıktan sonra 121 °C' deki otoklavda 20 dakika bekletilmiş ve aşılama kabininde soğutmaya bırakılmıştır. İyice soğuktan ve dökülme kıvamına geldikten sonra her bir petri kabına yeterli miktarda (23 ml) dökülmüştür. Besi ortamlarına *Trametes versicolor* (L.:Fr) Plat mantarı aşılandıktan sonra mantarların büyüebilmesi için petri kapları 22±1 °C ve %65±5 bağıl nemdeki iklimlendirme odasında mantar gelişimi tamamlanincaya kadar bekletilmiştir. Süre sonunda petri kaplarına çürüklük öncesi (Çö) tam kuru ağırlıkları alınmış olan test ve kontrol örnekleri yerleştirilip iklimlendirme odasında 8 hafta süreyle bekletilmişlerdir.

Süre sonunda petri kaplarından alınan örnekler 103±2 °C'deki etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletildikten sonra ağırlıkları alınıp çürüklük sonrası tam kuru ağırlık olarak (Çs) kaydedilmiştir. Ağırlık kaybı (AK) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Ağırlık kaybı (\%)} = \frac{(\text{Çö}-\text{Çs})}{\text{Çö}} \times 100 \quad (2)$$

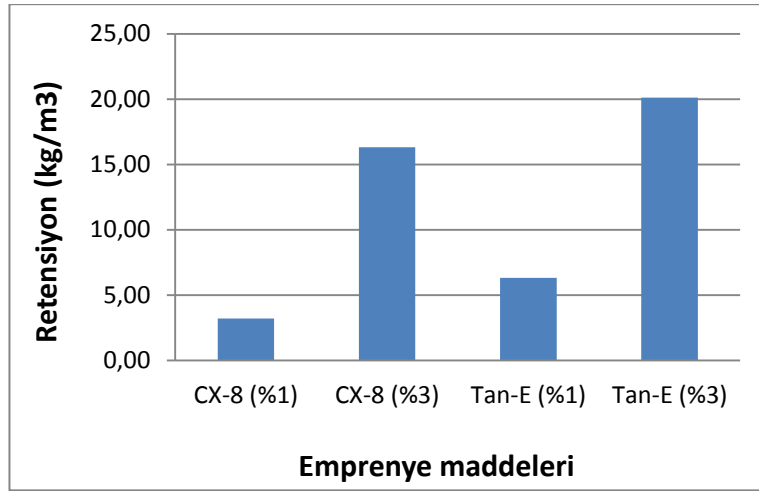
2. 4. Fourier Dönüşüm Kızılötesi Spektroskopi (FTIR) Analizi

Bartın Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği bölümünde Perkin ElmerSpectrum 100 Marka Fourier Dönüşüm Kızılötesi Spektroskopi (FTIR) cihazı ile test ve kontrol örneklerinin mantar testi öncesinde ve sonrasında kimyasal analiz ölçümleri alınmıştır. Perkin ElmerSpectrum 100 model cihaza uygun olarak PIKE marka ATR Diamond /ZnSe aparatı kullanılarak örneklerde herhangi bir bozunmaya neden olmadan yüzeyden katı ölçüm yapılmıştır. Her örneğin spektrası 4 cm-1 çözünürlükte olup 700-1800 tarama aralığında alınmıştır. Hazırlanan test ve kontrol odunu örneklerinin, mantar testi öncesi ve sonrasında 1 ay süre ile 20 °C sıcaklık % 65±5 bağıl nem içeren ortamda bekletildikten sonra FTIR spektroskopi ölçümleri alınmıştır. Örneklerin 5 farklı noktasından spektrum ölçümü alınmıştır. Her varyasyon için, cihazın programında spektrumların ortalaması hesaplanarak tek bir spektrum elde edilmiştir. Mantar testi öncesinde ve sonrasında elde edilen iki spektrumun farkından faydalanarak odun yüzeyindeki kimyasal değişim ortaya konulmuştur.

3. Bulgular ve Tartışma

3. 1. Retensiyon değerleri

Emprenye işlemi sonrası odun örneklerindeki retensiyon (kg/m³) değerleri şekil 1'de verilmiştir.

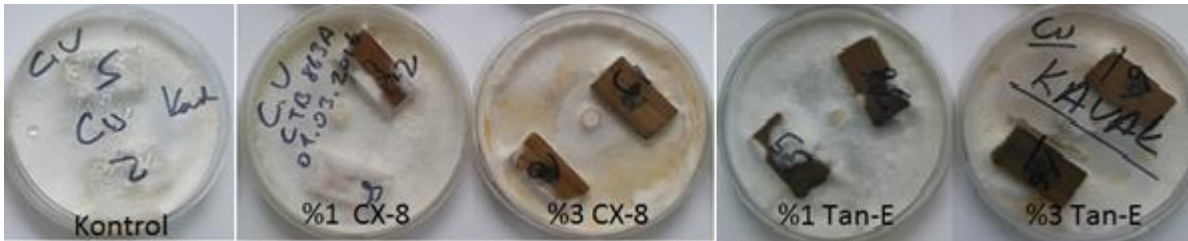


Şekil 1. Emprenyeli örneklere ait retensiyon (kg/m³) değerleri

Elde edilen sonuçlara göre emprenye maddesinin konsantrasyonunun artışına paralel olarak retensiyon değerleri artış göstermektedir. En yüksek retensiyon değeri 20 kg/m³ ile %3 konsantrasyonda Tan-E ile emprenye edilen örneklerde elde edilmiştir. En düşük retensiyon ise 3,21 kg/m³ ile %1 konsantrasyonda emprenye edilen CX-8 emprenye maddesinde elde edilmiştir. CX-8 ve Tan-E maddelerinin kimyasal yapılarının ve molekül büyüklüklerinin farklı olması retensiyon farklılıklarına neden olmuştur. Sivrikaya ve Can (2014) yılında yaptıkları çalışmada benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

1.1. Görsel değerlendirme

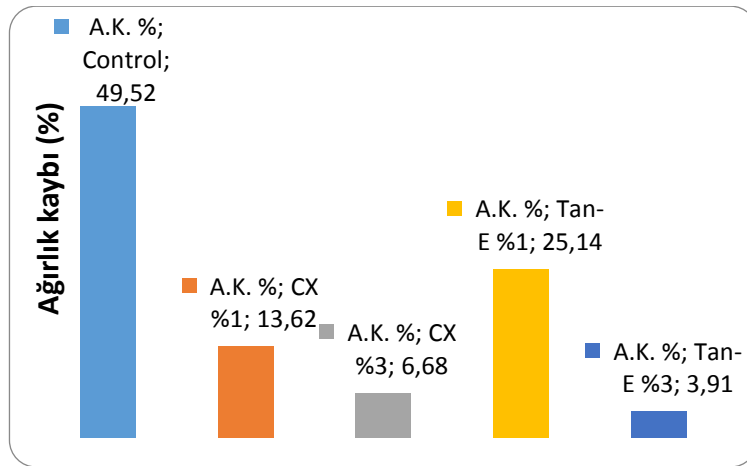
Şekil 2’de mantar test sonrası test ve kontrol örneklerinin durumu gözükmektedir. *Trametes versicolor* mantarı kontrol örneklerinin yüzeyini tamamen örtmüş durumdadır. Test örneklerinde ise konsantrasyon farklılıklarına göre mantarın örneklere saldırısı farklılık göstermektedir. Minimum ağırlık kaybı olan %3 Tan-E (%3,91) örneklerinde mantarın gelişim göstermediği gözükmektedir. Örnek yüzeylerindeki misel gelişimi oluşan ağırlık kaybının göstergesi olabilmektedir.



Şekil 2. Mantar testi sonrası örneklerin görünümü

1.2. Ağırlık kaybı

Elde edilen sonuçlara göre *Trametes versicolor* mantarı kavak kontrol örneklerinde %49,52 oranında ağırlık kaybı meydana getirmiştir. Bu ağırlık kaybı standartta belirtilen (%25) ağırlık kaybının üzerinde olması nedeniyle test geçerlidir. Test örneklerinde ise kontrole kıyasla daha az ağırlık kaybı olmuştur. Fakat elde edilen bu ağırlık kaybı değerleri standartta istenen %3 değerinin üzerindedir (EN 113, 1996). Test örneklerinde ağırlık kaybı değerlerinin yüksek çıkması mantarın agresifliğine bağlanabilir. Çünkü bakırın mantarlara karşı koruyucu etki gösterdiği bilinmektedir ve Sivrikaya ve Can (2014) tarafından yapılan çalışmada ortaya konmaktadır.



Şekil 3. Mantar testi sonrası ağırlık kaybı (%).

Trametes versicolor mantarına maruz bırakılmış test örneklerinde kontrole kıyasla %90'a varan azalmalar olmuştur. Fakat test örneklerindeki bu ağırlık kaybı değerleri yüksek kabul edilmektedir. *Trametes versicolor* mantarı kavak gibi çürümeye az dayanıklı türlerde odunun tümünü çürütmektedir. Bu mantarın agresif yapıda bir mantar olduğu ve kısa sürede çok önemli ağırlık ve direnç kayıplarına yol açan beyaz çürüklük yaptığı bilinmektedir (Yıldız, 2000). Bakır, emprenyeli odunda farklı formlarda bulunabilir: 1.CuCrO₄ lignin kompleksi, 2.Cu²⁺ lignin kompleksi, 3.Cu²⁺ selüloz kompleksi, 4.odun bileşikleri tarafından fiziksel olarak absorbe etme (Jusoh 2000, Pizzi 1982). Odun ile oluşan bu kompleksler sayesinde bakırın odundan yıkanması düşük olmakta ve mantara karşı dayanım artırılmaktadır. Temiz vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada kontrol örneklerinde %49,38 ağırlık kaybı oluşurken, %19,03 retensiyonda (%2,8 Tan-E) kullanılan odun örneklerinde *Coriolus versicolor* mantarı %0,70 ağırlık kaybı oluşturmuştur. %3 konsantrasyonda Tan-E ile emprenye edilen örneklerde minimum ağırlık kaybı yapısında bulunan tebukonazol maddesinden kaynaklandığı bilinmektedir. Yapılan literatür çalışmasında bu maddenin etkili bir fungusit olduğu belirtilmiştir (Buschhaus vd. 1995). Ayrıca literatür çalışmalarında bakır içerikli emprenye maddelerinin mantarlara karşı yüksek zehirlilik etkisi nedeniyle kontrole kıyasla düşük ağırlık kayıpları elde edilmektedir (Buschhaus vd. 1995; Jiang vd. 2002).

1.3. Fourier Dönüşüm Kızılötesi Spektroskopi (FTIR) Analizi

Kimyasal değişimde özellikle değişen frekans noktaları ve bu noktaların fonksiyonu tablo 1'de verilmiştir.

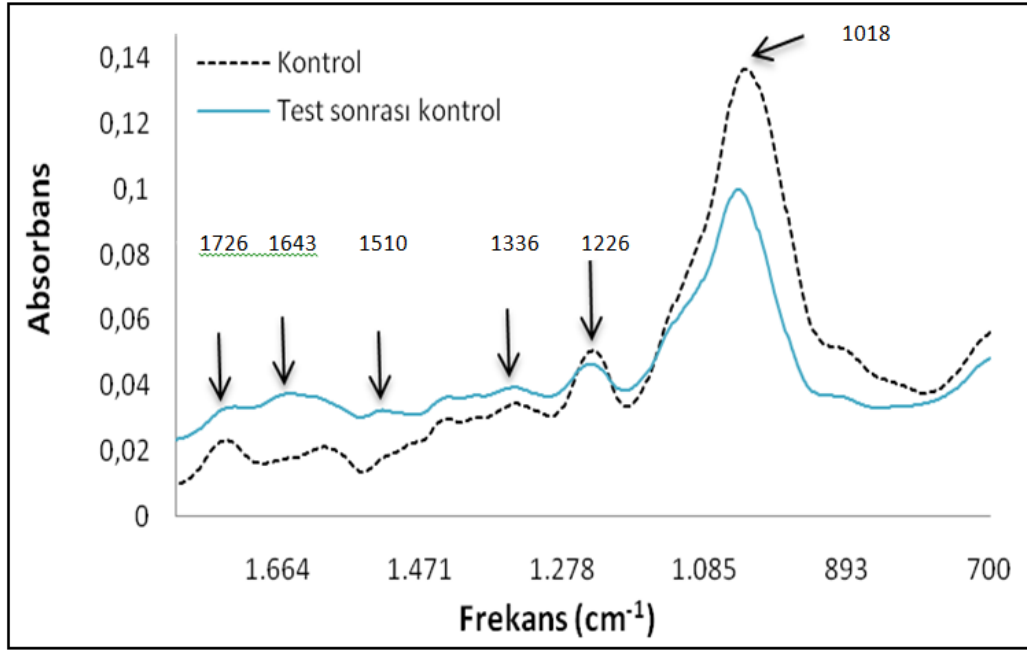
Tablo 1. Kızılötesi spektrumların absorpsiyon pikleri (Yilgor vd. 2013; Pandey, 2005)

Frekans (cm ⁻¹)	Fonksiyon
1718-1740	Eşleşmemiş keton, aldehit ve karbonil gruplarındaki C=O Para-OH katılmış aril keton, kinonda ki C=O
1630-1660	Karbonhidratlar tarafından absorbe edilen H ₂ O Alkinlerde ki C=O
1605-1610	Lignindeki aromatik halkalardaki C=O COO-
1506-1510	Lignindeki aromatik halkalardaki C=O COO-
1450-1465	C-H
1420-1430	Aromatik halkalardaki C=C Karbonhidratlardaki CH ₂
1365-1376	Odunun tüm bileşenlerindeki C-H
1315-1321	Selülozdaki CH ₂
1230-1270	Lignin ve hemiselülozdaki CO
1145-1162	Selülozdaki C-O-C
1030-1060	Selüloz ve hemiselülozda C-O gerilmesi

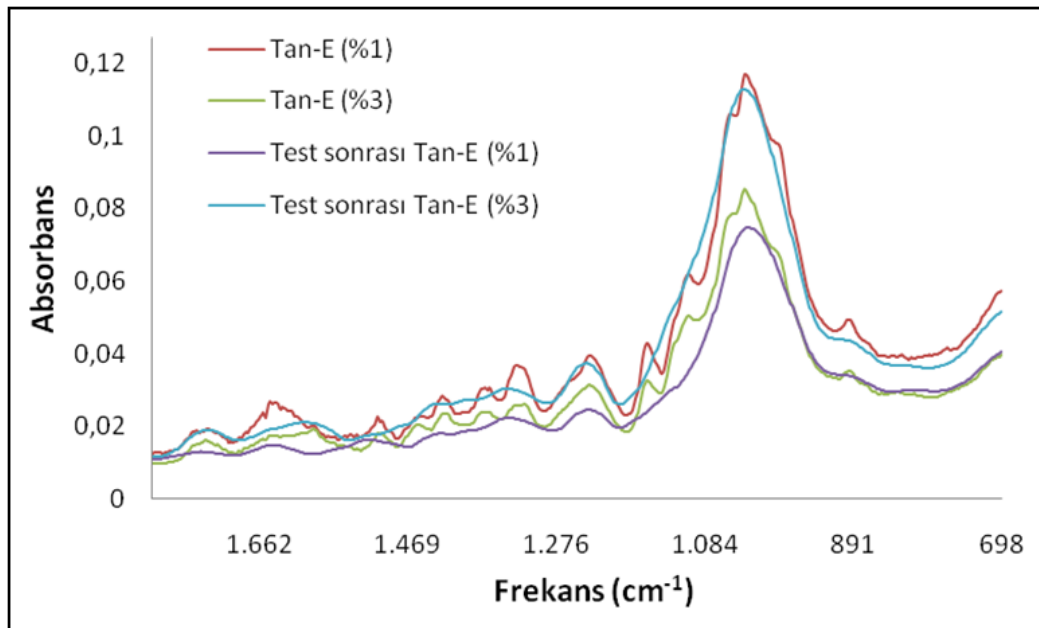
Beyaz çürüklüğe maruz kamış kavak kontrol örneklerinde meydana gelen değişimlerin FT-IR spektralleri şekil 4'de, test örneklerinde ise şekil 5-6'da verilmiştir.

Trametes versicolor mantarı önce lignini ardından da holoselülozları tahrip eder. Bu beyaz çürüklük mantarlarının karakteristik özelliğidir (Naumann vd. 2012). Kavak kontrol örnekleri mantar tahribatına maruz kaldığı zaman lignin (1510, 1643 cm^{-1}) pik yoğunluğunda ve karbonil ve karboksil grubu piklerinde (898, 1018, 1336, 1726 cm^{-1}) azalmalar gözlenmiştir.

1726 cm^{-1} piki karbonil gerilim titreşimini göstermektedir. Bu pik emprenye işlemi ile artış göstermiştir. Emprenye işlemi ile odun hücre duvarlarında bulunan OH grupları ile CuA ve CX-8 reaksiyona girerek bu grupların karbonil grubuna dönüştüğü düşünülmektedir. Li vd. (2011) yılında yaptıkları çalışmada maleik anhidrit ile emprenye edilen kavak odunu örneklerinde artış gözlemlemişlerdir. Mantar testi uygulamasıyla bu pikte azalma ve ortadan kaybolmanın gözlenmiştir. Beyaz çürüklük mantarları lignini degrade etmekte, selülozu ise liflerine ayırmaktadır (Naumann vd., 2012).



Şekil 4. Mantar çürüklük testi öncesi ve sonrası kontrol örneklerine ait FT-IR spektralleri.



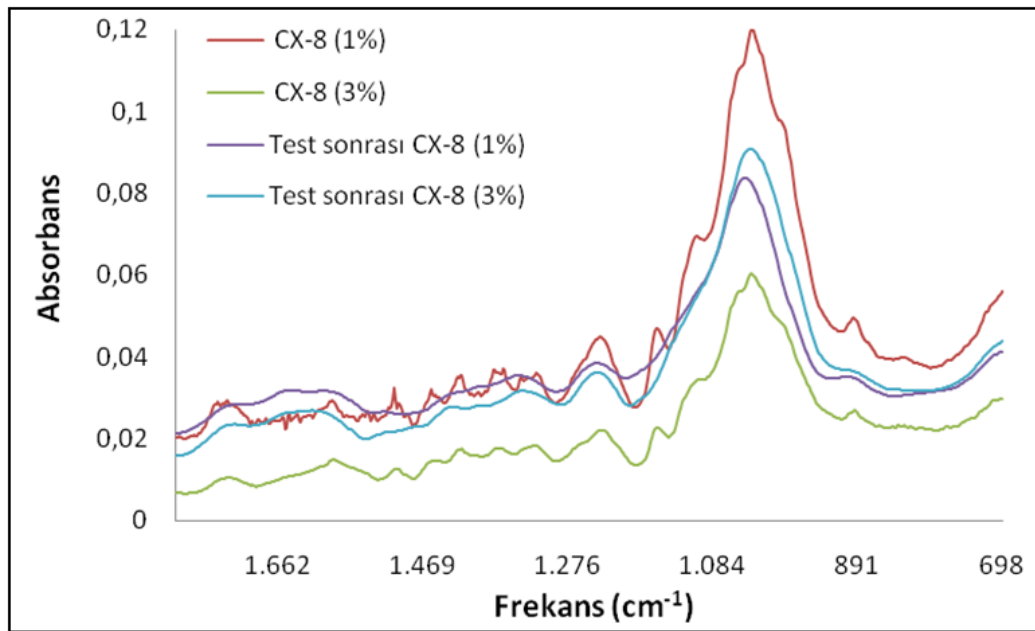
Şekil 5. Mantar çürüklük testi öncesi ve sonrası Tan-E emprenyeli örnekler için FT-IR spektralleri.

Yaptığımız çalışmada 1643 cm^{-1} dalga boyunda ortaya çıkan pikler literatürde 1621 cm^{-1} civarında ve T. Versicolor mantarları tarafından oluşturulan misellerin varlığını ifade etmektedir (Naumann vd., 2012). Kontrol örneklerinde bu pikin çok az arttığı, test örneklerinde ise azalmalar olduğu gözlenmiştir. Odun hücre çeper ve lümenlerinin kimyasal madde ile doldurulması ve OH gruplarının modifiye edilmesi mantar misellerinin hücre derinliklerine inmesini engellemektedir. Bu durum mantar testi sonrası ağırlık kayıplarının azalmasına neden olmuştur (Li vd., 2013).

1510 cm^{-1} piki ligninin karakteristik piki olarak literatürde yer almaktadır. Yani, $1506\text{--}1510\text{ cm}^{-1}$ aralığındaki pikler lignin yapısındaki aromatik halkalardaki C=O ve COO-simetrik olmayan gerilim titreşimlerinden dolayı lignin bileşenleri için karakteristik bir piktir (Can ve Sivrikaya, 2016; Özgenç, 2014). Yapılan çalışmada 1510 cm^{-1} piki empenye sonrası artış gösterirken, mantar testi sonrası azalma göstermiştir.

$1365\text{--}1376\text{ cm}^{-1}$ aralığındaki pik hemiselüloz ve selülozda bulunan C-H degradasyonunu göstermektedir (Emandi vd., 2011). Tomak (2011) tarafından yapılan çalışmada bu pik değerlerindeki azalmayı odunun hidrofobik özellik göstermesinden kaynaklandığını belirtmiştir. Odunun hidrofobik özellik göstermesi serbest radikal gruplarının azalmasından kaynaklandığını bilinmektedir (Tomak, 2011). Yaptığımız çalışmada empenye işlemi sonrası ve mantar test sonrası 1336 cm^{-1} pikinde azalmalar gözlenmiştir.

$1230\text{--}1270\text{ cm}^{-1}$ bant aralığındaki piklerdeki değişim lignin ve hemiselülozdaki CO gerilimi ile guayasil halkasındaki titreşimi göstermektedir. Yaptığımız çalışmada *Trametes versicolor* mantarı kullanılmıştır. Bu mantar türü odunda bütün bileşenleri tahrip etme yeteneğine sahiptir. Elde edilen sonuçlara göre hem kontrol örneklerinde hemde test örneklerinde mantar testi sonrası bu pik değeri azalma göstermiştir. Bu ligninin beyaz çürüklük mantarı tarafından parçalandığını göstermektedir. Fakat empenye sonrası pik değerlerinde değişme gözlenmemiştir. Bu bant aralığındaki pikin kaybolması delignifikasyon ve aromatik halkaların bozunmasının bir göstergesidir. Çünkü guayasil yapılarının bozundurulmasının, aromatik halkaların yapılarının tahribe uğramasıyla doğrudan ilgili olduğu bazı çalışmalarda belirtilmiştir (Tuong ve Li, 2010; Pacios vd., 2010; Naumann vd., 2012; Catto vd., 2016).



Şekil 6. Mantar çürüklük testi öncesi ve sonrası CX-8 empenyeli örneklerle ait FT-IR spektralari

900 , 1025 , 1030 ve 1050 cm^{-1} civarındaki pikler; selülozdaki C-O, O-H, C-H ve C-O-C tipi bağları göstermektedir. Yapılan çalışmada kontrol örneklerinde azalma olurken empenyeli örneklerde az miktarda azalmalar gözlenmiştir. %3 konsantrasyonda Tan-E ile empenyeli örneklerde mantar testi sonrası pik değerinde değişme olmamıştır.

4. Sonuç ve Öneriler

Yapılan çalışmada Tan-E ve CX-8 empenye maddeleri ile empenye edilen ve mantar testi uygulanan Kavak odun örneklerindeki kimyasal değişimin ATR-FTIR yöntemiyle incelenmesi amaçlanmıştır. Beyaz çürüklük mantarları odunun tüm bileşenlerini tahrip etme yeteneğine sahiptir. Bu nedenle kontrol odun örneklerinde %50 'e varan

ağırlık kayıpları elde edilmiştir. Emprenye maddesi konsantrasyonunun artışına paralel olarak ağırlık kayıplarında azalmalar gözlenmiştir. En etkili sonuç %3 konsantrasyonda Tan-E ile emprenye edilen örnek grubunda ortaya çıkmıştır.

FTIR sonuçları incelendiğinde kontrol örneklerinin tüm pik değerlerinde azalmalar olduğu görülmektedir. Lignin, selüloz ve hemiselüloz pikleri azalmıştır. Örneklerin kimyasal maddeler ile emprenyesi ile bu kayıpların kısmen engellendiği ve %3 konsantrasyonda emprenye edilen örneklerin 1000 cm⁻¹ civarındaki selüloz piklerinde artışların olduğu gözükemektedir.

Kaynaklar

1. **Buschhaus HU, Valcke AR (1995).** Triazoles: Synergism between propiconazole and tebuconazole. Document-the International Research Group on Wood Preservation IRG/WP 95-30092, June 11-16, Helsingor/Denmark.
2. **Can A, Sivrikaya H (2016).** The Combined Effects of Copper and Oil Treatment on Wood Chemical Properties. International Forestry Symposium (IFS 2016), pg:741-748, 07-10 December 2016, Kastamonu/Turkey
3. **Catto AL, Montagna LS, Almeida SH, Silveira RM, Santana RM (2016).** Wood plastic composites weathering: Effects of compatibilization on biodegradation in soil and fungal decay. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 109, 11-22.
4. **European Standard EN 113 (1996).** Wood preservatives – Test method for determining the protective effectiveness against wood destroying basidiomycetes – Determination of toxic values. European Committee for Standardization (CEN), Brussels, Belgium
5. **Emandi ANA, Ileana Vasiliu C, Budruga P, Stamatin I (2011).** Quantitative investigation of wood composition by integrated FT-IR and thermogravimetric methods. *Cellulose Chemistry and Technology*, 45(9), 579.
6. **Eriksson KEL, Blanchette R, Ander P (2012).** Microbial and enzymatic degradation of wood and wood components. Springer Science and Business Media.
7. **Faix O, Bremer J, Schmidt O, Tatjana SJ (1991).** Monitoring of chemical changes in white-rot degraded beech wood by pyrolysis—gas chromatography and Fourier-transform infrared spectroscopy. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 21(1-2), 147-162.
8. **Feist WC, David NS H (1984).** Chemistry of weathering and protection. p.401-451.
9. **Jiang M, Wang P, Piao C, Li Z, Lu Q, Liu L (2002).** Laboratory evaluation and field trial of chlorothalonil and copper-based preservatives and leaching performance of copper in copper treated wood. *IRG/WP*, 02-30279.
10. **Jusoh IB (2000).** Microdistribution of chromated copper arsenate preservative in rubberwood (*Hevea brasiliensis*. Arg), Ph.D dissertation, Michigan State Univ. Michigan, USA. 130p.
11. **Li Y, Dong X, Liu Y, Li J, Wang F (2011).** Improvement of decay resistance of wood via combination treatment on wood cell wall: Swell-bonding with maleic anhydride and graft copolymerization with glycidyl methacrylate and methyl methacrylate. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 65(7), 1087-1094.
12. **Li Y, Liu Z, Dong X, Fu Y, Liu Y (2013).** Comparison of decay resistance of wood and wood-polymer composite prepared by in-situ polymerization of monomers. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 84, 401-406.
13. **Naumann A, Stephan I, Noll M (2012).** Material resistance of weathered wood-plastic composites against fungal decay. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 75, 28-35.
14. **Naumann A, Navarro-González M, Peddireddi S, Kües U, Polle A (2005).** Fourier transform infrared microscopy and imaging: detection of fungi in wood. *Fungal Genetics and Biology*, 42(10), 829-835.
15. **Mohebbi B (2005).** Attenuated total reflection infrared spectroscopy of white-rot decayed beech wood. *International Biodeterioration & biodegradation*, 55(4), 247-251.
16. **Pandey KK, Pitman AJ (2003).** FTIR studies of the changes in wood chemistry following decay by brown-rot and white-rot fungi. *International biodeterioration & biodegradation*, 52(3), 151-160.
17. **Pandey KK, Pitman AJ (2004).** Examination of the lignin content in a softwood and a hardwood decayed by a Brown rot fungus with the acetyl bromide method and Fourier transform infrared spectroscopy. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 42(10), 2340-2346.
18. **Pandey KK (2005).** A Note on the Influence of Extractives on the Photo-Discoloration and Photo-Degradation of Wood, Polymer Degradation and Stability, 87, 375-379.
19. **Petrou M, Edwards HG, Janaway RC, Thompson GB, Wilson AS (2009).** Fourier-transform Raman spectroscopic study of a Neolithic waterlogged wood assemblage. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 395(7), 2131-2138.

20. **Pizzi A (1982).** The chemistry and kinetic behavior of Cu-Cr-As/B wood preservatives, II.Fixation of the Cu/Cr system on the wood. *Journal of Polymer Science: Polymer Chemistry Edition* 20 (3): 707-724.
21. **Richardson BA (2002).** Wood preservation. Routledge.
22. **Sivrikaya H, Can A (2014).** Performance of Copper-azole and Water Repellents against Some Wood Rot Fungi. Türkiye II. Orman Entamolojisi ve Patolojisi Sempozyumu, Antalya, p.436-441
23. **Özgenç Ö (2014).** Doğu Karadeniz Bölgesi Yayla Evlerinde Kullanılan Ahşap Malzemenin Dış Hava Koşullarına Karşı Dayanımının Arttırılması. Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
24. **Taşcioğlu C (2004).** CCA (Bakır/Krom/Arsenik) emprenye maddesinin kullanımdan kalkması ve alternative odun koruma maddeleri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 54 (2), 97-106
25. **Temiz A (2005).** Dış Hava Koşullarının Emprenyeli Ağaç Malzemeye Etkileri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
26. **Temiz A, Alfredsen G, Yıldız UC, Gezer ED, Kose G, Akbas S, Yıldız S (2014).** Leaching and decay resistance of alder and pine wood treated with copper based wood preservatives. Maderas. Ciencia y tecnología, 16(1), 63-76.
27. **Tomak ED (2011).** Masif Odundan Bor İşleminin Yıkanmasını Önlemede Yağlı Isıl İşlemin ve Emülsiyon Teknikleri ile Emprenye İşlemin Etkisi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
28. **Yıldız ÜC (2000).** Odun Zararlıları Ders Notu, Karadeniz Teknik Üniversitesi.
29. **Yilgor N, Dogu D, Moore R, Terzi E, Kartal SN (2013).** Evaluation of fungal deterioration in Liquidambar orientalis Mill. heartwood by FT-IR and light microscopy. BioResources, 8(2), 2805-2826.