

SU SOĞUTMA KULELERİNDE KULLANILAN EMPRENYESİZ ÇAM ÖRNEKLERİNİN KİMYASAL BİLEŞİMLERİNDE MEYDANA GELEN DEĞİŞİMİN İNCELENMESİ

Murat ÖZALP¹, Harzemşah HAFIZOĞLU²

¹DPÜ. Simav Teknik Eğitim Fakültesi, Simav- KÜTAHYA, ²Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi, BARTIN

ÖZET

Sarıçam (*Pinus sylvestris*), karaçam (*Pinus nigra*) ve kızılçam (*Pinus brutia*) türlerinden su soğutma kulesinin dönüş suyuna yerleştirilmek üzere 2x2x30 cm boyutlarında emprenye edilmiş odun örnekleri hazırlanmıştır.

Su soğutma kulesinin dönüş suyuna 9 ay süre ile maruz bırakılan örneklerin odun bileşenlerinde meydana gelen değişimleri belirlemek amacıyla 3'er ay arayla lignin, selüloz ve hemiselüloz tayini yapılmıştır. 9 aylık periyod sonunda tüm kimyasal bileşiklerde artışlar meydana gelmiştir. Bu artışların nedeni odundaki ekstraktif maddelerin suda çözünmesinden kaynaklanmıştır. Örnekler üzerinde yapılan fiziksel incelemede ise renk değişimi, koku ve yüzeysel yumuşamanın meydana geldiği görülmüştür.

Anahtar Sözcükler : Sarıçam, Karaçam, Kızılçam, Su Soğutma Kuleleri.

CHANGES IN CHEMICAL COMPOUNDS OF NONIMPREGNATED PINE SPECIMENS USED IN WATER COOLING TOWERS

ABSTRACT

Nonimpregnated Scotch pine (*Pinus sylvestris*), Anatolian black pine (*Pinus nigra*) and Carribean pine (*Pinus brutia*) specimens measuring 2x2x30 cm were used in water return systems at water cooling tower.

Duration of the exposure of specimens to return water was 9 months. The changes in the chemical composition, lignin, cellulose and hemi-cellulose of the control specimens were measured in the 3rd, 6th and 9th month during the study. At the end of 9 months period, the increases in all the chemical composition had been occurred. This should caused by reason that wood extractives dissolved in the water. As a result, for the control specimens significant color change, odour and surface softening was observed.

Keywords: Scotch Pine, Anatolian Black Pine, Carribean Pine, Water Cooling Towers.

1. GİRİŞ

Ağaç malzemenin çelik ve beton malzemeye göre hafif olması, uygun özgül ağırlığı nedeniyle kullanım yerlerinde istenen yeterli mekanik özellikleri içermesi, kolay işlenmesi ve genel olarak ucuz olması gibi nitelikleri, su soğutma kulelerinin imalatında kullanılmasını bir bakıma zorunlu kılmaktadır. Ancak, kullanım yerinde biyolojik, fiziksel ve kimyasal faktörlere karşı doğal halde dayanımının az olması, emprenye edilme zorunluluğunu getirmektedir. Ağaç malzeme, biyolojik, kimyasal ve fiziksel etkilere karşı dayanıklı hale getirilmesi için kullanım amacına göre çeşitli kurutma, emprenye ve üst yüzey işlemlerinden geçirilmektedir. En etkili koruyucu yöntem, çeşitli kimyasal maddeler ile odunun muamele edilmesidir. Ağaç malzemeye uygulanan bu işleme emprenye adı verilmektedir.

Hızlı kalkınma sürecinde bulunan ülkelerde su soğutma kulelerinin önemi artmıştır. Bu kuleler üretim faaliyetlerinin en önemli kısmını oluşturmaktadır. Su soğutma kulelerinde meydana gelen arızalanmalar üretimi ciddi bir şekilde olumsuz etkilemektedir. Ülkemizde su soğutma kulelerinin kullanıldığı tesisler şunlardır; Suni Gübre, Petrol Rafinerileri, Demir çelik Fabrikaları, Hidroelektrik ve Termik Santralleri, Kimya ve Petrokimya Tesisleri, Şeker Fabrikaları (Bozkurt, 1995).

Su soğutma kulelerinin kurulmasında iki amaç söz konusudur. Bunlardan birincisi, suyun kısıtlı bulunduğu yerlerde, herhangi bir su dolaşım vasıtasıyla taze su girişini mümkün olduğu kadar azaltmak için ısınan suyu tekrar kullanmak, diğeri ise, suyun bol olduğu yerlerde endüstriyel faaliyet sonucu ısınan suyu çevre sorunları nedeniyle deniz veya kanallara soğutarak vermek ve civarda bulunan canlıların hayatîyetlerini devam ettirmelerini sağlamaktır.

Soğutma kulelerinde özel koşullar altında Bongossi (*Lophira procera*) dışında bilinen konstrüksiyon elemanları yeterli doğal dayanıklılığa sahip değildirler. Böylece esas olarak ağaç malzemenin bu kullanım yerinde mutlaka empenye edilmesi gerekmektedir (Hickson, 1990).

Biosit olarak klorin eksikliği ve düşük oksijen gereksinimleri yumuşak çürüklük mantarlarının, su soğutma kulelerinde kullanılan ağaç malzelerde ciddi ve hızlı çürümeye neden olduğunu tespit etmişlerdir (Schmidt and Liese, 1996).

13 yıllık bir su soğutma kulesinden alınan CCA (bakır-krom-arsenik) ile empenye edilmiş *Pinus radiata* (radiata çamı) örneklerini elektron mikroskobu ile incelemiş, odunun yüksek lignin içerdiği ve bakteriler tarafından çürütüldüğü tespit edilmiştir (Singh, 1997).

Madras gübre fabrikasındaki su soğutma kulesinde 108 haftalık bir araştırma yapmışlardır. Testler için *Pinus patula* ve *Fagus grandifolia* türleri kullanılmıştır. Araştırmalarda kullanılan ağaç türlerinin bu periyot sonunda ileri derecede yumuşak çürüklüğe uğradığı tespit edilmiştir (Udaiyan and Manian, 1991).

Bu çalışma sonucunda, kullanılan ağaç türlerinde literatürde elede edilen çalışmalara benzer sonuçlar elde edilmiştir. Emprenyeli ağaç türlerinde kimyasal maddelerin odundan uzaklaştırılma güçlüklerinden dolayı kimyasal analizler yapılamamıştır. Çalışmanın başka bir boyutunda empenyeli odunlarda mekanik deneyler yapılmıştır. Eğilme ve basınç direnci değerlerinde empenyeli odunlardaki kayıplar empenyesizlere göre daha az meydana gelmiştir. Kimyasal analizlerin empenyesiz odunlarda yapılmasıyla, odun bileşenlerinde meydana gelen tahribat açık bir şekilde ortaya konmuştur. Su soğutma kulelerinde kullanılan ağaç türlerinin kesinlikle empenye edilmesi zorunluluğu anlaşılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Kullanılan Ağaç Türleri

Hücre çeperi bileşenlerinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi amacıyla bu çalışmada 3 ağaç türü kullanılmıştır. Sarıçam, karaçam ve kızılçama ait keresteler Kütahya iline bağlı Gediz ve Simav orman işletmelerinin depolarından satın alınarak temin edilmiştir. Bu 3 türün seçilme nedeni ise bugüne kadar ülkemizde imal edilen su soğutma kulelerinin inşasında en çok bu türlerin kullanılmasıdır.

2.2. Araştırma Materyallerinin Deneme Alanına Yerleştirilmesi

Kimyasal analizlerin yapılacağı 2x2x30 cm boyutundaki empenye edilmemiş numuneler Uşak şeker fabrikasında bulunan su soğutma kulesinin dönüş suyundaki havuza gruplar halinde bırakılmıştır. Havuz içerisindeki suya herhangi bir kimyasal madde katılmamaktadır ve içme suyu ile aynı özelliklere sahiptir. Su sıcaklığı mevsim sıcaklığına da bağlı olarak 20-25 °C değişmektedir.

2.3. Rutubet Tayini

Rutubet tayini için, daha önceden temizlenerek etüvde kurutulmuş ve 105 ± 3 °C’ de sabit tartıma getirilmiş porselen krozeler kullanılmıştır. Sabit tartıma getirilen porselen krozelerin ağırlığı not edildikten sonra yaklaşık 2 g örnek hassasiyeti 0,0001 olan hassas terazide tartılarak porselen kroze konulmuştur. Bu kez içinde örneğin de bulunduğu porselen kroze yine 105 ± 3 °C’ deki etüvde sabit tartıma gelinceye kadar tutulmuştur. Kuru örnek ve krozenin toplam ağırlığını belirten son tartım ve daha önceden belirlenen boş kroze ağırlığından faydalanarak, kurutma sonunda örnekte meydana gelen ağırlık kaybı ve dolayısıyla içerdiği rutubet miktarı hesaplanmıştır. Rutubet miktarı, hem sonucu bildirmek için kuru örnek ağırlığının yüzde oranı şeklinde, hem de diğer kimyasal analizlerin hesaplamalarında kullanmak için yaş örnek ağırlığına göre hesaplanmıştır. Rutubet tayini için yapılan bu işlem her bir örnek için üçer kez uygulanmıştır (TS 2471, 1976).

2.4. Holoselüloz tayini

Bu çalışmada, holoselüloz tayini, ligninin çözünmesini içeren, sodyum klorit yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Bu yöntemde, sodyum klorit (NaClO_2), ılık asetik asidin etkisiyle, aktif yükseltgen olan kloriti (ClO_2) serbest bırakır. Böylece lignin yükseltgenerek, suda çözünebilen türevlerine dönüşür ve çözeltiye geçer. Karbonhidratlar ise bu işlem esnasında değişmez ve holoselüloz olarak çözünmeden kalır. Öz odun ve diri odun örneklerinde, alkol-benzen (1/2, v/v) karışımı ile ön ekstraksiyon yapıldıktan sonra, tüm örneklerde sodyum klorit metodu ile holoselüloz tayini yapılmıştır. Bu işlem her örnek için üç kez tekrarlanmıştır.

Sodyum klorit metoduna göre holoselüloz tayini için, her bir deneyde, hassas olarak tartılmış hava kurusu halindeki yaklaşık 2,5 g örnek 250 ml’lik erlene konulmuştur. Daha sonra erlendeki örneğin üzerine 80 ml su, 0,75g. sodyum klorit (NaClO_2) ve 5 damla (0,25 ml) buzlu asetik asit ilave edilmiştir. Bu karışımın bulunduğu erlenin ağzı ters çevrilmiş 50 ml’lik bir erlen ile kapatılarak bir saat boyunca, 78-80 °C’ deki su banyosunda, ara sıra çalkalanmak suretiyle bekletilmiştir. Bir saat sonunda su banyosundan alınan karışıma 0,75 g sodyum klorit ve 5 damla buzlu asetik asit ilave edilerek aynı şekilde bir saat daha su banyosunda tutulmuştur. Bu işlem üç kez tekrarlandıktan sonra su banyosundan alınan erlen, reaksiyona son vermek amacıyla, bir buz banyosunda soğutulmuştur. Soğutma işleminden sonra erlen içindeki süspansiyon, daha önceden 105 ± 3 °C’ deki etüvde sabit tartıma getirilmiş ve darası alınmış 2 numaralı cam krozeden süzülmuştür. Süzme işlemi sonunda cam kroze içinde kalan sarı renkteki holoselüloz kalıntısı, önce aseton ile daha sonra soğuk destile su ile birkaç kez yıkanmış ve 105 ± 3 °C’ deki etüvde kurutulmuş sabit tartıma getirilmiştir. Örneğin holoselüloz içeriği, deney verilerinden faydalanılarak, örneğin tam kuru ağırlığının yüzde oranı şeklinde hesaplanmıştır (TS 4431, 1985).

2.5. Selüloz tayini

Selüloz, birbirlerine $1\rightarrow 4$ β glukoz bağlarıyla bağlanmış lineer anhidroglikopiranoz ünitelerinden meydana gelmiştir. Selüloz molekülleri demetler şeklinde birbirleriyle birleşmişlerdir. En küçük demet olan 3,5 μm çapındaki fibril aynı yönde uzanan 40 selüloz molekülünden oluşmaktadır. Elementer fibriller bir araya gelerek mikrofibrilleri oluşturur. Elektron mikroskobuyla görülebilen en küçük yapısal birim mikrofibrillerdir.

Mikrofibriller arasında dar koridorlar yer alır. Genişliği 10 μm olan bu aralıkları lignin ve diğer ara maddeler doldurmaktadır. Mikrofibrillerin içinde kapiler boşluklar bulunur. Bu boşluklara su ve diğer küçük moleküllü bileşikler girebilmektedir. Mikrofibriller de bir araya gelerek fibrilleri, bunlar da lamelleri meydana getirmektedir. Lameller ışık mikroskobuyla görülebilmektedir (Hafizoğlu, 1982).

Selüloz miktarı tayininde Kurscher - Hoffner yöntemi kullanılmıştır. Bu maksatla, daha önce alkol - benzen ekstraksiyonuna tabi tutulmuş 2 g örnek alınmıştır. 10 ml nitrik asit (HNO_3) ile 40 ml etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), alınan örnek üzerine ilave edilmiş ve su banyosu içersinde yavaş yavaş kaynamaya bırakılmıştır. HNO_3 etkisiyle yağlı maddeler çözünür, hemiselülozlar hidrolize olur ve lignin nitrofenolik bileşiklere dönüşür. Karışımdaki alkol ise selülozu HNO_3 ’in etkisinden korur. Bir saatlik kaynamadan sonra tam kuru ağırlığı belli olan kroze (2 no’lu) yardımıyla çözelti süzülmuştür. 10 ml HNO_3 —40 ml $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ’den oluşan yeni çözelti ile kroze üzerinde kalan test örneği yıkanarak balona aktarılmıştır. Tekrar 1 saat süreyle su banyosunda kaynatılmıştır. Son süzme işleminde test örneği saf su ile yıkanarak içerisindeki kimyasal maddeler uzaklaştırılmıştır. Kroze 105 ± 3 °C’de

etüv içerisinde tam kuru ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş, desikatöre alınarak soğutulmuş ve tam kuru ağırlığı belirlenerek selüloz miktarı belirlenmiştir.

2.6. Lignin tayini

Bu çalışmada lignin tayini için, işlem sonunda ligninin bir kalıntı halinde elde edildiği, TAPPI T 222 om-88 standardında belirtilen Klason metodu kullanılmıştır. Lignin tayini esnasında reaksiyonun daha verimli olması ve işlem sonundaki süzme sorunlarının önlenmesi amacıyla tüm örnekler holoselüloz tayininde olduğu gibi ön işlemlere tabi tutulmuştur. Öz odun ve diri odun örnekleri, lignin tayininden önce alkol-benzen (1/2, v/v) karışımı ile ekstrakte edilmiştir. Ön işlemde sonra, her bir örnek için lignin tayini üçer kez uygulanmıştır.

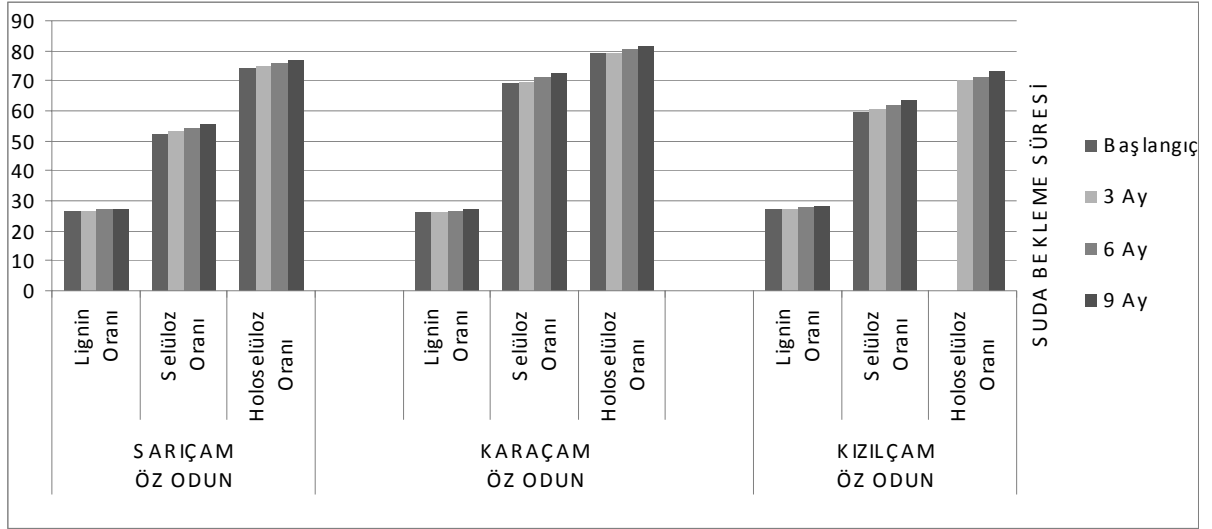
Lignin tayini için, ön işlemlere tabi tutulmuş ve rutubet miktarı bilinen örnekten hassas terazide (0,0001 g hassasiyette) tartılarak yaklaşık 1g örnek 50 ml'lik behere aktarılmıştır. Beherdeki örneğin üzerine, daha önceden hazırlanmış olan %72'lik sülfirik asit çözeltisinden 15 ml ilave edilmiş ve bir baget yardımıyla karıştırılmıştır. Örnek, asit içinde dağıldıktan sonra 20 °C'deki su banyosunda, cam bagetle sık sık karıştırılmak suretiyle ağzı kapalı olarak bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda beherdeki materyal, destile su ile yıkanarak 1000 ml'lik bir şifli balon içine alınmıştır. Daha sonra balondaki bu karışım, asit konsantrasyonu %3'e düşene kadar saf su ile seyreltilmiştir. Seyreltme işlemi sonunda %3'lük asit derişimini sağlayabilmek için, su banyosundan alınan erlen içindeki 15 ml'lik karışıma, yıkamada da kullanılan destile su da dahil olmak üzere toplam 560 ml destile su ilave edilmiştir. İçinde çözeltinin bulunduğu 1000 ml'lik balona bir geri soğutucu takılarak bir elektrikli ısıtıcı yardımıyla, çözelti 4 saat boyunca kaynatılmıştır. 4 saatlik süre sonunda, balondaki süspansiyon, önceden 105±3 °C' deki etüvde sabit tartıma getirilmiş 3 numaralı bir cam krozedden süzölmüştür. Cam kroze üzerindeki kalıntı, serbest asitleri uzaklaştırmak amacıyla sıcak destile su ile yıkandıktan sonra, kroze 105±3 °C' deki etüvde sabit tartıma gelinceye kadar kurutulmuştur. Örneğin içerdiği lignin miktarı, deney verilerinden faydalanılarak, kuru odun ağırlığının yüzde oranı olarak hesaplanmıştır (TS 4497, 1985).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Ağaç türlerine ait öz odundaki hücre çeperi bileşenlerinin değerleri Tablo 1 ve Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo1. Öz oduna ait odun hücre çeperi bileşenleri.

AĞAÇ TÜRÜ	HÜCRE ÇEPERİ BİLEŞENİ	SUDA BEKLEME SÜRESİ			
		Başlangıç	3 Ay	6 Ay	9 Ay
SARIÇAM ÖZ ODUN	Rutubet (%)	9,97	10,38	10,93	11,01
	Lignin(%)	26,68	26,87	26,96	27,19
	Selüloz (%)	51,90	53,21	54,33	55,72
	Holoselüloz (%)	73,89	74,89	75,76	76,95
KARAÇAM ÖZ ODUN	Rutubet (%)	12,11	11,54	11,57	11,05
	Lignin (%)	26,01	26,27	26,47	26,98
	Selüloz (%)	69,07	69,35	71,11	72,52
	Holoselüloz (%)	78,98	79,03	80,45	81,65
KIZILÇAM ÖZ ODUN	Rutubet (%)	9,95	10,11	10,85	10,25
	Lignin (%)	27,35	27,41	27,78	28,13
	Selüloz (%)	59,36	60,34	61,89	63,66
	Holoselüloz (%)	69,47	70,32	71,54	72,89

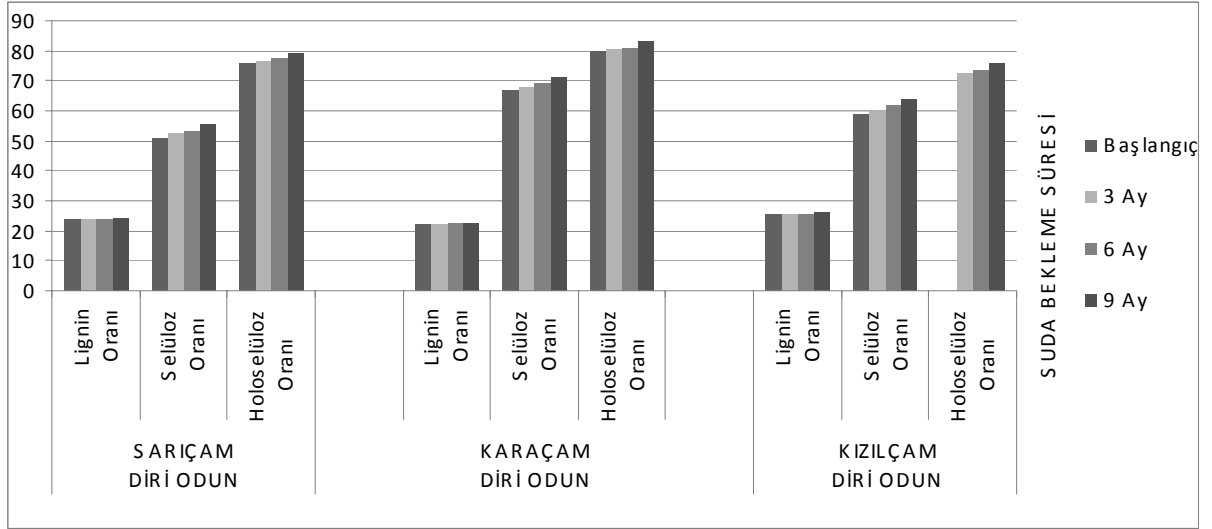


Şekil 1. Öz odunu hücre çeperi bileşenlerinin zamana bağlı olarak değişimi.

Ağaç türlerine ait diri odundaki hücre çeperi bileşenlerinin değerleri Tablo 2 ve Şekil 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Diri oduna ait odun hücre çeperi bileşenleri.

AĞAÇ TÜRÜ	HÜCRE ÇEPERİ BİLEŞENİ	SUDA BEKLEME SÜRESİ			
		Başlangıç	3 Ay	6 Ay	9 Ay
SARIÇAM DİRİ ODUN	Rutubet (%)	10,32	11,03	10,47	10,18
	Lignin (%)	23,58	23,78	23,97	24,19
	Selüloz (%)	50,9	52,47	53,28	55,3
	Holoselüloz (%)	75,89	76,22	77,39	78,97
KARAÇAM DİRİ ODUN	Rutubet (%)	12,13	11,34	10,34	10,49
	Lignin (%)	22,01	22,18	22,59	22,88
	Selüloz (%)	67,07	68,06	69,25	71,57
	Holoselüloz (%)	79,89	80,13	81,14	83,22
KIZILÇAM DİRİ ODUN	Rutubet (%)	10,35	9,86	11,12	10,86
	Lignin (%)	25,35	25,42	25,67	26,03
	Selüloz (%)	58,87	60,12	61,53	63,8
	Holoselüloz (%)	71,35	72,23	73,49	75,59



Şekil 2. Diri odunu hücre çeperi bileşenlerinin zamana bağlı olarak değişimi.

Tablo1 ve 2’de görüldüğü gibi odun hücre bileşenlerinden lignin, selüloz ve holoselüloz oranlarında zamanla bir artma meydana gelmiştir. Bu artışın nedeni odundaki ekstraktif maddelerin zamanla suya geçmesiyle diğer hücre çeperi bileşenlerinde yapay bir yükselme meydana gelmiş olabilir. Lignin, selüloz ve holoselüloz tayininden önce alkol-benzen çözünürlüğü yapıldığı için alınan örneklerde zamanla ekstraktif madde kaybı olduğundan bu artış ortaya çıkmıştır. Ancak, gerçekte odun hücre bileşenlerinde bir artış söz konusu olamaz. Hemiselüloz miktarındaki düşmenin nedeni odun içerisinde bulunan şekerlerin suda çözünerek suya geçmesinden kaynaklanmaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kimyasal analizler emprenyesiz ağaç malzeme örneklerinde yapılmıştır. Kontrol örneklerinde kimyasal özelliklerdeki değişimin incelenmesi amacıyla odun hücre çeperi bileşenlerinin analizi 3’er aylık periyotlar halinde yapılmıştır. Sarıçam, karaçam ve kızılçam öz ve diri odunlarının 9 ay süre ile suda kalması sonucu başlangıca göre hücre çeperi bileşenlerinde meydana gelen değişim oranları aşağıda Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3.Hücre çeperi bileşenlerinin başlangıca göre değişim oranları.

Ağaç Türü		Hücre Çeperi Bileşenlerindeki Değişim Oranı (%)			
		Holoselüloz	Lignin	Selüloz	Hemiselüloz
Sarıçam	Öz Odun	+4,14	+1,98	+7,36	-3,40
	Diri Odun	+4,05	+2,58	+8,64	-5,28
Karaçam	Öz Odun	+3,38	+3,72	+4,99	-7,70
	Diri Odun	+4,16	+3,95	+6,70	-9,26
Kızılçam	Öz Odun	+4,92	+2,85	+7,24	-8,70
	Diri Odun	+5,94	+2,68	+8,37	-5,52

Burada odun hücre bileşenlerinden lignin, selüloz ve holoselülozdaki artmanın nedeni odundaki ekstraktif maddelerin suda bekleme sürecinde odundan uzaklaşarak suya karışmasından kaynaklanmaktadır. Bu bileşenlerin belirlenmesinden önce alkol-benzen çözünürlüğü yapılmaktadır. Odundaki ekstraktif maddelerdeki azalma bu bileşenlerde artma şeklinde ortaya çıkmaktadır. Suda bekleme süresine bağlı olarak alkol-benzen çözünürlük değerleri Talo 4’de verilmiştir (Özalp, 2007).

Tablo 4. Suda bekleme süresine bağlı olarak alkol-benzen çözünürlük değerleri.

Ağaç Türü		Alkol-benzen çözünürlük değerleri (%)			
		Başlangıç	3 ay	6 ay	9 ay
Sarıçam	Öz Odun	9,53	8,17	7,63	6,32
	Diri Odun	6,43	5,84	5,12	4,65
Karaçam	Öz Odun	8,86	7,13	6,29	5,85
	Diri Odun	5,83	5,27	4,71	4,23
Kızılçam	Öz Odun	8,02	7,79	6,50	5,51
	Diri Odun	5,92	5,13	4,44	3,98

Su soğutma kulelerinde kullanılan ağaç malzemelerde (emprenyesiz) zamana bağlı olarak hücre çeperi ana bileşenlerinde meydana gelen değişimin incelenmesi kapsamlı olarak bu çalışmada ele alınmıştır. Bu konu ile ilgili daha önce ülkemizde yapılan araştırmaların yeterli olmadığı literatür taramasında görülmüştür. Yurt dışında yapılan çalışmalar genellikle çürümeye neden olan mantar türünün tespitine yönelik olmuştur. Bu çalışmada, odun ana bileşenlerinde meydana gelen değişimler rakamsal olarak ortaya konmuştur.

Kontrol örneklerinde zamana bağlı olarak meydana gelen renk değişimi, koku ve yüzeysel yumuşamanın meydana geldiği bu çalışmada görülmüştür. Bu nedenle su soğutma kulelerinin inşasında kullanılacak ağaç malzemeler kesinlikle emprenye edilmelidir. Emprenye maddelerinin odundan uzaklaştırılmasındaki güçlüklerinden dolayı bu çalışmada, emprenyeli odunlarda kimyasal analizler yapılamamıştır.

KAYNAKLAR

- Bozkurt, Y. A. 1995. *İğne Yapraklı ve Yapraklı Ağaç Odunlarında Tanım Özellikleri (Odun Anatomisi II)*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İ.Ü. Yayın No : 3907, Fen Bilimleri Enstitüsü Yayın No :6, ISBN 975-404-406-6, İstanbul, 220 s.
- Hafizoğlu, H. 1982. Orman Ürünleri Kimyası. KTÜ, Orman Fakültesi Yay. No: 52, Trabzon.
- Hickson, A. 1990. *Specifier's Guide, Wood Preservation*. Hickson Timber Products Ltd., West Yorkshire.
- Özalp, M. 2007. ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi, Yayın no: 12, ISSN 1302-0943, Bartın.
- Schimidt, O., Potsch, T. 1997. Wood Decay by White-rotting Basidiomycete *Physisporinus Vitreus* from a Cooling Tower, Universitat Hamburg and Institut Fur Holzbiologie, Bundesforschungsanstalt Fur Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, Germany.
- Singh, A.P. 1997. The Ultrastructure of the Attack of *Pinus Radiata* Mild Compression Wood by Erosion and Tunneling Bacteria, New Zealand Forest research Institute Limited, Private Bag 3020, Rotorua, New Zealand.
- TS 2471. 1976. Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler için Rutubet Miktarı Tayini, Ankara.
- TS 4431. 1985. Odun- Holoselüloz Tayini, Ankara.
- TS 4497. 1985. Odun- Lignin Tayini, Ankara.
- Udaiyan, K. and Manian, S. 1991. Fungi Colonising Wood in the Cooling Tower Water System at the Madras Fertilizer Company, Department of Botany, Bharathiar University, Coimbatore 641 046, India.