



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KÂĞIT HAMURU SİYAH ÇÖZELTİSİNDEKİ LİGNİNİN
KULLANILABİLİRLİĞİ

HAZIRLAYAN
FADİME YURDAKURBAN

DANIŞMAN
YRD.DOÇ.DR. AYHAN GENÇER

BARTIN-2017



T. C.

**BARTIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KÂĞIT HAMURU SİYAH ÇÖZELTİSİNDEKİ LİGNİNİN
KULLANILABİLİRLİĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HAZIRLAYAN
FADİME YURDAKURBAN**

JÜRİ ÜYELERİ

Danışman	:Yrd. Doç. Dr. Ayhan GENÇER	- Bartın Üniversitesi
Üye	:Prof. Dr. Mehmet AKYÜZ	- Bülent Ecevit Üniversitesi
Üye	:Doç. Dr. Deniz AYDEMİR	- Bartın Üniversitesi

BARTIN-2017

KABUL VE ONAY

Fadime YURDAKURBAN tarafından hazırlanan “KÂĞIT HAMURU SİYAH ÇÖZELTİSİNDEKİ LİGNİNİN KULLANILABİLİRLİĞİ” başlıklı bu çalışma, 02/01/2017 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan :Yrd. Doç. Dr. Ayhan GENÇER (Danışman)

Üye :Prof.Dr.Mehmet AKYÜZ

Üye :Doç.Dr. Deniz AYDEMİR

Bu tezin kabulü Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun .../.../20... tarih ve 20 /...- ...sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. H.Selma ÇELİKAY
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Yrd. Doç. Dr. Ayhan GENÇER danışmanlığında hazırlamış olduğum “KÂĞIT HAMURU SİYAH ÇÖZELTİSİNDEKİ LİGNİNİN KULLANILABİLİRLİĞİ” başlıklı yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

02.01.2017

Fadime YURDAKURBAN

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması 2015-2016 yılları arasında Bartın Üniversitesi Bartın Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Orman Ürünleri Kimyasi Anabilim Dalı'nda kıymetli hocam Yrd. Doç. Dr. Ayhan GENÇER yönetiminde hazırlanmıştır.

Tez savunmamda jüri üyesi olma nezaketini gösteren sayın hocalarım Prof. Dr. Mehmet AKYÜZ ve Doç. Dr. Deniz AYDEMİR 'e, laboratuvar çalışmalarında bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen değerli hocamlarım Doç. Dr. Sezgin Koray GÜLSOY ve Doç. Dr. Ayben KILIÇ PEKGÖZLÜ' ye teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında bana her zaman destek veren aileme teşekkür ederim. Bununla birlikte, tez yapım ve yazım aşamasında yardımlarını esirgemeyen Saffet UYSAL, Serhat ŞİMŞİR, Muhsin TAŞ ve Şaban MERCİK arkadaşlarıma şükranlarımı sunarım.

Fadime YURDAKURBAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KÂĞIT HAMURU SİYAH ÇÖZELTİSİNDEKİ LİGNİNİN KULLANILABİLİRLİĞİ

Fadime YURDAKURBAN

Bartın Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Ayhan GENÇER

Bartın- 2017, sayfa: XIII + 58

Bu çalışmada, Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Titrek Kavak (*Populus tremula* L.) odunundan Sülfat (Kraft) yöntemiyle kâğıt hamuru ve deneme kâğıtları üretilmiştir. Literatür araştırması yapılarak yonga/çözelti oranı 1/4, pişirme sıcaklığı $170\pm 2^{\circ}\text{C}$, maksimum sıcaklığa ulaşma süresi 90 ve 75 dakika sabit alınarak; (Kraft) yöntemi ile aktif alkali/sülfite oranı, 18/25 oranında birer adet pişirme yapılmıştır. Kraft yöntemi kâğıt hamuru üretimi sonrasında açığa çıkan siyah çözelti (likör) alınarak üç farklı yöntem denenerek elde edilen kalıntı örnekleri FTIR Spektroskopisinde analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde literatür kaynaklarına göre ikinci yöntemin titrek kavak örneğine kıyasla sarıçam üzerinde olumlu benzerlikler gösterdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler

Pinus sylvestris; *Populus tremula*; kraft kâğıt hamuru üretimi; siyah çözelti; FTIR Spektroskopisi.

Bilim Kodu

502.06.01

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

AVAILABILITY OF LIGNIN IN THE KRAFT BLACK LIQUOR

Fadime YURDAKURBAN

Bartın University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Forest Industrial Engineering

Thesis Advisor: Yrd. Doç. Dr. Ayhan GENÇER

Bartın-2017, pp: XIII + 58

In this study, paper clay and test papers were produced from Sariçam (*Pinus sylvestris* L.) and Sulfate Poplar Titrek kavak (*Populus tremula* L.) wood by Sulfate (Kraft) method. Literature research was carried out to determine the chip/solution ratio at 1/4, the cooking temperature at $170 \pm 2^{\circ}\text{C}$, the maximum temperature reaching time at 90 and 75 min. (Kraft) method, the ratio of active alkali / sulphide was 18/25. The black solution (liquor) which was opened after the Kraft method paper clay production was taken and 3 kinds of residue samples obtained by the experiment were analyzed by FTIR Spectroscopy. When the analysis results are examined, according to the literature sources, it has been found that there are positive similarities on the yellow pollen as compared to the shaky poplar example.

Key Words

Pinus sylvestris; *Populus tremula*; Kraft paper pulp production; Black solution; FTIR Spectroscopy.

Science Code

502.06.01

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL VE ONAY	ii
BEYANNAME.....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1. Genel Bilgiler.....	1
1.1.1 Odunun Makroskopik Yapısı	1
1.1.2 Odunun Mikroskopik Yapısı.....	2
1.1.3 Odunun Kimyasal Yapısı	3
1.2 Kâğıdın Tanımı ve Tarihçesi	4
1.2.1 Kâğıt Hamur Üretim Yöntemleri	4
1.2.2 Sülfat (Kraft) Kâğıt Hamuru Üretim Yöntemi.....	5
1.3 Siyah Çözelti (Likör) Tanımı.....	6
1.4 Kâğıtçılıkta Ligninin Tanımı	8
1.4.1 Ligninin Alternatif Kullanım Alanları	9
1.5 Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.) Hakkında Genel Bilgiler.....	11
1.6 Titrek Kavak (<i>Populus tremula</i> L.) Hakkında Genel Özellikleri	13
1.7 Literatür Özeti.....	14
1.8 Çalışmanın Amacı.....	16
BÖLÜM 2 MATERYAL VE METOT	17
2.1 Materyal	17
2.2 Yöntem.....	17
2.2.1 Yongaların Hazırlanması	17

2.2.2 Sarıçam Ve Titrek Kavak Odunlarının Bazı Fiziksel Ve Morfolojik Ölçümlerle İlgili Yöntemler	18
2.2.2.1 Lif Morfolojisine Ait Ölçme Metotları	18
2.2.2.2 Lif Boyut İlişkilerinin Hesaplanmasın da Kullanılan Yöntemler.....	19
2.3 Kimyasal Analizlere Ait Yöntemler	19
2.3.1 Rutubet Tayini.....	19
2.3.2 Holoselüloz Tayini	20
2.3.3 Alfa Selüloz Tayini.....	21
2.3.4 Lignin Tayini	21
2.3.5 Kül Tayini.....	22
2.3.6 Alkol Çözünürlüğü.....	22
2.3.7 Soğuk Su Çözünürlüğü	22
2.3.8 Sıcak Su Çözünürlüğü.....	22
2.3.9 %1'lik NaOH Çözünürlüğü.....	23
2.4 Kâğıt Hamuru Pişirme Planları	23
2.4.1 Sülfat (Kraft) Yöntemi	23
2.5 Kâğıt Hamuru ve Deneme Kâğıtlarının Elde Edilmesi.....	24
2.6 Kâğıtların Bazı Fiziksel, Optik ve Mekanik Özellikleri	25
2.7 Kâğıt Hamuru Üzerinden Yapılan Deneyleer	25
2.7.1 Kappa Numarası Tayini.....	25
2.7.2 Viskozite Tayini.....	26
2.8 FTIR Spektroskopisi Çalışma Prensibi.....	26
2.9 Siyah Çözeltiden (Likör) Ligninin Geri Kazanım Yöntemleri.....	27
2.9.1 Siyah Çözelti Örnekleri Üzerine 1.Yöntem Uygulaması.....	28
2.9.2 Siyah Çözelti Örnekleri Üzerine 2.Yöntem Uygulaması.....	29
2.9.3 Siyah Çözelti Örnekleri Üzerine 3.Yöntem Uygulaması.....	31
2.10 Verilerin Değerlendirilmesi	33
BÖLÜM 3 BULGULAR VE TARTIŞMA	34
3.1 Lif Morfolojisi	34
3.1.1 Lif Boyutlarına Ait Bulgular ve Karşılaştırılması	34

3.2 Sarıçam ve Titrek kavak Liflerinin Morfolojik Özelliklerinin Kâğıdın Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi	36
3.2.1 Elastiklik Katsayısı.....	37
3.2.2 Rijidite Katsayısı.....	37
3.2.3 Runkel Oranı	37
3.2.4 Keçeleşme Oranı	38
3.3 Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.) ve Titrek Kavak (<i>Populus tremula</i> L.) Odununun Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Değerlendirilmesi	38
3.4 Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.) ve Titrek Kavak (<i>Populus tremula</i> L.) Odununun Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Değerlendirilmesi	40
3.4.1 Kraft Yöntemiyle Elde Edilen Kâğıt Hamuru Verimlerinin Karşılaştırılması.....	40
3.5 Kraft Yöntemiyle Elde Edilen Deneme Kâğıtlarına Ait Bulguların Değerlendirilmesi	43
3.6 Sarıçam Ve Titrek Kavak Odununun Kraft Hamuru Pişirme Sonrasında Elde Edilen Siyah Çözeltilerinin FTIR Spektroskopisi Analizinin Değerlendirilmesi	48
BÖLÜM 4 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	52
KAYNAKLAR.....	54
ÖZGEÇMİŞ.....	58

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
1. Odunun makroskobik yapısı	2
2. Odunun mikroskobik yapısı	3
3. Pişirme sonrasında elde edilen siyah çözelti	7
4. Siyah likör (çözelti) analizi	7
5. Ligninin kullanım alanları	9
6. Sarıçamın Türkiye’deki doğal yayılışı alanı	12
7. Titrek kavak ağaç türünün Türkiye’deki yayılışı	13
8. Sarıçam ve Titrek kavak yongaları	18
9. FTIR cihazı	27
10. Kraft kâğıt hamuru pişirme sonrası siyah çözelti elde edilmesi	27
11. 1.Yöntem aşamaları	29
12. 2.Yöntem aşamaları	31
13. 3.Yöntem aşamaları	33
14. Sarıçam ve Titrek kavak odunlarından kraft yöntemiyle üretilen kâğıt hamurlarında elenmiş verimin karşılaştırılması	41
15. Sarıçam ve Titrek kavak odunlarının kraft yöntemiyle üretilen kâğıt hamurların da elek artığının karşılaştırılması	41
16. Sarıçam ve Titrek kavak odunlarının kraft yöntemiyle üretilen kâğıt hamurlarının toplam veriminin karşılaştırılması	42
17. Sarıçam ve Titrek kavak odunundan elde edilen kâğıt hamurlarının kappa numaralarının karşılaştırılması	42
18. Sarıçam odun ve Titrek kavak odunlarından kraft yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurlarının vizkozitelerinin karşılaştırılması	43
19. <i>Pinus sylvestris</i> L. (SÇ) ve <i>Populus tremula</i> L. (TK) odunundan kraft yöntemi ile elde edilen kâğıtların kalınlığa etkisi	44
20. <i>Pinus sylvestris</i> L. (SÇ) ve <i>Populus tremula</i> L. (TK) odunundan kraft yöntemi ile elde edilen kâğıtların hava geçirgenliğine etkisi	45
21. <i>Pinus sylvestris</i> L. (SÇ) ve <i>Populus tremula</i> L. (TK) odunundan kraft yöntemi ile elde edilen kâğıtların opaklık üzerine etkisi	45
22. <i>Pinus sylvestris</i> L. (SÇ) ve <i>Populus tremula</i> L. (TK) odunundan kraft yöntemi ile elde edilen kâğıtların parlaklık üzerine etkisi	46

Şekil	Sayfa
No	No
23. <i>Pinus sylvestris</i> L. (SÇ) ve <i>Populus tremula</i> L. (TK) odunundan kraft yöntemi ile elde edilen kâğıtların yırtılma indisi üzerine etkisi.....	47
24. <i>Pinus sylvestris</i> L. (SÇ) ve <i>Populus tremula</i> L. (TK) odunundan kraft yöntemi ile elde edilen kâğıtların kopma indisi üzerine etkisi.....	47
25. <i>Pinus sylvestris</i> L. (SÇ) ve <i>Populus tremula</i> L. (TK) odunundan kraft yöntemi ile elde edilen kâğıtların patlama indisi üzerine etkisi.....	48
26. 1, 2, ve 3 Yöntem kullanılarak elde edilen sarıçam odununun pişirme sonrasında elde edilen siyah çözelti örneklerinin FTIR analizi yapılarak kontrol örnek ile değerlendirilmesi	49
27. 1, 2, ve 3 Yöntem kullanılarak elde edilen titrek kavak odununun pişirme sonrasında elde edilen siyah çözelti örneklerinin FTIR analizi yapılarak kontrol örnek ile değerlendirilmesi	49
28. Sarıçam FTIR örneği parmak izi bölgesi	51
29. Titrek kavak FTIR örneği parmak izi bölgesi	51

TABLolar DİZİNİ

Tablo No	Sayfa No
1. Odunun asli bileşenleri oranı	3
2. Kimyasal analizlerde kullanılan yöntemler.....	20
3. Sarıçam (SÇ) Sülfat (Kraft) yöntemi için uygulanan pişirme planı.....	23
4. Titrek kavak (TK) Sülfat (Kraft) yöntemi için uygulanan pişirme planı	24
5. Kâğıtların bazı fiziksel, optik ve mekanik testlerinde kullanılan yöntemler	25
6. Kâğıt hamuru üzerinden yapılan deneylerde kullanılan yöntemler	25
7. Sarıçam odununa ait lif boyutlarının karşılaştırılması	34
8. Titrek kavak odununa ait lif boyutlarının karşılaştırılması	35
9. <i>Pinus sylvestris</i> L. odununa ait lif boyutları arasındaki ilişkiler ve karşılaştırılması	36
10. <i>Populus tremula</i> L. odununa ait lif boyutları arasındaki ilişkiler ve karşılaştırılması	36
11. <i>Pinus sylvestris</i> L. odununun bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait bulgular ve bazı türler ile karşılaştırılması.....	38
12. <i>Populus tremula</i> L. odununun bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait bulgular ve bazı türler ile karşılaştırılması.....	39
13. <i>Pinus sylvestris</i> L. (SÇ) ve <i>Populus tremula</i> L.(TK) odunundan kraft yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurlarının elenmiş verimi, elek artığı, toplam verimi, kappa numarası ve viskozitesi	40
14. <i>Pinus sylvestris</i> L. (SÇ) ve <i>Populus tremula</i> L. (TK) odunundan Kraft yöntemiyle elde edilen deneme kâğıtlarının bazı fiziksel, optik, mekanik özelliklerinin ortalama ve standart sapmaları belirlenmiştir.....	43
15. Kontrol örnek olan ligninin pik değerleri.....	50

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

- α : Alfa
 $\pm s$: Standart sapma

KISALTMALAR

- $^{\circ}$ SR : Schopper Riegler
% : Yüzde
SPSS : Statistical Package for Social Sciences
TAPPI : Technical Association of the Pulp and Paper Industry
OGM : Orman Genel Müdürlüğü
Ç/Y : Çözelti / Yonga oranı
cm : Santimetre
km : Kilometre
m : Metre
mm : Milimetre
ml : Mililitre
l : Litre
A.A : Aktif Alkali
Na₂S : Sodyum sülfür
NaOH : Sodyum hidroksit
SÇ : Sarıçam
TK : Titrek kavak
Y/Ç : Yonga/ Çözelti oranı
FTIR : Fourier Transform Infrared (Kızılötesi) Spektroskopisi

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Genel Bilgiler

1.1.1 Odunun Makroskopik Yapısı

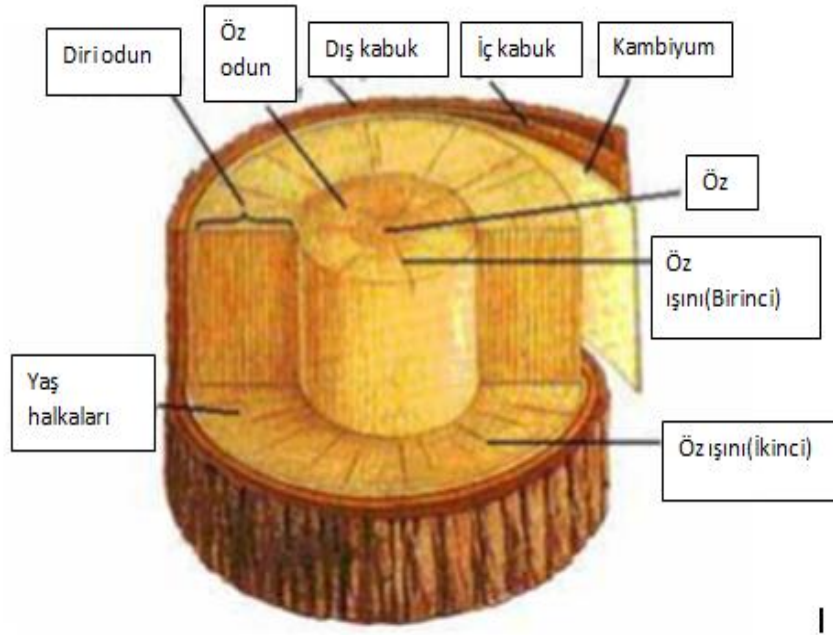
Bir ağaç yaşam döngüsünde topraktan su ve erimiş halde aldığı kalsiyum, potasyum, kükürt, fosfor, demir, magnezyum ve azot gibi mineral tuzlarını ve havadan aldığı CO₂ yapraklarda meydana gelen fotosentez ile büyür ve yaşamını sürdürür (Berkel, 1970).

Odunun makroskopik özellikleri çıplak gözle yada lup (10x) altında incelendiğinde görülebilen özelliklerinden biridir. Odunun makroskopik tanımın da sadece bu görünüş özelliklerinden değil rengi, parlaklığı, kokusu tadı, tekstürü, lif yapısı, ağırlığı ve sertliği gibi karakteristik özelliklerinden faydalanılmaktadır. (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Odun ve kabuk kambiyumda meydana gelmektedir (Merev, 2003) Vejetasyon periyodu içerisinde vaskular kambiyum tabakasının iç tarafa bölünerek yeni hücreler oluşmasıyla her yıl gövdeye bir yıllık halka eklenmektedir (Berkel, 1970; Kantay ve Köse, 2005).

Yaşlı ağaçların ortasında bulunan koyu renkli oduna öz odun, öz odunun çevresinde bulunan açık renkli oduna diri odun olarak adlandırılır (Merev, 2003).

Öz, ağaç gövdesinin tam ortasında bulunur ve paranzim hücrelerinden oluşmaktadır. Enine kesitte öz'den çevreye doğru, ağaç türüne göre kalınlığı ve rengi değişen, ışınlar halinde uzanan öz ışınlar yer almaktadır (Berkel, 1970) (Şekil 1).



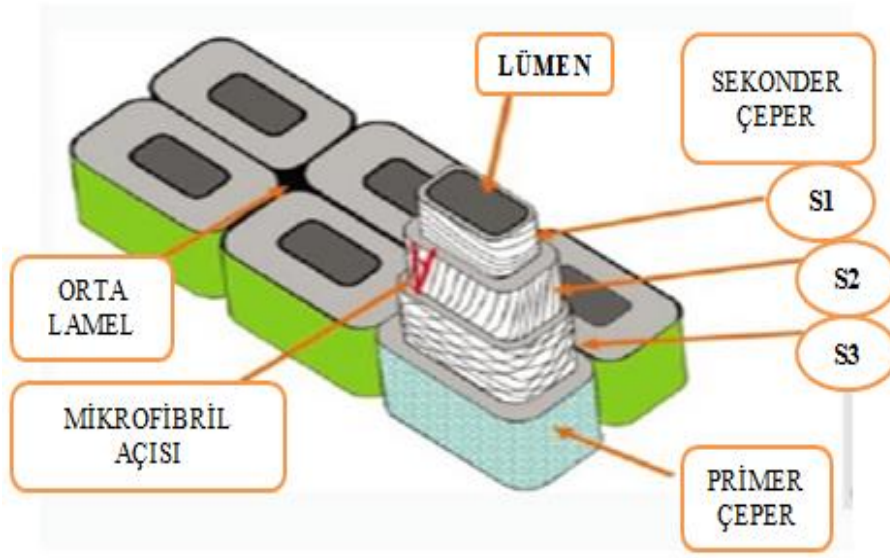
Şekil 1: Odunun makroskobik yapısı (URL-1, 2016).

1.1.2 Odunun Mikroskobik Yapısı

Odun, hücre adı verilen çok sayıda küçük birimden meydana gelmektedir. Hücreler çeşitli şekillerle bir araya gelerek odunu oluşturmaktadır. Odunsu bir hücrede dışta hücre çeperi, çeper üzerinde hücreden hücreye besin suyu akışını sağlayan çok küçük açıklıklar (geçitler) ve ortada hücre boşluğu (lümen) bulunmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 2000) (Şekil 2).

İğne yapraklı ağaçlar esas olarak boyuna traheid ve özışını paranzim hücrelerinden meydana gelmekte, yapraklı ağaç odunlarının hücre yapısı iğne yapraklı ağaçlara göre daha karmaşık bir durum göstermektedir.

Yapraklı ağaç odunlarının en tipik karakteri iğne yapraklı ağaçlarda bulunmayan, hücrelerin üst üste gelerek ve aralarındaki zarların erimesi ile meydana gelen boru şeklindeki trahelerin bulunmasıdır. Traheler besin suyu iletme görevi yapmaktadırlar. (Berkel, 1970).



Şekil 2: Odunun mikroskobik yapısı (URL-2, 2016).

1.1.3 Odunun Kimyasal Yapısı

Odun kimyasal bileşimi oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Odunda bulunan kimyasal bileşikler karbonhidratlar, fenolik maddeler, terpenler, alifatik bileşikler, alkoller, aldehitler, hidrokarbonlar, alkoloitler, proteinler, polihidrik alkoller, iki değerli asitler ve inorganik bileşiklerdir (Hafizoğlu ve Deniz, 2010).

Tablo 1: Odunun asli bileşenleri oranı (URL-3, 2016).

BİLEŞENLER	(%) Oranı
Selüloz	38 – 50
Hemiselüloz	23 – 32
Lignin	15 - 25

Odundaki karbonhidratlar polisakkaritlerce temsil edilir. Odunun 3/4' ünü oluştururlar. Bu grupta selüloz, hemiselüloz, nişasta, pektik maddeler ve suda çözünen polisakkaritler bulunur. Odun yapısının büyük bir kısmını selüloz oluşturur (Hafizoğlu, 1982). Fenolik maddelerin en önemli kısmını lignin oluşturur (Tablo 1). Fenolik maddelerin (tanenler, flobafenler, renkli maddeler ve lignanlar) bir kısmı su ve organik çözücülerde çözünebilmektedir. Terpenler ve terpenoik bileşikler hem uçucu hem de uçucu olmayan

bileşikleri içerir. Terebentin de bulunan uçucu bileşikler ve reçineyi oluşturan reçine asitleri en önemli bileşiklerdir. Alifatik bileşikler ağaçlarda yüksek yağ asitleri ve esterler biçiminde yer almaktadır. Odunda alkoller hem serbest hem de esterleşmiş olarak yer almaktadır. Odunda aldehidler az miktarda bulunur ve karbonil grubu içerir. Hidrokarbonlar az miktarda bulunan bileşiklerdir ve en önemli grubu alifatik hidrokarbonlardır. İki değerli asitler genellikle kalsiyum tuzları biçiminde bulunurlar. Kül inorganik bileşiklerinden oluşmaktadır (Hafızoğlu, Deniz, 2010).

1.2 Kâğıdın Tanımı ve Tarihçesi

Kâğıt, bitkisel liflerin özel aletlerde dövülmesi sonucu liflerin keçeleşmesi, saçaklanması, su emerek şişmesi ve mekanik etkiler sonucu kesilmesinden sonra süzgeç üzerinde oluşturulan safihanın daha sonra kurutulmasıyla hidrojen bağlarının oluşumu sonucu belirli bir sağlamlık kazanan düzgün safihadır (Eroğlu, 1990).

Tarih boyunca farklı coğrafya ve kültürlerde lifsel hammaddelerden değişik özellikte kağıtlar üretilmiştir. Antik Mısırlılar tarafından 5500 yıl önce papirüs saplarından elde edilen kağıtlar kağıt yapım tarihinin ilk kayıtlarındandır. Papirüs (Cyperus papyrus) Cyperaceae familyasına ait olan ve genellikle nehir kenarlarında yetişen bir bitkidir. Kağıdın atası ve birçok dilde ona adını veren papirüstür (Eroğlu ve Usta, 2004).

Osmanlı döneminde 1746 yılında ilk Türk matbaasının ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla Yalova'nın Elmalık köyü yakınındaki Hark Deresi kenarında "Yalakabat Kâğıthanesi" kurulmuştur. İlk olarak kâğıt fabrikası 1846 yılında İzmir'in Halkapınar semtinde kurulmuştur. Cumhuriyet devrinde ilk kâğıt fabrikası olan İzmit Kâğıt Fabrikasının temeli 1934 yılında atılmış, 1938 yılında tamamlanarak fabrikanın kuruluşu Sümerbank tarafından gerçekleştirilmiştir (Eroğlu ve Usta, 2004)

1.2.1 Kağıt Hamuru Üretim Yöntemleri

Kağıt hamuru üretim yöntemleri üç grup altında incelenmektedir;

a) Kimyasal Yöntemleri

b) Yarı kimyasal Yöntemler

c)Mekanik yöntemler

Mekanik hamur üretiminde amaç, odunu oluşturan lifsel yapıdaki hücreleri mekanik güç kullanarak serbest hale getirmektir. Bu esnada odun bileşenlerinde az bir kayıp meydana geldiği için verim yüksektir. Lignin odun bileşiminden ayrılmadığından dolayı lifler katıdır. Mekanik işlem sırasında liflerde kalıcı hasar ve parçalanma meydana gelmektedir. Bu nedenle mekanik hamurdan yapılan kağıtların direnç özellikleri kimyasal hamurlardan belirgin biçimde daha düşüktür. Yarı kimyasal kağıt hamuru üretiminde kimyasal yöntemlerdeki gibi bir pişirme işlemi uygulanıp odun yongaları yeterince yumuşatıldıktan sonra mekanik güç kullanılarak liflere ayrılmaktadır. Üretilen hamurun kalitesi genellikle kimyasal hamurdan düşük, mekanik hamurdan daha iyi olmakla beraber, hamur verimi orta seviyededir (Kırcı, 2003).

Kimyasal yöntemlerle kâğıt hamuru üretiminde, odun yongalarının kimyasal bir pişirme çözültüsüyle belirli bir sıcaklık ve basınç altında işleme maruz bırakılarak istenilen delignifikasyon derecesi elde edilinceye kadar pişirilmelidir. Kaliteli hamur elde edebilmek için kabuktaki odundan uzaklaştırılmalı ve yongalar içerisinde bulunan yabancı maddelerden arındırılması gerekmektedir. Pişirme esnasında ligninle beraber odun içerisindeki diğer maddeler de ayrılmaktadır. Bu maddeler, pişirme çözültüsündeki kimyasal reaktiflere dayanıklılığı az olan hemiselülozlar, reçine, ekstraktif ve mineral maddelerin. Pişirmenin ilk kademelerinde, orta lamelde bulunan ve lifleri bağlayıcı bir rol oynayan lignin, pişirmenin tipine bağlı olarak primer zardaki ligninin ayrıldığı belirlenmiştir. Pişirmenin fazlaca uzatılması durumunda sekonder çeperdeki ligninin bir kısmı da ayrılmakta, ancak bu arada selülozun degradasyonu da başlamaktadır (Bostancı, 1987). Günümüzde üretilen kimyasal kağıt hamurunun çoğu kraft yöntemiyle üretilmekte olup, kraft yöntemi dünya kağıt hamuru üretiminin %80'ini oluşturmaktadır (Johansson vd, 1987).

1.2.2 Sülfat (Kraft) Kâğıt Hamuru Üretim Yöntemi

Kimyasal hamur üretiminde amaç odundaki lifleri bir arada tutan ve çoğunlukla ligninden oluşan orta lameli kimyasal yolla çözerek (delignifikasyon=lignin giderme) lifleri bireysel hale getirmektir. Bu işlem sırasında hücre çeperi içerisindeki lignin ve hemiselülozların büyük bir kısmında çözüldüğünden bireysel hale geçen liflerin esnekliğide artar. Lifleri

serbest hale getirmek için mekanik enerji kullanılmadığından, lifler üzerinde mekanik hasar bulunmaz. Dolayısıyla, mekanik ve yarı kimyasal hamurlara göre, kimyasal hamurdan yapılan kağıtlar, daha sağlam lifler arası bağ yapar ve kağıdın direnç özellikleri yüksek olur (Kırcı, 2003).

Kraft yöntemine sülfat yöntemi de denilmektedir. Kraft yönteminde kullanılan kimyasallar sodyum sülfür (Na_2S) ve sodyum hidroksit (NaOH)'tir. Sülfür, ligninin uzaklaştırılmasını kolaylaştırmaktadır. Böylece, yongalar soda yönteminden daha kısa bir süre sıcak alkaliye maruz kalırlar. Bunun sonucunda, soda yönteminden elde edilen kağıttan daha normal kağıtlar elde edilir. Odundan kağıt hamuru elde etmek için sülfürlerin kullanımı ile ilgili ilk patent ise 1870 -1871 yılında A.B.D.'de Eaton tarafından alınmıştır (Kocurek, 1989).

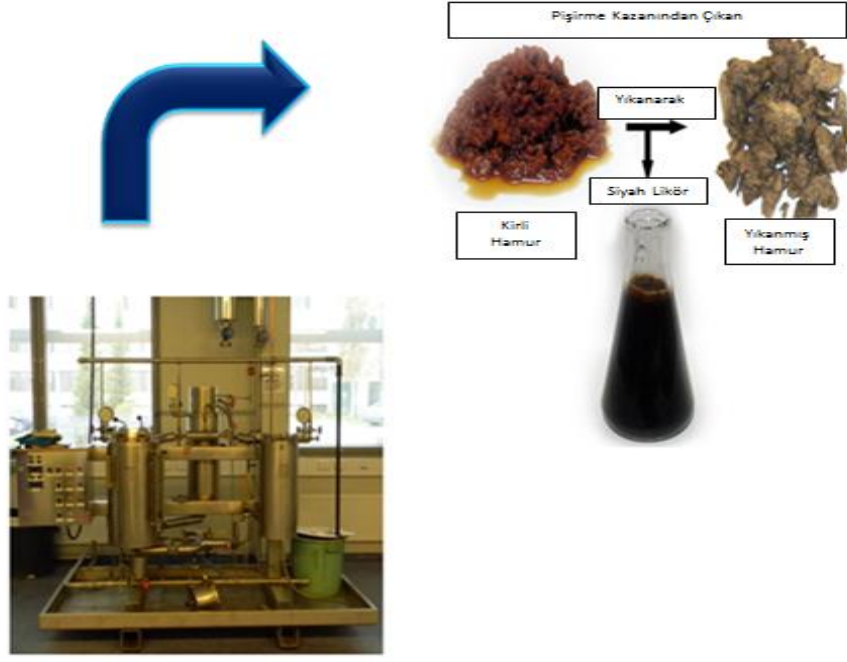
Kraft yönteminin avantajları şunlardır;

1. Her cins oduna kolaylıkla uygulanabilmesi,
2. Pişirme süresinin kısa olması,
3. Üretilen hamurların yüksek parlaklık derecelerine kadar ağartılabilmesi,
4. Kullanılan çözeltinin kolaylıkla geri kazanılması,
5. Reçinelerden ileri gelen problemlerin olmaması
6. Sülfat yönteminde kimyasal maddelerin geri kazanılması, yakılan organik maddelerden enerji eldesinin etkili bir şekilde yapılabilmesi ve böylece su kirlenmesi sorununun minimum düzeye indirilebilmesidir (Eroğlu, 1986; Bostancı, 1987).

1.3 Siyah Çözelti (Likör) Tanımı

Siyah çözelti (likör) kâğıt üretimi esnasında, sülfat prosesi sonucunda elde edilen, lignin kalıntıları, hemiselüloz ve bazı inorganik maddelerden oluşan sıvı çözeltilisidir (URL-4, 2016) (Şekil 3) ve (Şekil 4).

- Siyah çözelti sıvısı çevre kirliliğine sebebiyet vermesi nedeniyle, bazı ön işlemlerden geçirilmeden nehir ve denizlere dökülememektedir.
- Atık siyah çözelti önemli miktarda lignin içerdiğinden ekonomik ve çevre sebeplerinden dolayı bu ligninin geri kazanılması önem arz etmektedir.
- Bu çözelti, odun hamuru eldesi sırasında kullanılmış reaksiyona girmemiş bazı kimyasallar yanında organik ve inorganik maddeler de içermektedir.



Şekil 3: Pişirme sonrasında elde edilen siyah likör (URL-5, 2016).

Siyah Likör Analizi	
Agent	Content [g/kg dry solid]
Na	19.3
K	3.34
S _{tot}	5.50
Cl _{tot}	0.41
S ²⁻	1.93
NaOH	1.1
CO ₃ ²⁻	6.2
Na ₂ SO ₃	0.1
Na ₂ S ₂ O ₃	2.13
Na ₂ SO ₄	1.23
C	31.9
H	3.33
N	0.08

Calorimetric heat value, HHV 12.74
(MJ/kg dry solids)

Şekil 4: Siyah likör (çözelti) analizi (URL-6, 2016).

Kimyasal geri kazanma selülozun pişirilip yıkanmasından ve ligninin alınmasından sonra, geriye suyla birlikte, organik unsurlar, inorganik çözülmüş maddeler ve organik bileşikler kalır. Bu çözeltiliye de siyah likör denir. Kimyasal geri kazanmanın amacı pişirmede kullanılan kimyasalları siyah likörden geri kazanmak ve yakıt olarak kullanmaktır.

Kimyasal geri kazanma üniteleri beş bölümden meydana gelir;

1. Siyah liköründen buharlaştırmayla suyun alınması
2. Kondensatın iyileştirilmesi
3. Siyah likörün yakılması
4. Beyaz likörün hazırlanması
5. Kireçli çamurun yeniden yakılması

Siyah liköründen; buharlaştırmayla suyun alınması; burada amaç suyun buharlaştırılarak yakma öncesi siyah likördeki katı madde miktarını arttırmaktır. Aksi takdirde siyah likör yakılamaz. Suyun %95'i buharlaştırmayla uzaklaştırılır ve tekrar sıvılaştırılır. Buna kondensat denir. Bu arada metanol ve kükürtlü bileşikler gibi uçucu maddelerde kondensatla birlikte ayrılır. Kondensatın iyileştirilmesi su ile birlikte ayrılan organik maddeler, kondensat iyileştirme aşamasında kondensattan alınır. Alınan organik maddeler, özel bir kazanda veya kireç ocağında yakılırlar. Organik maddelerden arındırılan kondensat kaliteli bir su olarak, selüloz yıkamada ve kireç söndürmede kullanılır.

Siyah likörün yakılması Konsantre likör geri kazanma kazanında yakılır. Bacadan çıkan ısı enerji olarak geri kazanılırken, sodyum ve kükürt bileşiklerinden, sodyum karbonat ve sodyum sülfat erimiş olarak kazandan alınır ve suda çözünür. Bu çözeltiliye yeşil likör denir. Yeşil likörün içinde, sodyum karbonat ve sodyum sülfat yanında sodyum hidroksit, sodyum sülfat ve sodyum klorit bulunur.

Beyaz likörün hazırlanması içinde katı maddeler bulunduran yeşil likörün tortusuna yeşil likör çamuru denir. Bu tortu yeniden beyaz likör elde etmek için yeşil likörden uzaklaştırılır. Önce yeşil liköre sönmemiş kireç (CaO) ilave edilerek, sönmüş kireç (Ca(OH)₂) oluşturulur. İçine sodyum karbonat katılarak sönmüş kireç (kalsiyum hidroksit) çözülmüş sodyum hidroksite dönüştürülür. Bu işleme kostiklendirme aşaması denir. Kireçli çamurun yeniden yakılması kalan katı madde yakılarak sönmemiş kirece döndürülür. Sönmemiş kireç ise yeniden kostiklendirme işleminde kullanılacaktır (URL -7, 2016).

1.4 Kağıtçılıkta Ligninin Tanımı

Lignin biyosferdeki enerji akışlarının önemli bir maddesidir. Güneş enerjisi bitkilerdeki diğer herhangi fonksiyonel gruplardan daha fazla ligninde depolanır (şayet selüloz ve

hemiselüloz ayrı bileşikler olarak gözönüne alınırsa). Buna rağmen, lignin (genel olarak fenolikler) biyolojik sistemlerdeki biyokütle ve enerji akışlarının tartışmalarında sık sık ihmal edilir. Güneş enerjisinin depolanması için bitki sistemlerindeki ana bir bileşik olmayı tamamlayan lignin, odunda kompozit bir materyal bileşiği olarak önemli bir rol oynar. Daha önemlisi, lignin ağaca uygulanan kuvvetlerin kontrolünde de değişik fonksiyonlara sahiptir (Sarkanen, 1971). Kraft hamuru operasyonunda çözünen 16 milyon ton ligninin sadece küçük bir fraksiyonu geri kazanılır ve atık siyah likördeki organik materyaller (çevreyi olumsuz yönde etkileyen), operasyonun ısı dengesine önemli bir katkı sağlamak için fabrikalardaki geri kazanma ünitelerinde yakılır (Falkehog, 1975).

Bu da bir materyalin en kötü bir şekilde kullanımı demektir. Oysa ki, lignin aşağıda da belirtileceği gibi birçok kullanım alanına sahiptir. Prensip olarak, ligninin hem makromolekül hem de parçalanmadan sonra elde edilen düşük molekül ağırlıklı yapı taşları halinde kullanımları mümkündür (Goldstein, 1975).

1.4.1 Ligninin Alternatif Kullanım Alanları

Geniş kavramsal bir yaklaşım ile ligninin kullanımları aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Falkehog, 1975) (Şekil 5).



Şekil 5: Ligninin kullanım alanları (URL-8, 2016).

- 1.Enerji,
- 2.Kağıt, levha vs.
- 3.Parçalanma ve kimyasal dönüşüm ürünleri: Vanilin, Dimetilsülfid ve dimetilsülfoksit, Fenoller ve kateçoller, Benzen türevleri, Sentetik gaz vs.
- 4.Makromolekül halinde kullanımları (çözelti sistemlerinde) Dispersantlar, Emülsiyon stabilizeleri, Kompleks maddeler, Pıhtılaştırıcı, çökeltici vs.,
- 5.Polimerik materyal sistemlerinde makromoleküler veya parçacıkları kullanımları: Termoset reçineleri, Kauçuk katkı maddeleri, Poliblentler, Stabilizer uygulamaları (örneğin, antioksidantlar) Bakalit üretiminde, Ambalaj köpüklerinin üretiminde,
- 6.Matriks veya diğer uygulamaları: Adsorpsiyon, Desorpsiyon vs., İyon değiştirici,
- 7.Karbonlaştırma ve pirolizleştirme uygulamaları: Aktif karbon, Karbon veya grafit lifleri ve köpükler,
- 8.Toprak ve gübre uygulamaları Lignosülfonatları içeren izole edilmiş lignin ürünleri,

Günümüzde ligninin geriye kalan diğer kalemlerde kullanımı çok fazla yaygın değildir. Entropik bir enerji bakımından lignin mümkün olduğu kadar makromolekül formda kullanılmalıdır. Ligninin parçalanması ve bir polimer yapısını tekrar inşa etmesi enerji gerektirmektedir. Fakat bu, teknik özellikler proses teknolojisi ile ilgili ihtiyaçları karşılamak zorundadır. Bir hidrojen vericinin mevcudiyetinde termal parçalanma daha yüksekse indirgenmiş bir ürün üretecek ve ürünün entalpi seviyesini yükseltecektir. Böyle bir proses, elbette hidrojen üretiminde yüksek enerji yoğunluğundan dolayı, yüksek bir maliyete sahip olabilir. Hidroksil ve fenolik yapıları içeren lignin birçok reaksiyonda yüksek bir reaktiviteye sahiptir (Hafizoğlu, 1986).

Her ne kadar böyle ise de, ligninin özellikle kraft ligninin (sülfat atık çözeltisinin %40'ını içeren) termoset reçinelerinde fenol yerine bir ikame malzemesi olarak direkt kullanımı, reçinenin viskozitesi, sertleşme hızları vs. üzerindeki etkilerinden dolayı alternatif kaynakların kabul edilebilirliği bakımından bazı zorluklar oluşturmaktadır. Örneğin, bu tutkallardan elde edilen kontrplakların mekanik özellikleri %20'den yukarıdaki değerlerden olumsuz yönden etkilenebileceklerdir. Kraft lignini ve reçine formülasyonu etkili bir alternatif madde derecesine ulaşmak için modifiye edilebilir. Kraft lignini ürünleri

günümüzde özel fenolik reçine tutkalı uygulamalarında kullanılmaktadır. Ligninin bir fenol alternatifi olarak kullanımı özellikle levha uygulamalarında uygun olabilir (Ono, 1991).

Kimyasal ve fiziksel özellikleri yanında diğer özellikleri de polimer uygulamalarında büyük bir değere sahiptirler. Ligninin mevcut doğal boyutları büyük miktarda yeterli olabilir. Termoset uygulamalarında lignin bir kopolimer veya graft halinde bir makromoleküler olarak çökebilir. Yüksek yükleme oranlarında lignin uygun bir faz teşkil eder. Özellikler bu, %20'den aşağı yüklemelerde mümkün olamaz. Ligninin polimerler ile olan karışımları bazı enteresan imkanlar teklif edebilir. Sağlam bir araştırma ve geliştirme çabalarını gerektirecektir (Falkehog, 1975).

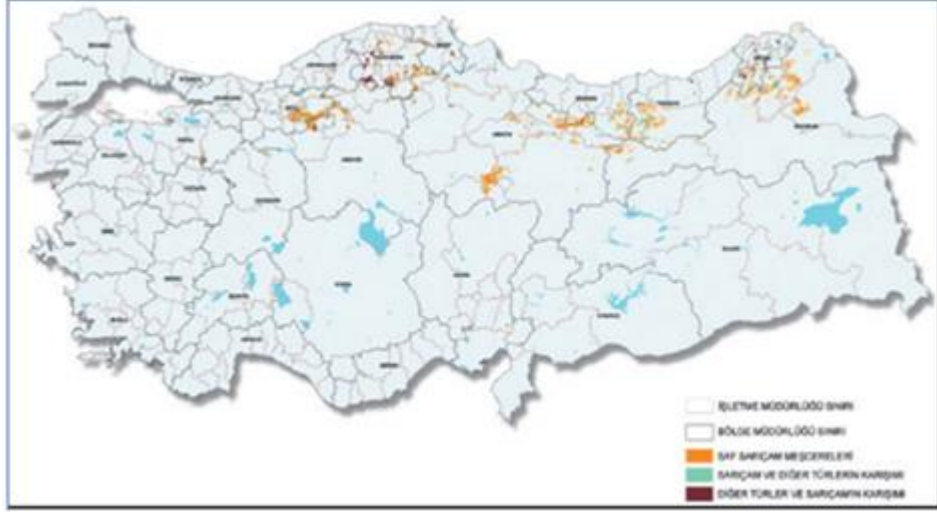
Genel olarak, ligninin daha düşük modüllü polimerlerde daha yüksek modulus fazı oluşturacağından büyük potansiyellere sahip olması mümkündür. Bu, odundaki ligninin fonksiyonlarından biri olabilir. Böyle bir durumda biz lignini takviye edici bir kimyasal madde olarak kullanırsak, yapısını taklit etme imkanına sahip oluruz.

Lignin takviyeli elastomerlerin aşınma direnci, karbon siyahı esaslı olanları ile karşılaştırıldığında, yüksek bir çekme direncine sahiptir. Ligninin bir kauçuğa nüfuz etmesi için en uygun ve etkili proseslerden biri, bir kauçuk lateksi ile çöktürme koagülasyonu ile olanıdır (Falkehog, 1975).

1.5 Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Hakkında Genel Bilgiler

Mevcut çam türleri içerisinde en geniş coğrafi yayılımı olan sarıçam, Avrupa ve Asya'da takriben 3700 km eninde ve 14700 km uzunluğunda çok geniş bir doğal yayılım alanına sahiptir. Sarıçamın dünyada en güney yayılımı Kayseri-Pınarbaşı mıntıkasında 38°34' kuzey enlemidir (Demirci, 2006).

Türkiye'de sarıçam, kuzeyde 41°48' N (Sinop-Ayancık), güneyde 38°34' N (Kayseri-Pınarbaşı) enlem dereceleriyle, doğuda 43°05' E (Kars-Kağızman), batıda 28°50' E (Bursa-Orhaneli) boylam dereceleri arasında yayılım göstermektedir (Şekil 6).



Şekil 6: Sarıçamın Türkiye'deki doğal yayılış alanı (URL-9, 2016).

Sarıçam ülkemizde toplam (1.479.647, 6 ha) alanda yayılış göstermekte ve bu geniş yayılış alanı ile sarıçam ülkemiz ormanlarının yaklaşık olarak %0,5' lık kısmını oluşturmaktadır (OGM, 2013). Saf halde yada diğer ağaç türleriyle karışık olarak böylesine geniş bir yayılışı bulunması ve odunun çok çeşitli kullanım olanaklarına sahip olması sarı çam türünü ülkemiz için çok önemli bir konuma getirmektedir (Alemdağ, 1967). Yetiştirme ortamlarına göre 20-40 metre boylarında narin gövdeli, sivri tepeli ve ince dallı yada dolgun ve düzgün gövdeli, yayvan tepeli ve kalın dallı bir ağaçtır (Alemdağ, 1967; Anşin, 2001).

Sarıçam tipik bir ışık ağacıdır ve ışık isteği yetiştirme ortamının fakirleşmesi oranında artar. Ancak toprak isteği bakımından kanaatkârdır. Çünkü sarıçam, bu geniş yayılışında çeşitli toprak ve ana kayaların üzerinde bulunmaktadır. Gevşek, derin ve nemli kum toprakları bu türün isteklerine çok uyar. Büyümesi yavaşlamakla birlikte kuru kum ve çakıl topraklarında ve ıslak turbalıklarda bile gelişebilir. Değişken nemli topraklara, özellikle su taşmalarına karşı duyarlıdır (Çepel vd., 1977; Demirci, 2006).

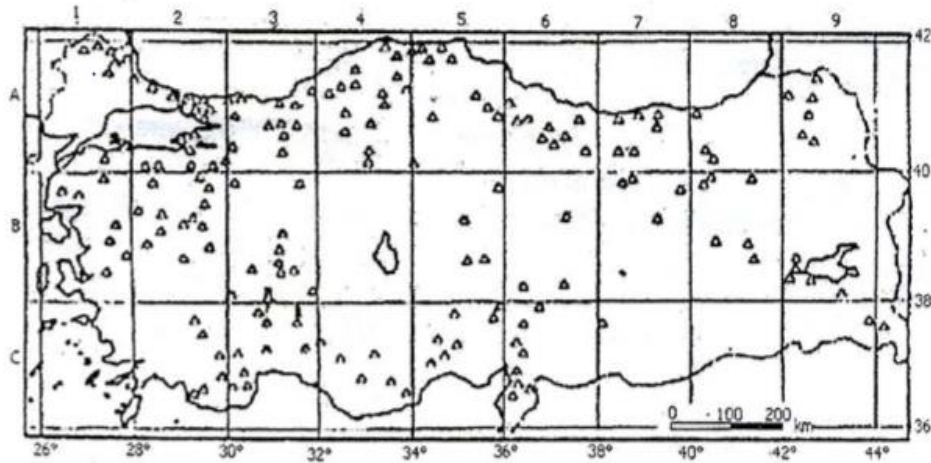
Sarıçam iyi kaliteli gövdeler oluşturması ve kolay işlenebilir odunun oldukça geniş bir kullanım alanı olması açısından ekonomik olarak ülkemiz için oldukça önemli bir ağaç türüdür (Bozkurt, 1971; Anonim, 1994).

Bunun yanında sarıçam odunu doğal dayanma süresinin uzun oluşu nedeniyle travers, ısı iletkenliğinin kötü ve çivi tutma yeteneğinin yüksek olması nedeniyle inşaat yapımında

döşeme amacıyla, köprü inşaatı, deniz araçları yapımı, ambalaj sanayi, mobilya ve tarım, lif levha, yonga levha ve kontrplak gibi değişik alanlarda kullanılmaktadır (Bozkurt, 1971; Anonim, 1994).

1.6 Titrek Kavak (*Populus tremula* L.)Hakkında Genel Özellikleri

Titrek kavak öncü orman ağaçlarındandır. Büyük yangın ve hastalıklardan sonra alana ilk gelip yerleşen öncü ağaç türlerindedir. Step alanları dışında hemen her yerde yetişmektedir. Özellikle dere ve nehir boylarında, orman içi açıklıklarda görmek mümkün olmaktadır (Anşin ve Özkan, 1997; Yaltırık, 1993; Tunçtaner vd., 1994). Coğrafi yayılışı çok geniştir. Ülkemizde ise; Batı Trakya, Batı Anadolu ve Karadeniz mıntıklarında çok iyi gelişme göstermekte olup, Güneydoğu ve İç Anadolu step bölgesi dışında kalan tüm orman mıntıklarındaki yapraklı ve ibrelili karışık ormanlarında kümeler halinde veya serpili olarak, yangın geçirmiş ve tıraşlama alanlarında ise saf meşcereler halinde yayılış göstermektedir (Öner, 1996) (Şekil 7).



Şekil 7: Titrek kavak ağaç türünün Türkiye'deki yayılışı (Yaltırık, 1993).

Titrek kavak 20-25m boylara ulaşan silindirik yapılı bir kavak türüdür. Yaprak sapları yandan basık ve çok uzun olduğu için hafifçe bir rüzgarla bile sallanmasından dolayı bu adı almıştır (Anşin ve Özkan, 1997). Ormanlarda en çok görülen kavak türüdür. Hızlı büyür, kuvvetli kök sürgünü yapar. Çok geniş yayılış alanında iklim ve toprak seçen bir ağaç türü değildir. Odunsu bitki örtüsü kalkan yada kaldırılan yerlerde, çoğunlukla geçici orman toplulukları kurarak kendinden sonra gelecek ağaç türlerine elverişli iklim ve toprak

koşulları hazırlarlar. Titrek kavak odunu, kirli beyaz renkte, yıllık halkalar geniş olup yaz odun tabakası koyuca, kokusuz, çok hafif ve yumuşaktır (Aytuğ, 1984). Titrek kavak dağınık traheli olup, yıllık halka içerisinde sayıları farklılık göstermektedir. Trahelerin oranı %26,4, liflerin %60,9 ve öz ışınlarının %12,7'dir. Trahelerin perforasyon tablası basittir (Göker, 1983). Odunun kullanım alanlarını etkileyen odun öğelerinden biri olan öz ışınları, sadece odunların tanısını yapmada büyük özellikler içermekte, aynı zamanda teknolojik yönden odunu kullanma ve yararlanma alanını belirleyen önemli öğelerden olduğu belirtilmektedir (Bozkurt, 1967). Bir ağacın teknolojik özellikleri, o ağacın fiziksel, mekanik, kimyasal ve bu niteliklerine etkili olan anatomik özelliklerini kapsamaktadır. Bu özelliklerin bilinmesi, o ağacın odununun kullanım yerlerinin tespitinde belirleyici olmaktadır (Bozkurt, 1986).

Titrek kavak odununun çok çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır. Odununun yeknesak yapıda olması, yumuşak ve kolayca soyulabilmesi, eğilme direncinin yüksek olması, kimyasal maddeleri absorbe etme özelliği ve yandığında is çıkarmaması, yıllık halkalarının dar olması, koyu renkli bir öz odununun bulunmaması ve düzgün lifli olması nedeniyle soyma makinelerinde kolaylıkla tabakalar halinde soyulabilmesi gibi nedenlerle kibrit çöpü yapımında kullanılmaktadır (Atik, 2001).

1.7 Literatür Özeti

Sülfat fabrikaları ile çok sayıdaki sülfat fabrikalarında artık lignin yakılır ve elde edilen enerji atık pişirme çözeltilerinin buharlaştırılmasında kullanılır. Ancak az sayıdaki fabrikalar endüstriyel yöntemler geliştirebildi. Bunu en önemli nedenlerinden birisi de petrolden elde edilen ürünlerin bugüne kadar az bir enerji tüketimiyle daha ucuza elde edilebilmesidir. Mekanik ve yarı kimyasal kağıt hamurunun hazırlanmasında olduğu gibi yöntemlerinden biri ligninin odunun yapısında bırakılmaktadır. Orman endüstrisindeki artık ligninin büyük bir kısmı yakılmak suretiyle enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Günümüzde sülfat lignini yaklaşık olarak tamamı yakılmaktadır. Fakat sülfat yönteminde artık olarak kalan lignin ise bir problem çıkarmaktadır. Çünkü bu lignin su kaynaklarını kirletmektedir. Artık çözeltilerden izole edilen liginosülfatlara uzun araştırmalar sonucu bazı kullanma sahaları bulunmuştur. Kullanma alanları lignin yüzey aktiflik özellikleri ile lignindeki fenolik grupları kondesasyon özelliklerine dayanmaktadır. Genellikle aynı amaç için hem sülfat ligninde hem de liginosülfatlar kullanılabilir (Hafızoğlu ve Deniz, 2010).

Kraf yöntemi adı verilen işlemlerle lignin odundan ayrılır. Bu yöntem kağıt endüstrinde en çok kullanılan hamurlaştırma işlemidir. Bu işlem sonucu elde edilen maddeler, kağıt hamuru ve lignin likörüdür. Lignin likörü, SO² ile işlenerek sülfitleştirme prosesi gerçekleşir ve bu işlemin yan ürünü olarak LS (lignosülfonatlar) üretilmiş olur (Bryecc, 1980).

Kraft yöntemi en fazla kullanılan kağıt hamuru üretim metodudur. Ancak, önemli bir sorunu üretilen kağıt hamurunda fazla miktarda ligninin kalmasıdır. Yaklaşık toplam ligninin %90'ı çözüldükten sonra geri kalan ligninin çözülmesi azalmakta ve kağıt hamurunda kalmaktadır. Kağıt hamurunda kalan bu lignine artık lignin yada kalıntı lignin denmektedir (Gellerstedt ve Lindfors, 1984).

İğne yapraklı ağaç lignini yada guayasil lignini yaklaşık olarak %20-25 oranında C5 karbon-karbon bağları meydana getirmekte bu oran yapraklı ağaçlarda yada siringil-guayasil lignininde sadece %10'a ulaşmaktadır. Bu oran iğne yapraklı ağaçların daha uzun pişirme süresine yol açmakta ve daha fazla kimyasal madde tüketimine neden olmaktadır (Uner, 2003).

Yapılan bir çalışmada kullanılan siyah sıvı, sigara kağıdı yapımında kullanılan keten ve kenevir liflerinin alkali sülfite hamuru üretimi esnasında açığa çıkan atık siyah sıvı olup Robert Fletcher, Greenfield, UK tarafından sağlanmıştır. Bu sıvının bazı önemli özelliklerinden pH:11,3 ve toplam katı miktarı %10'u bulunmuştur. 10N sülfürik asit (H₂SO₄) pH:15-2 elde edinceye kadar siyah sıvıya eklenmiş ve siyah sıvının asitleştirilmesi sağlanmıştır. Karışım 24 saat kadar 20°C'de bekletilerek parçacıkların çökmesine izin verilmiştir. Daha sonra, lignin ihtiva eden karışım 10 dakika 4000 devirde santifürj edilerek ligninin çökmesi sağlanmıştır. Çöken lignin filter edilerek, asidik suyla (pH=2) yıkanmış ve oda sıcaklığında kurutulmuştur (Özmen, Çetin ve Karademir, 2002).

Lignin odunda depolanan güneş enerjisinin yaklaşık olarak %40'mı temsil etmektedir. Petrol fiyatlarının artması, sentetik polimerlerin üretiminde yüksek enerji yoğunluğu ve fosil kaynaklı hammaddelerin çevre üzerine olumsuz etkileri, ligninin veya onun türevlerinin enerji üretiminden ziyade materyal uygulamalarında kullanılmasını gerektirmektedir. Modifiye edilmiş veya edilmemiş lignini sentetik reçinelerde fenol veya polyol değişkeni ve elastomerlerin takviye edici katkı maddeleri olarak kullanmak

mümkün olabilmektedir (Alma, 1999).

Toluen ve etil asetat kullanılarak ekstrakte edilen lignin bileşikler, 4-hidroksi-3-metoksi benzaldehid, 4-hidroksi-3, 5-dimetoksibe izaldehid, 1-(4-hidroksi-3-metoksifenil) etanol, 1-(4-hidroksi-3, 5-dimetoksifenil) etanon vb siyah likörden sülfite izole edilebilirliği GC/MS analizi ile belirlendi. Organik bağlarla bağlanmış tanımlanan düşük molekül ağırlıklı lignin bileşikler kükürt içermez. Asit ve asidifikasyona alkali işleme tabi tutulan sülfite lignin siyah likörden ayrıldı (180°C; 5%NaOH; Lignin/NaOH oranı-1:8) (Radoykova, Nenkova ve Valchev, 2013).

1.8 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada Kağıt fabrikalarında Kraft pişirme yöntemiyle üretilen kağıt hamuru pişirme sonrası da açığa çıkan atık suyu olan siyah çözelti (likör) laboratuvar şartlarında uygun pişirme koşullarında elde edilmiştir. Elde edilen siyah çözeltinin içerisinde bulunan lignin maddesinin geri kazanılması ve bunlardan faydalanma olanaklarının araştırılması amaçlanmıştır.

BÖLÜM 2

MATERYAL VE METOD

2.1 Materyal

Çalışmada kullanılan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Titrek kavak (*Populus tremula* L.) odunu Bartın İli Merkez Dalıca Köyü'nden temin edilmiştir.

2.2. Metod

Bu çalışmada kullanılan Sarıçam ve Titrek kavak odununun bazı fiziksel ve morfolojik özellikleri belirlenmiş ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Kağıt üretim yöntemlerinden biri olan kraft (sülfat) yöntemi kullanılarak kağıt hamuru üretilmiştir. Üretilen kağıt hamurlarından deneme kağıtları yapılarak bazı fiziksel, optik ve mekanik testleri yapılmıştır. Hamur üretimi pişirme sonrasında açığa çıkan atık siyah çözelti (likör) alınarak 1. 2. ve 3. Yöntem ayrı ayrı deneme yöntemi yapılarak lignin geri kazanılmaya çalışılmıştır.

2.2.1 Yongaların Hazırlanması

Sarıçam ve Titrek kavak tomrukları 3'er cm'lik diskler halinde şerit testerede kesilmiştir. Sarıçam ve Titrek kavak odununun kabuğu soyulmuş 3'er cm'lik diskler Orman Fakültesi Lif ve Kağıt laboratuvarında 3cm ebatlarında balta yarımıyla el ile yongalanmıştır. Yongalanan örnekler hava kurusu haline geldikten sonra pişirme yapılıncaya kadar depolanmıştır.



Sarıçam

Titrek Kavak

Şekil 8: Sarıçam ve Titrek kavak yongaları (Fotoğraf: Fadime Yurdakurban, 2016).

2.2.2 Sarıçam Ve Titrek Kavak Odunlarının Bazı Fiziksel Ve Morfolojik Ölçümlerle İlgili Yöntemler

Sarıçam ve Titrek kavak odununa ait bazı fiziksel ve morfolojik ölçmelerle ilgili yöntemler aşağıdaki gibidir.

2.2.2.1 Lif Morfolojisine Ait Ölçme Metotları

Gövde de kabuğun hemen altından en son oluşan yıllık halkalardan kibrit çöpü büyüklüğünde odun parçaları çıkarıldı. Liflerin maserasyonunda klorit yöntemi kullanılmıştır (Wise ve Jahn 1952). Maserasyon işleminde kibrit çöpü büyüklüğünde kesilen örneklerden hava kurusu 5g alınarak 250ml' lik erlenmayer içerisine konulmuş ve üzerine 160ml destile su, 1,5gr Sodyum Klorit (NaClO_2) ve 0,5ml Buzlu Asetik Asit (CH_3COOH) ilave edilmiştir. Erlenmayerin üzeri 50ml'lik bir erlenmayer ile ters çevrilerek kapatılmış ve su banyosuna yerleştirilmiştir. Su banyosunun sıcaklığı $78-80^\circ\text{C}$ ' de ayarlanarak 1 saat işlem görmüştür. 1 saat sonunda karışıma 1,5gr Sodyum Klorit (NaClO_2) ve 0.5ml Buzlu Asetik Asit (CH_3COOH) ilave edilip bu işlem 3 defa tekrarlanmıştır. Erlenmayer su banyosundan çıkarıldıktan sonra buz banyosuna konularak soğutulmuştur. Soğuyan süspansiyon yıkanarak mikserde karıştırılmış ve oluşan süspansiyon Buchner hunisinde filtre kâğıdıyla süzümüştür. Süzülme sırasında alkolle dehidrolize edilmiştir. Filtre kâğıdı üzerinde kalan örnekler deney tüpüne yerleştirilip üzerine gliserin ilave edilerek muhafaza edilmiştir. Sonra liflerden biraz alınarak

preparatlar hazırlanmış ve mikroskopta ölçümleri yapılmıştır. Mikroskopta 40 adet trahe hücresi boyu, 308 adet lif boyu, 108 adet lif ve lümen genişliği ölçülmüştür. Lif genişliğinden lümen genişliği çıkartılıp ikiye bölünerek çeper kalınlığı bulunmuştur.

2.2.2.2 Lif Boyut İlişkilerinin Hesaplanmasında Kullanılan Yöntemler

Sarıçam ve Titrek kavak liflerinin Elastiklik oranı (Eşitlik 1), Runkel sınıflandırması (Eşitlik 2), Keçeleşme oranı (Eşitlik 3), Katılık katsayısı (Eşitlik 4) ilgili eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Elastiklik oranı} = (\text{Lümen Çapı} \times 100) / \text{Lif Genişliği} \quad (1)$$

$$\text{Runkel sınıflandırması} = (\text{Lif çeper Kalınlığı} \times 2) / \text{Lümen Çapı} \quad (2)$$

$$\text{Keçeleşme oranı} = \text{Lif Uzunluğu} / \text{Lif Genişliği} \quad (3)$$

$$\text{Katılık katsayısı} = (\text{Lif Çeper Kalınlığı} \times 100) / \text{Lif Genişliği} \quad (4)$$

2.3 Kimyasal Analizlere Ait Yöntemler

Kimyasal analizlere ait yöntemler aşağıdaki gibidir.

2.3.1 Rutubet Tayini

Rutubet tayini için $2 \pm 0,1$ gr örnek darası alınmış bir kaba konularak, etüvde $103 \pm 2^\circ\text{C}$ ' de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulup, desikatörde soğutulduktan sonra tartılarak rutubet oranı eşitlik (5) yardımıyla % olarak hesaplanmıştır.

$$r = (m_r - m_0) / m_r \times 100 \quad (5)$$

Kimyasal analizler için odun kibrit çöpü büyüklüğünde kesildikten sonra Willey değirmenin de öğütülmüştür. Öğütülen örnekler sarsıntılı elekte, üstten alta doğru sırasıyla 40-60-80mesh'lik elekler sıralanarak elenmiştir. 60mesh'lik elek içerisindeki numuneler bir kavanoza alınarak kimyasal analizler için muhafaza edilmiştir.

Sarıçam ve Titrek kavak odununun kimyasal özellikleri belirlenirken Tablo 2’de gösterilen yöntemler kullanılmıştır.

Tablo 2: Kimyasal analizlerde kullanılan yöntemler.

DENEY	KULLANILAN YÖNTEM
Holoselüloz tayini	Klorit (Wise ve Jahn 1952)
Alfa selüloz tayini	Rowell 2005
Lignin tayini	TAPPI T 222 om-02
Kül tayini	ASTM Standart D 1102-84
Alkol çözünürlüğü	TAPPI T 204 cm-97
Sıcak ve soğuk su	TAPPI T 207 cm-99
%1 NaOH çözünürlüğü	TAPPI T 212 om-02

2.3.2 Holoselüloz Tayini

Holoselüloz tayini işlemlerinin hiç birisinde tam olarak holoselüloz miktarı belirlenemediği bilinmektedir. Bunun nedeni ise ligninin tam olarak uzaklaştırılması esnasında karbonhidrat kaybı da gerçekleşmekte ve bu engellenememektedir. Bu çalışmada en yaygın olan klorit yöntemi kullanılmıştır (Wise ve Jahn 1952). Bu yöntemde diğer yöntemlere göre daha az karbonhidrat uzaklaştırılır. Bu yöntemde %2-4 miktarında lignin kalmaktadır (Hafizoğlu ve Deniz, 2010).

Holoselüloz miktarını belirlemek için alkol ekstraksiyonuna uğratılmış örnekten hava kurusu $5\pm 0,1$ g alınarak 250ml’ lik erlenmayer içerisine konulmuştur ve üzerine 160ml destile su, 1,5g Sodyum klorit (NaClO_2) ve 0,5ml buzlu Asetik asit (CH_3COOH) ilave edilmiştir. Erlenmayerin ağzı 50ml’lik erlenmayer ters çevrilerek kapatılmış ve su banyosuna yerleştirilmiştir. Sıcaklığı $78-80^\circ\text{C}$ ’ de ayarlanarak 1 saat işlem görmüştür. Reaksiyon süresince erlenmayer ara sıra çalkalanarak karıştırılmıştır. 1 saat sonunda karışıma 1,5g Sodyum klorit (NaClO_2) ve 0,5ml buzlu Asetik asit (CH_3COOH) ilave edilip bu işlem 3 defa tekrarlanmıştır. İşlem sonunda süspansiyon buz banyosunda soğutularak krozeden süzülmüştür. Kalıntı önce az miktarda aseton ile sonrada bol miktarda soğuk destile su ile

yıkanmış ve $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ ' de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulup, desikatörde soğutulduktan sonra tartılarak holoselüloz oranı % olarak hesaplanmıştır.

2.3.3 Alfa Selüloz Tayini

Rowell (2005)'e göre yapılan bu deneyde, %17,5'lük Sodyum hidroksit (NaOH), %8,3'lük Sodyum hidroksit (NaOH) ve %10'lük Asetik asit (CH_3COOH) çözeltileri 20°C ' deki su banyosunda bekletilip sıcaklığın 20°C ' ye gelmesi sağlanmıştır. 100ml' lik bir beher içerisine holoselüloz tayinine uğratılmış $2\pm 0,1\text{g}$ örnek ve üzerine 10ml %17,5'lük NaOH çözeltisi ilave edilerek bir baget yardımıyla homojen hale gelinceye kadar karıştırılmıştır. Daha sonra her 5 dakikada 1 kere 5ml %17,5'lük NaOH çözeltisi karışıma ilave edilmiş ve karıştırılmıştır. Bu işlem 3 defa tekrarlanmıştır. Karışım 20°C ' deki su banyosunda 30 dakika bekletildikten sonra çıkarılmış ve içerisine 33ml destile su ilave edildikten sonra 20°C ' deki su banyosunda 1 saat bekletilmiştir. Daha sonra karışım krozeden süzümüştür. Krozedeki kalıntı önce 100ml %8,3'lük NaOH çözeltisi ile sonra da destile su ile yıkanmıştır. Sonrada krozedeki kalıntı üzerine 15ml %10'lük Asetik asit (CH_3COOH) dökülerek 3 dakika bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda Asetik asit (CH_3COOH) süzülerek kalıntı 250ml destile su ile yıkanmış ve etüvde $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ ' de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulduktan sonra desikatöre konularak soğutulmuş ve sonrada tartılarak alfa selüloz oranı % olarak hesaplanmıştır.

2.3.4 Lignin Tayini

Lignin oranının tayini için mevcut olan yöntemlerden Klason yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde sülfürik asit karbonhidratları hidrolize eder ve çözer. Tappi T 222 om-02 standartları dâhilinde yapılmıştır. Tappi T 222 om-02 standardına göre yapılan bu deneyde, alkol ekstraksiyonuna uğratılmış hava kurusu $1\pm 0,1\text{g}$ örnek alınarak bir behere konulmuştur. Üzerine 15ml %72'lik sülfürik asit (H_2SO_4) ilave edilerek $12-15^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta 2 saat bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda beherdeki örnek 1lt'lik şilifli erlenmayere alınmıştır. Asit konsantrasyonunun %3 olması için erlenmayere 560ml destile su ilave edilerek seyreltme işlemi yapılmıştır.

Bu karışım soğutucu altında 4 saat süreyle kaynatılmıştır. Bu işlemden sonra krozeden

süzülerek, sıcak destile su ile yıkama yapılmıştır. Elde edilen kalıntılar etüvde $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ ' de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulduktan sonra desikatöre konularak soğutulmuş ve sonrada tartılarak lignin oranı % olarak hesaplanmıştır.

2.3.5 Kül Tayini

ASTM Standart D 1102-84 standardına göre yapılan bu deneyde boş kroze $525\pm 25^{\circ}\text{C}$ ' de 1 saat fırında bekletildikten sonra desikatöre konularak soğutulduktan sonra tartılarak darası alınmıştır. Darası alınan krozeye $2\pm 0.1\text{g}$ örnek konulduktan sonra üzeri kapatılıp kül fırınına konularak sıcaklık yavaş yavaş artırılıp $580-600^{\circ}\text{C}$ 'de bekletilmiştir. Sonra krozeler fırından çıkarılarak desikatörde soğutulmuştur. Desikatörde soğuyan örnekler tartılarak kül miktarı % olarak hesaplanmıştır.

2.3.6 Alkol Çözünürlüğü

TAPPI T 204 cm-97 standardına göre yapılan bu deneyde örnek içindeki yağ, mumsu maddeler, tanen gibi maddelerin miktarı belirlenmektedir. Sokslet cihazında 300ml etilalkol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) ile 6 saat ekstraksiyona tabi tutulan örnekler daha sonra etüvde $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de tam kuru hale getirilip, desikatörde soğutulduktan sonra tartılarak çözünürlük miktarı oranı % olarak hesaplanmıştır.

2.3.7 Soğuk Su Çözünürlüğü

TAPPI T 207 cm-99 standardına göre yapılan bu deneyde, 400ml' lik bir beher içerisine hava kurusu 2g örnek konularak üzerine 300ml destile su ilave edilmiştir. Bir baget yardımıyla karıştırıldıktan sonra üzeri saat camı ile kapatılıp $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ ' de 48 saat süreyle bekletilmiştir. Bu süre içerisinde arada bir karıştırılmıştır. Sonra örnekler krozeden süzülerek, destile su ile yıkama yapılmıştır. Elde edilen kalıntılar etüvde $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ ' de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulduktan sonra desikatöre konularak soğutulmuş ve sonrada tartılarak soğuk su çözünürlük oranı % olarak hesaplanmıştır.

2.3.8 Sıcak Su Çözünürlüğü

TAPPI T 207 cm-99 standardına göre yapılan bu deneyde, 250ml'lik bir erlenmayer

içerisine hava kurusu 2g örnek konularak üzerine 100ml sıcak destile su ilave edilmiştir. Sonra erlenmayer kaynayan sıcak su banyosuna yerleştirilmiştir. Erlenmayerler soğutucu altında 3 saat süreyle kaynayan su banyosunda tutulmuştur ve bu sürenin sonunda krozelerde süzülerek sıcak su ile yıkanmıştır. Elde edilen kalıntılar etüvde $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulduktan sonra desikatöre konularak soğutulmuş ve sonrada tartılarak sıcak su çözünürlük oranı % olarak hesaplanmıştır.

2.3.9 %1'lik NaOH Çözünürlüğü

TAPPI T 212 om-02 standardına göre yapılan bu deneyde, 250ml'lik bir erlenmayer içerisine hava kurusu 2g örnek konularak üzerine 100ml %1'lik sodyum hidroksit (NaOH) ilave edilerek, erlenmayerin ağzı 50ml'lik erlenmayer ile ters çevrilerek kapatılmış ve kaynayan su banyosuna yerleştirilmiştir. 1 saat beklenildikten sonra darası alınmış kroze de süzülerek önce 25ml %10'luk asetik asit (CH_3COOH) ile yıkandıktan sonra sıcak su ile yıkanmıştır. Elde edilen kalıntılar etüvde $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ ' de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulduktan sonra desikatöre konularak soğutulmuş ve sonrada tartılarak %1'lik NaOH çözünürlük oranı % olarak hesaplanmıştır.

2.4 Kâğıt Hamuru Pişirme Planları

Kraft yöntemi kullanılan pişirme planları aşağıdaki gibidir.

2.4.1 Sülfat (Kraft) Yöntemi

Bu çalışmada Sarıçam (SÇ) ve Titrek kavak (TK) odunlarının Sülfat (Kraft) Tablo 3 ve 4' de belirtilen pişirme koşullarında 1'er adet pişirme yapılmıştır.

Tablo 3: Sarıçam (SÇ) Sülfat (Kraft) yöntemi için uygulanan pişirme planı.

P.N	Y/Ç	NaOH (%)	Na ₂ S (%)	M.S (°C)	M.S.U.S (dk)	M.S.P.S (dk)
SÇ	4/1	18	25	170	90	75

Not: P.N: Pişirme No, Y/Ç: Yonga/ Çözelti oranı, M.S: Maksimum Sıcaklık, M.S.P.S: Maksimum Sıcaklıkta Pişirme Süresi, M.S.U.S: Maksimum Sıcaklığa Ulaşma Süresi.

Tablo 4: Titrek kavak (TK) Sülfat (Kraft) yöntemi için uygulanan pişirme planı.

P.N	Y/Ç	NaOH (%)	Na ₂ S (%)	M.S (°C)	M.S.U.S (dk)	M.S.P.S (dk)
TK	4/1	18	25	170	90	75

Not: P.N: Pişirme No, Y/Ç: Yonga/ Çözelti oranı, M.S: Maksimum Sıcaklık, M.S.P.S: Maksimum Sıcaklıkta Pişirme Süresi, M.S.U.S: Maksimum Sıcaklığa Ulaşma Süresi.

2.5 Kâğıt Hamuru ve Deneme Kâğıtlarının Elde Edilmesi

Her bir pişirmede 700g tam kuru yonga kullanılmıştır. Yongalar tam kuru ağırlığı 700g olacak şekilde tartılarak hava almayacak şekilde polietilen torbalarda muhafaza edilmiştir. Pişirme işlemleri elektrik ile ısıtılan, 25kg/cm² basınca dayanıklı, 15lt kapasiteli, dakikada 2 devir yapabilen laboratuvar tipi pişirme kazanın da yapılmıştır. Termostat ayarlandıktan sonra pişirme kazanının üzerindeki termometre gözlenerek sıcaklık $\pm 2^{\circ}\text{C}$ hassasiyetle, sıcaklık ayarları elle yapılmıştır.

Pişirme sonucunda elde edilen hamurlar 150mesh'lik elek içerisinde alınarak yıkama suyu berraklaşınca kadar ve 30'ar dakika yıkanmıştır. Materyal yapraklı ağaç olduğu için 5 dakika süre uygun görülerek yıkanmış hamurlar laboratuvar tipi lif açıcıda açılmıştır. Açılan lifler TAPPI T 275 sp-02 standardına göre Somerville tipi sarsıntılı vakum eleğinde elenerek elek artığı ayrılmıştır. Elenen hamur suyu bir miktar giderildikten sonra poşetlenerek ağzı kapatılmış ve bir süre bekletildikten sonra her pişirmeden tesadüfi 3'er örnek alınarak rutubetleri hesaplanmıştır. Pişirmelerin tam kuru hali hesaplanarak pişirme öncesi alınan tam kuru hal göz önüne alınarak verimi % olarak hesaplanmıştır. Elek artıkları da etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulup tartılarak tam kuru yonga ağırlığına oranlanarak elek artığı miktarı % olarak hesaplanmıştır.

Elenen hamurlar TAPPI T 200 sp-01 standardına göre Hollander'de 25⁰SR'e kadar dövülmüştür. Hamurların serbestlik derecesi Schopper Riegler cihazında ISO 5267-1 standardına göre belirlenmiştir. Dövülmemiş, 25⁰SR kadar dövülmüş hamurlardan ISO 5269-2 standardına göre 75 \pm 2g/m² gramajlı 10'ar adet deneme kâğıtları yapılmıştır.

2.6 Kâğıtların Bazı Fiziksel, Optik ve Mekanik Özellikleri

Deneme kâğıtları TAPPI T 402 sp-03 standardına göre $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\%50\pm 2$ bağıl nemde 24 saat kondisyonlandıktan sonra Tablo 5’de gösterilen standartlara göre bazı fiziksel, optik ve mekanik özellikleri belirlenmiştir.

Tablo 5: Kâğıtların bazı fiziksel, optik ve mekanik testlerinde kullanılan yöntemler.

DENEY	KULLANILAN YÖNTEM
Kalınlık	TAPPI T 411 om-97
Hava geçirgenliği	ISO 5636-3
Opaklık	TAPPI T 519 om-02
Parlaklık	TAPPI T 525 om-02
Yırtılma indisi	TAPPI T 414 om-98
Kopma indisi	TAPPI T 494 om-01
Patlama indisi	TAPPI T 403 om-02

2.7 Kâğıt Hamuru Üzerinden Yapılan Deneyler

Kâğıt hamuru üzerinden yapılan deneylerde kullanılan yöntemler Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6: Kâğıt hamuru üzerinden yapılan deneylerde kullanılan yöntemler.

DENEY	KULLANILAN YÖNTEM
Kappa numarası	TAPPI T 236 om-99
Viskozite	SCAN-CM 15-62

2.7.1 Kappa Numarası Tayini

Kappa numarası tam kuru 1g kâğıt hamurunun tükettiği 0,1N KMnO_4 çözeltisinin ml olarak miktarına denilmektedir (Hafizoğlu ve Deniz, 2010). TAPPI: T236 standardına göre önceden elenerek rutubeti dengelemek amacıyla poşetlenmiş hamurlardan rutubet alınarak kuru maddesi bulunmuştur. 2lt’lik beher içerisine 1g tam kuru hamur ve 800ml destile su

konularak lifler bireysel hale gelinceye kadar açılmıştır. Sonra üzerine 200ml beher içerisine konulan 100ml 4N H₂SO₄ ve 100ml 0,1N KMnO₄ karışımı ilave edilerek 10dk süre ile karıştırılmıştır. Süre bitiminde 20ml 1N KI ve bir miktar %0,2 nişasta ilave edilerek titrasyon (titrasyon için kullanılan madde 0,2N Sodyum tiyosülfat) başlatılmıştır. Renk beyaz olduğu noktadaki tüketim sarfiyat olarak kaydedilerek karışımın sıcaklığı ölçülmüştür.

2.7.2 Viskozite Tayini

Hamur viskozitesinin belirlenebilmesi için, 9g tam kuru hamur tartılıp, 400ml'lik bir behere konularak üzerine 9g %100'lük Sodyum klorit, 3g Sodyum asetat, 6ml asetik asit, 200ml destile su ve 1 damla Formik asit ilave edilerek iyice karıştırılmıştır. Karışım oda sıcaklığında 18 saat bekletildikten sonra Watman 4 nolu kâğıt üzerinde süzülüp bol destile su ile iyice yıkanmıştır. Ağartılmış hamurlar poşet içerisine konularak rutubeti dengelenmiştir. Sonra ağartılmış hamurların rutubetleri alınarak kuru maddesi tespit edilmiştir.

SCAN-CM 15-62 standardına göre 0,1g ağartılmış tam kuru hamur tartılmış, 10ml destile su içerisine konularak lifler bireysel hale gelinceye kadar açılmıştır. Daha sonra üzerine 10ml CED çözeltisi ilave edilip iyice karıştırılmıştır. Son olarak karışım Viskozimetre pipetinde ölçülmüştür.

2.8 FTIR Spektroskopisi Çalışma Prensipleri

Aşağıdaki Şekil 10'dan da anlaşılacağı üzere ışık kaynağından ayrıldıktan sonra bir Işın Ayırıcı'ya (beamsplitter) gelir. Burada ışın hem sabit aynaya hem de hareketli aynaya gönderilir. Daha sonra ışınlar aynadan yansyarak Işın Ayırıcıya geri gelir. Buradan da örneğin bulunduğu yere gider. Örnek ile etkileşen ışın heterokromatik yapıdadır. IR spektroskopisinde monokromatörden geçirilen bu ışın tek dalga boyuna indirilir, yani ışın monokromatik yapıdadır. Işın örnek ile etkileştikten sonra algılayıcılar tarafından algılanır ve bilgisayar ile ölçülebilecek anlamlı sinyallere dönüştürülür (URL-10, 2016) (Şekil 9).



Şekil 9: FTIR Cihazı (Fotoğraf: Fadime Yurdakurban, 2016).

2.9 Siyah Çözeltiden (Likör) Ligninin Geri Kazanım Yöntemleri

Kraf kağıt hamuru pişirme sonrasında açığa çıkan siyah çözelti (likör) ilk çıkan kısımdan bir beher yardımıyla alındı. Alınan siyah çözelti örneği yaklaşık bir ay beherlerin üzeri parafin kağıdı ile kaplanarak hava alması için parafinin üzerine küçük delik açılarak oda şartlarında bekletildi. Aynı şartlar altında bekletilen Sarıçam ve Titrek kavak kağıt hamuru pişirmeleri sonrasında açığa çıkan siyah çözelti örneklerinin üzerinde üç farklı yöntem denenerek lignin geri kazanılmaya çalışılmıştır.



Şekil 10: Kraf kağıt hamuru pişirme sonrası siyah çözelti elde edilmesi (Fotoğraf: Fadime Yurdakurban, 2016).

2.9.1 Siyah Çözelti Örnekleri Üzerine 1.Yöntem Uygulaması

Aynı şartlar altında bekletilmiş olan Sarıçam ve Titrek kavak bekletilmiş siyah çözelti örnekleri 50ml lik beher içine 10ml saf siyah çözeltisinden 2 tane Sarıçam çözeltisinden ve 2 tane Titrek kavak çözeltisinden toplam 4 ayrı behere çözelti örnekleri alınmıştır. Sarıçam (SÇ) ve Titrek kavak (TK) çözelti örnekleri 30 dakika elektrikli ısıtıcıda yaklaşık 100°C'de sıcaklığa gelene kadar ısıtılarak sıvı kısmın buharlaştırılması sağlanmıştır.

1.Yöntem Sarıçam Örneği İçin Etil Alkol Uygulaması (SÇ1E)

Buharlaştırılmış Sarıçam (SÇ) çözelti örneği üzerine 20ml %60 oranında daha önceden hazırlanmış etil alkol(%95-96) ilave edildi ve 3 damla hegzan damlatılarak oda şartlarında 1 gün boyunca bekletilmiştir. Bekletilen örnekler süzme kağıdına vakumlu filtrasyon süzme aletiyle süzülmüştür. Süzülen örnek kalıntıları süzme kağıdı üzerinde oda şartlarında kurumaya bırakılmıştır ve FTIR cihazında analiz edilmiştir.

1. Yöntem Sarıçam Örneği İçin Metil Alkol Uygulaması (SÇ1M)

Buharlaştırılmış Sarıçam (SÇ) çözelti örneği üzerine 20ml %60 oranında daha önceden hazırlanmış metil alkol (%95-96) ilave edildi ve 3 damla hegzan damlatılarak oda şartlarında 1 gün boyunca bekletilmiştir. Bekletilen örnekler süzme kağıdına vakumlu filtrasyon süzme aletiyle süzülmüştür. Süzülen örnek kalıntıları süzme kağıdı üzerinde oda şartlarında kurumaya bırakılmıştır ve FTIR cihazında analiz edilmiştir.

1. Yöntem Titrek Kavak Örneği İçin Etil Alkol Uygulaması (TK1E)

Buharlaştırılmış Titrek kavak (TK) çözelti örneği üzerine 20ml %60 oranında daha önceden hazırlanmış etil alkol(%95-96) ilave edildi ve 3 damla hegzan damlatılarak oda şartlarında 1 gün boyunca bekletilmiştir. Bekletilen örnekler süzme kağıdına vakumlu filtrasyon süzme aletiyle süzülmüştür. Süzülen örnek kalıntıları oda şartlarında kurumaya bırakılmıştır ve FTIR cihazında analiz edilmiştir.

1. Yöntem Titrek Kavak Örneği İçin Metil Alkol Uygulaması (TK1M)

Buharlaştırılmış Titrek kavak (TK) çözelti örneği üzerine 20ml %60 oranında daha

önceden hazırlanmış metil alkol (%95-96) ilave edildi ve 3 damla hegzan damlatılarak oda şartlarında 1 gün boyunca bekletilmiştir. Bekletilen örnekler süzme kağıdına vakumlu filtrasyon süzme aletiyle süzülmüştür. Süzülen örnek kalıntıları oda şartlarında kurumaya bırakılmıştır ve FTIR cihazında analiz edilmiştir.



Şekil 11: 1.Yöntem aşamaları (Fotoğraf: Fadime Yurdakurban, 2016).

2.9.2 Siyah Çözelti Örnekleri Üzerine 2.Yöntem Uygulaması

Aynı şartlar altında bekletilmiş olan Sarıçam ve Titrek kavak bekletilmiş siyah çözelti örnekleri 200ml lik beher içine 10ml saf siyah çözeltilerinden 2 tane Sarıçam çözeltilerinden ve 2 tane Titrek kavak çözeltilerinden toplam 4 ayrı beher çözeltiler alınmıştır.

2. Yöntem Sarıçam Örneği İçin Etil Alkol Uygulaması (SÇ2E)

Buharlaştırılmış Sarıçam (SÇ) çözelti örneği üzerine daha önceden hazırlanmış 50ml saf su içine 2ml sülfirik asit (%95-97) karışımı saf örnek üzerine ilave edilmiştir. Elde edilen asit karışımı 15dakika elektrikli ısıtı üzerinde kaynatılmıştır. Daha sonra üzerine 20ml %60 oranında daha önceden hazırlanmış etil alkol(%95-96) ilave edildi ve 3 damla hegzan damlatılarak oda şartlarında 1 gün boyunca bekletilmiştir. Bekletilen örnekler süzme kağıdına vakumlu filtrasyon süzme aletiyle süzülmüştür. Süzülen örnek kalıntıları süzme kağıdı üzerinde oda şartlarında kurumaya bırakılmıştır ve FTIR cihazında analiz edilmiştir.

2. Yöntem Sarıçam Örneği İçin Metil Alkol Uygulaması (SÇ2M)

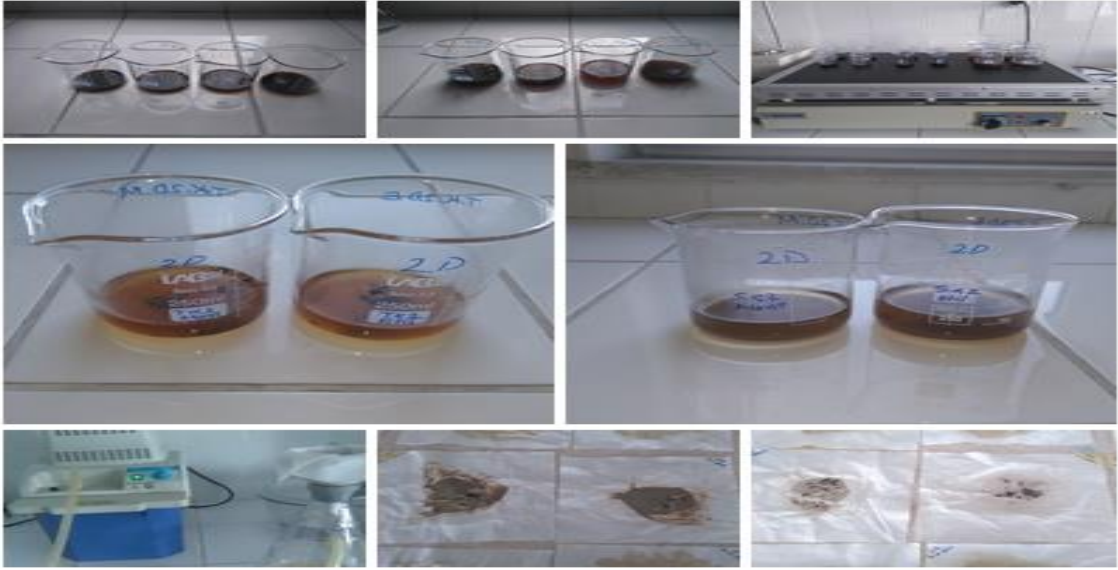
Buharlaştırılmış Sarıçam (SÇ) çözelti örneği üzerine daha önceden hazırlanmış 50ml saf su içine 2ml sülfirik asit (%95-97) karışımı saf örnek üzerine ilave edilmiştir. Elde edilen asit karışımı 15dakika elektrikli ısıtı üzerinde kaynatılmıştır. Daha sonra üzerine 20ml %60 oranında daha önceden hazırlanmış metil alkol (%95-96) ilave edildi ve 3 damla hegzan damlatılarak oda şartlarında 1 gün boyunca bekletilmiştir. Bekletilen örnekler süzme kağıdına vakumlu filtrasyon süzme aletiyle süzülmüştür. Süzülen örnek kalıntıları süzme kağıdı üzerinde oda şartlarında kurumaya bırakılmıştır ve FTIR cihazında analiz edilmiştir.

2. Yöntem Titrek Kavak Örneği İçin Etil Alkol Uygulaması (TK2E)

Buharlaştırılmış Titrek kavak (TK) çözelti örneği üzerine daha önceden hazırlanmış 50ml saf su içine 2ml sülfirik asit (%95-97) karışımı saf örnek üzerine ilave edilmiştir. Elde edilen asit karışımı 15dakika elektrikli ısıtı üzerinde kaynatılmıştır. Daha sonra üzerine 20ml %60 oranında daha önceden hazırlanmış etil alkol (%95-96) ilave edildi ve 3 damla hegzan damlatılarak oda şartlarında 1 gün boyunca bekletilmiştir. Bekletilen örnekler süzme kağıdına vakumlu filtrasyon süzme aletiyle süzülmüştür. Süzülen örnek kalıntıları oda şartlarında kurumaya bırakılmıştır ve FTIR cihazında analiz edilmiştir.

2. Yöntem Titrek Kavak Örneği İçin Metil Alkol Uygulaması (TK2M)

Buharlaştırılmış Titrek kavak (TK) çözelti örneği üzerine daha önceden hazırlanmış 50ml saf su içine 2ml sülfirik asit (%95-97) karışımı saf örnek üzerine ilave edilmiştir. Elde edilen asit karışımı 15 dakika elektrikli ısıtı üzerinde kaynatılmıştır. Daha sonra üzerine 20ml %60 oranında daha önceden hazırlanmış metil alkol (%95-96) ilave edildi ve 3 damla hegzan damlatılarak oda şartlarında 1 gün boyunca bekletilmiştir. Bekletilen örnekler süzme kağıdına vakumlu filtrasyon süzme aletiyle süzülmüştür. Süzülen örnek kalıntıları oda şartlarında kurumaya bırakılmıştır ve FTIR cihazında analiz edilmiştir.



Şekil 12: 2.Yöntem aşamaları (Fotoğraf: Fadime Yurdakurban, 2016).

2.9.3 Siyah Çözeltiler Üzerine 3.Yöntem Uygulaması

Aynı şartlar altında bekletilmiş olan Sarıçam ve Titrek kavak bekletilmiş siyah çözeltiler örnekleri 50ml lik beher içine 10ml saf siyah çözeltisinden 2 tane Sarıçam çözeltisinden ve 2 tane Titrek kavak çözeltisinden toplam 4 ayrı beher çözeltiler örnekleri alınmıştır.

3. Yöntem Sarıçam Örneği İçin Etil Alkol Uygulaması (SÇ3E)

Buharlaştırılmış Sarıçam (SÇ) çözeltiler örneği elektrikli ısıtıcıda yaklaşık 100° C ye kadar 30 dakika ısıtılarak buharlaştırılmıştır. Daha sonra üzerine 10ml %60 oranında daha önceden hazırlanmış etil alkol (%95-96) ilave edildi tekrar elektrikli ısıtıcıda buharlaştırıldı. Bu işlem bir kez daha tekrar edildi. En son buharlaşarak kalan örnek üzerine 10ml %60 etil alkol ilave edildi ve 3 damla hegzan damlatılarak oda şartlarında 1 gün boyunca bekletilmiştir. Bekletilen örnekler süzme kağıdına vakumlu filtrasyon süzme aletiyle süzülmüştür. Süzülen örnek kalıntıları süzme kağıdı üzerinde oda şartlarında kurumaya bırakılmıştır ve FTIR cihazında analiz edilmiştir.

3. Yöntem Sarıçam Örneği İçin Metil Alkol Uygulaması (SÇ3M)

Buharlaştırılmış Sarıçam (SÇ) çözeltiler örneği elektrikli ısıtıcıda yaklaşık 100°C ye kadar 30 dakika ısıtılarak buharlaştırılmıştır. Daha sonra üzerine 10ml %60 oranında daha önceden

hazırlanmış etil alkol (%95-96) ilave edildi tekrar elektrikli ısıtıcıda buharlaştırıldı. Bu işlem bir kez daha tekrar edildi. En son buharlaşarak kalan örnek üzerine 10ml %60 etil alkol ilave edildi ve 3 damla hegzan damlatılarak oda şartlarında 1 gün boyunca bekletilmiştir. Bekletilen örnekler süzme kağıdına vakumlu filtrasyon süzme aletiyle süzülmüştür. Süzülen örnek kalıntıları süzme kağıdı üzerinde oda şartlarında kurumaya bırakılmıştır ve FTIR cihazında analiz edilmiştir.

3. Yöntem Titrek Kavak Örneği İçin Etil Alkol Uygulaması (TK3E)

Buharlaştırılmış Titrek kavak (TK) çözelti elektrikli ısıtıcıda yaklaşık 100°C ye kadar 30 dakika ısıtılarak buharlaştırılmıştır. Daha sonra üzerine 10ml %60 oranında daha önceden hazırlanmış etil alkol (%95-96) ilave edildi tekrar elektrikli ısıtıcıda buharlaştırıldı. Bu işlem bir kez daha tekrar edildi. En son buharlaşarak kalan örnek üzerine 10ml %60 etil alkol ilave edildi ve 3 damla hegzan damlatılarak oda şartlarında 1 gün boyunca bekletilmiştir. Bekletilen örnekler süzme kağıdına vakumlu filtrasyon süzme aletiyle süzülmüştür. Süzülen örnek kalıntıları süzme kağıdı üzerinde oda şartlarında kurumaya bırakılmıştır ve FTIR cihazında analiz edilmiştir.

3. Yöntem Titrek Kavak Örneği İçin Metil Alkol Uygulaması (TK3M)

Buharlaştırılmış Titrek kavak (TK) çözelti örneği elektrikli ısıtıcıda yaklaşık 100°C ye kadar 30 dakika ısıtılarak buharlaştırılmıştır. Daha sonra üzerine 10ml %60 oranında daha önceden hazırlanmış etil alkol (%95-96) ilave edildi tekrar elektrikli ısıtıcıda buharlaştırıldı. Bu işlem bir kez daha tekrar edildi. En son buharlaşarak kalan örnek üzerine 10ml %60 etil alkol ilave edildi ve 3 damla hegzan damlatılarak oda şartlarında 1 gün boyunca bekletilmiştir. Bekletilen örnekler süzme kağıdına vakumlu filtrasyon süzme aletiyle süzülmüştür. Süzülen örnek kalıntıları süzme kağıdı üzerinde oda şartlarında kurumaya bırakılmıştır ve FTIR cihazında analiz edilmiştir.



Şekil 13: 3.Yöntem aşamaları (Fotoğraf: Fadime Yurdakurban, 2016).

2.10 Verilerin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 16.0 paket programı kullanılmıştır. Bu program kullanılarak deneme kâğıtlarının özelliklerinin t-testi yapılmıştır. Microsoft Office 2010 paket programı kullanılarak aritmetik ortalaması ve standart sapma belirlenmiştir.

BÖLÜM 3

BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Lif Morfolojisi

Sarıçam ve Titrek kavak odununa ait lif morfolojisine ait bulgular ve karşılaştırılması aşağıdaki gibidir.

3.1.1 Lif Boyutlarına Ait Bulgular ve Karşılaştırılması

Sarıçam ve Titrek kavak odununa ait lif boyutlarının karşılaştırılması Tablo 7 ve Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 7: Sarıçam odununa ait lif boyutlarının karşılaştırılması.

Özellikler	Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.) (Tespit)	Sarıçam (Alkan,2004)	Sarıçam (Dönmez, 2010)
Lif Uzunluğu(mm)	3,201±0,436	4,01	3,47
Lif Genişliği(µm)	33,3±3,53	49	44,10
Lümen Genişliği (µm)	15,35±5,65	34,8	26,61
Çeper Kalınlığı (µm)	10,68	7,1	8,74

Tablo 7 incelendiğinde *Pinus sylvestris* L. odununun lif uzunluğu 3,201mm, lif genişliği 33,3µm, lümen genişliği 15,35µm, çeper kalınlığı 10,68µm olarak bulunmuştur.

Alkan (2004), yaptığı çalışmada *Pinus sylvestris* L. odununun lif uzunluğu 4.01mm, lif genişliği 49µm, lümen genişliği 34,8µm, lif çeper kalınlığı ise 7,1µm olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçları Alkan (2004)'ün sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Dönmez (2010), yaptığı çalışmada *Pinus sylvestris* L.' nin ortalama lif uzunluğu 3,47µm, lif genişliği 44,10µm, lümen genişliği 26,61µm, lif çeper kalınlığı 8,74µm olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar Dönmez, (2010)'nun sonuçları ile benzer özellik göstermektedir.

Tablo 8: Titrek kavak odununa ait lif boyutlarının karşılaştırılması.

Özellikler	Titrek kavak (<i>Populus tremula</i> L.) (Tespit)	<i>Olea europea</i> L. (Ververis vd.2003)	<i>Actinidia deliciosa</i> (Yaman ve Gençer 2005)
Lif Uzunluğu(µm)	1462,2 ± 26,2	850	1583,9
Lif Genişliği(µm)	20,66 ± 6,66	15,1	35,97
Lümen Genişliği (µm)	9,56 ± 1,86	6,2	22,30
Çeper Kalınlığı (µm)	10,1	4,5	6,84
Trahe Uzunluğu(µm)	75,53 ±13,05	–	–

Tablo 8 incelendiğinde *Populus tremula* L. odunun lif uzunluğu 1462, 2µm, lif genişliği 20,66µm, lümen genişliği 9,56µm, çeper kalınlığı 10.1µm, trahe uzunluğu 75,53µm olarak bulunmuştur.

Ververis (2003), yaptığı çalışmada *Olea europea* L. odununun lif uzunluğu 850µm, lif genişliği 15,1µm, lümen genişliği 6,2µm, çeper kalınlığı 4,5µm olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlarda sarı çam odununun lif uzunluğunun ve çeper kalınlığının daha fazla olduğu görülmüştür.

Yaman ve Gençer (2005), yaptığı çalışmada *Actinidia deliciosa* L. odunun lif uzunluğu 1583,9µm, lif genişliği 35,97µm, lümen genişliği 22,30µm, çeper kalınlığı 6,84µm olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre sarı çam odununun lümen genişliğinin daha az olduğu ve çeper kalınlığının daha fazla olduğu görülmüştür.

3.2 Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Titrek kavak (*Populus tremula* L.) Liflerinin Morfolojik Özelliklerinin Kâğıdın Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi

Sarıçam ve Titrek kavak odununa ait lif boyutları arasındaki ilişki Tablo 9 ve Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 9: *Pinus sylvestris* L. odununa ait lif boyutları arasındaki ilişkiler ve karşılaştırılması.

Özellikler	<i>Pinus sylvestris</i> L. (Tespit)	Sarıçam (Kuştaş, 2014)
Elastiklik Katsayısı	46,09	52,19
Rijidite Katsayısı	51,11	24,01
Runkel Oranı	1,39	0,92
Keçeleşme Oranı	99,85	75,95

Tablo 9'deki *Pinus sylvestris* L. odununa ait lif boyutlarından türetilen değerler incelendiğinde elastiklik katsayısı 46,09, rijidite katsayısı 51,11, runkel oranı 1,39, keçeleşme oranı 99,85 olarak tespit edilmiştir.

Kuştaş, (2014), göre elastiklik katsayısı 52,19, runkel oranı 0,92, keçeleşme oranı 75,95 rijidite katsayısı 24,01 olarak bulmuştur. Bu çalışmadaki değerlere göre sarıçam odununun elastiklik katsayı oranının daha düşük olduğu ve runkel oranında daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Tablo 10: *Populus tremula* L. odununa ait lif boyutları arasındaki ilişkiler ve karşılaştırılması.

Özellikler	<i>Populus tremula</i> L. (Tespit)	<i>Actinidia deliciosa</i> (Yaman ve Genç, 2005)
Elastiklik Katsayısı	46,27	61,99
Rijidite Katsayısı	48,88	19,00
Runkel Oranı	2,11	0,61
Keçeleşme Oranı	70,76	44,03

Tablo 10'daki *Populus tremula* L. odununa ait lif boyutlarından türetilen değerler incelendiğinde elastiklik katsayısı 46,27, rijitide katsayısı 48,88, runkel oranı 2,11, keçeleşme oranı 70,76 olarak tespit edilmiştir.

Yaman ve Gençler (2005), yaptığı çalışmada *Actinidia deliciosa* L. odununun elastiklik katsayısı 61,99, rijitide katsayısı 19,00, runkel oranı 0,61, keçeleşme oranı 44,03, olarak bulmuştur. Tespit edilen elastiklik katsayısının ve keçeleşme oranının daha düşük olduğubelirlenmiştir. Aynı zamanda rijitide katsayısı ve runkel oranının daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

3.2.1 Elastiklik Katsayısı

Tablo 10'daki *Pinus sylvestris* L. odununa ait lif boyutlarında türetilen değerleri incelendiğinde elastiklik katsayısı 46,09'dur. Tablo 12'deki *Populus tremula* L. odununa ait lif boyutlarında türetilen değerleri incelendiğinde elastiklik katsayısı 46,27'dir. Elastiklik katsayısı 30-50 arasında olan lifler çeperleri kalın lümenleri dar olduğundan zayıf kağıtlar verir (Eroğlu, 2003).

3.2.2 Rijidite Katsayısı

Pinus sylvestris L. odununun rijitide katsayı 51,11, *Populus tremula* L. odunun rijitide oranı 48,88 olarak tespit edilmiştir. Rijitide katsayısı ise elastiklik katsayısının tersi bir durum oluşmaktadır. Rijitide katsayısının yüksek olan liflerden üretilen kağıdın fiziksel direnç özellikleri olumsuz etkilemekte ve katılık katsayısı yüksek olan liflerde lifler arası bağlantı yeterince kurulamamaktadır (Yaman ve Gençler, 2005). Rijitide katsayısının büyüklüğü, kağıdın fiziksel direnç niteliklerinin, özellikle de patlama ve kopma dirençlerinin düşük olacağı anlamını taşır (Tank, 1980).

3.2.3 Runkel Oranı

Pinus sylvestris L. odunun runkel oranı 1,39, *Populus tremula* L. odununun runkel oranı 2,11 olarak tespit edilmiştir. Runkel oranı 1'den büyük ise kalın çeperli lifleri gösterir (Eroğlu, 2003).

3.2.4 Keçeleşme Oranı

Pinus sylvestris L. odunun keçeleşme oranı 99,85, *Populus tremula* L. odunun keçeleşme oranı 70,76 olarak tespit edilmiştir. Keçeleşme oranı lif uzunluğu/lif genişliği şeklinde ifade edildiğinden lif uzunluğu orantıyı olumlu yönde etkilediğinden uzun liflere sahip hammaddelerden elde edilecek kağıtların keeleşmelerinin daha iyi olacağı açıktır (Bostancı, 1987).

3.3 Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Titrek Kavak (*Populus tremula* L.) Odununun Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Pinus sylvestris L. ve *Populus tremula* L. odunlarına ait bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait bulgular ve karşılaştırılması Tablo 11 ve Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 11: *Pinus sylvestris* L. odununun bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait bulgular ve bazı türler ile karşılaştırılması.

Özellikler (%)	<i>Pinus sylvestris</i> L. (Tespit)	Sarıçam (Alkan,2004)	Sarıçam (Dönmez, 2010)
Rutubet	10,9	–	–
Soğuk su çözünürlüğü	5,88±0,03	5,74	–
Sıcak su çözünürlüğü	4,05±0,02	6,64	8,45
Holoselüloz	70,66±0,20	70,97	65,75
α-selüloz	40,36±0,13	–	46,27
Lignin	26,41±0,33	23,57	27,23
%1 NaOH çözünürlüğü	10,66±0,15	13,83	10,62
Kül miktarı	0,45±0,01	–	–

Tablo 11’de *Pinus sylvestris* L. odununun bazı kimyasal özelliklerine ait bulgular farklı türler ile karşılaştırıldığında; *Pinus sylvestris* L. odunu holoselüloz miktarının, Alkan (2004), sarıçam odunundan daha düşük olduğu. Dönmez (2010) sarıçam odunundan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Pinus sylvestris L. odunu α -selüloz içeriği Dönmez (2010), değerlerine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Pinus sylvestris L. odunu lignin içeriği Alkan (2004), de göre yüksek olduğu ve Dönmez (2010)' na göre düşük olduğu tespit edilmiştir.

Pinus sylvestris L. odununun soğuk su çözünür, sıcak su çözünürlüğü ve %1 NaOH çözünürlüğü, Alkan (2004), de göre daha düşük olduğ, Dönmez (2010)' na göre sıcak su çözünürlüğü daha düşük, %1 NaOH çözünürlüğü daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 12: *Populus tremula* L. dununun bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait bulgular ve bazı türler ile karşılaştırılması.

Özellikler (%)	<i>Populus tremula</i> L. (Tespit)	<i>Corylus colurna</i> L. (Korkut vd. 2009)	<i>Olea europea</i> L. (Ververis vd. 2003)
Rutubet miktarı	8	-	-
Soğuk su çözünürlüğü	2,31±0,12	6,30	-
Sıcak su çözünürlüğü	3,71±0,23	7,40	-
Holonselüloz	80,47±0,85	68,80	-
α -selüloz	34,96±1,	43,50	41,70
Lignin	12,32±1,15	23,60	21,5
%1 NaOH çözünürlüğü	16,31±0,79	25,50	-
Kül miktarı	0,31±0,07	0,30	2,00

Tablo 12' de *Populus tremula* L. odunun bazı kimyasal özelliklerine ait bulgular farklı türler ile karşılaştırıldığında; *Pinus sylvestris* L. odunu holonselüloz miktarının, *Corylus colurna* L. odunundan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Populus tremula L. odunu α -selüloz içeriği *Corylus colurna* L. odunu ve *Olea europea* L. odunundan daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Populus tremula L. odunu lignin içeriği, her iki türde düşük olduğu tespit edilmiştir.

Populus tremula L. odununun soğuk su çözünürlüğü, sıcak su çözünürlüğü ve %1NaOH çözünürlüğü, *Corylus colurna* L. odunundan daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Populus tremula L. odununun kül içeriği, *Corylus colurna* L. odunundan daha yüksek, *Olea europea* L. odunundan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

3.4 Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Titrek Kavak (*Populus tremula* L.) Odununun Kâğıt Hamuru Ve Deneme Kâğıtlarına Ait Bulguların Değerlendirilmesi

Sarıçam ve Titrek kavak odununun kâğıt hamuru ve deneme kâğıtlarına ait bulguların değerlendirilmesi aşağıdaki gibidir.

3.4.1 Kraft Yöntemiyle Elde Edilen Kâğıt Hamuru Verimlerinin Karşılaştırılması

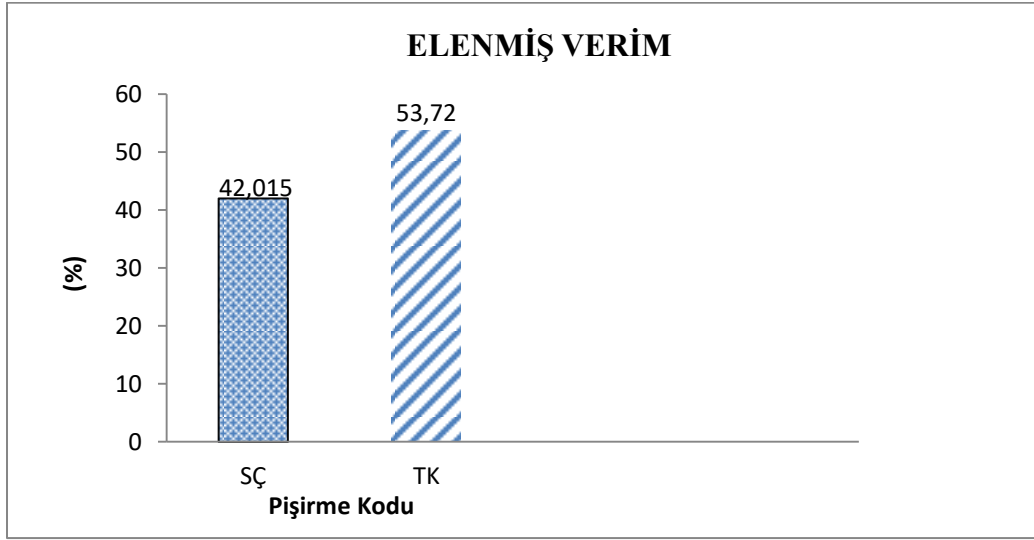
Pinus sylvestris L. ve *Populus tremula* L. odunundan Kraft yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurlarının elenmiş verimi, elek artığı, toplam verimi, kappa numarası ve viskozitesi Tablo 13’de verilmiştir.

Tablo 13: *Pinus sylvestris* L. (SÇ) ve *Populus tremula* L. (TK) odunundan kraft yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurlarının elenmiş verimi, elek artığı, toplam verimi, kappa numarası ve viskozitesi.

Piştirme Kodu	Elenmiş Verim (%)	Elek Artığı (%)	Toplam Verim(%)	Kappa no	Viskozite (cm ³ /g)
SÇ	42,015	0,104	42,119	30,43±1,15	1123±0,30
TK	53,72	0,10	53,82	16,11±2,65	1203±0,55

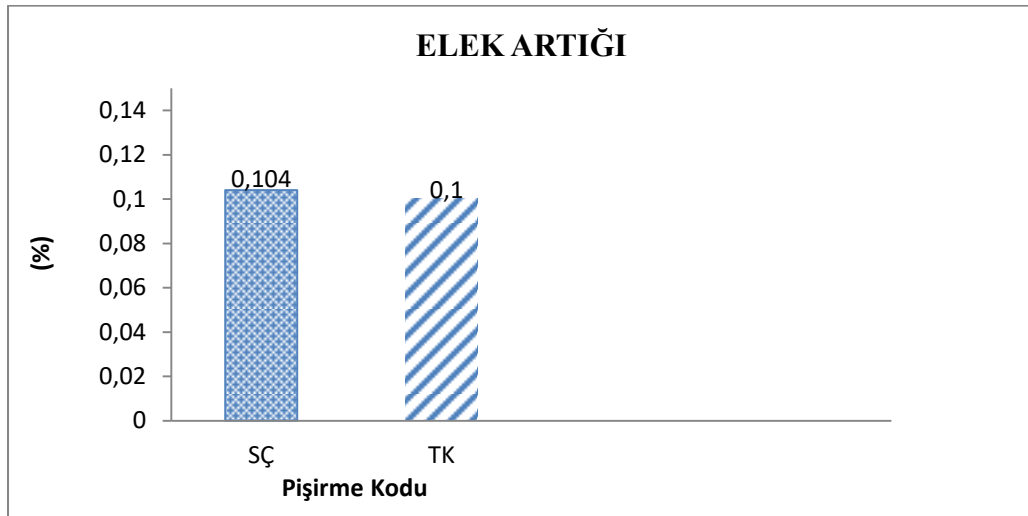
Tablo 13 incelendiğinde Sarıçam ve Titrek kavak odunundan Kraft yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurlarının elenmiş verimi, elek artığı ve toplam verimi incelendiğinde en yüksek elenmiş verim TK numaralı pişirmede %53,72 olarak , en yüksek elek artığı SÇ numaralı pişirmede %0,104 olarak, en yüksek toplam verim TK numaralı pişirmede %53,82 olarak tespit edilmiştir.

Sarıçam ve Tirek kavak odunlarından kraft pişirme yöntemiyle üretilen kağıt hamur verimlerinin karşılaştırılması Şekil 14, Şekil 15, ve Şekil 16’da sırasıyla verilmiştir.



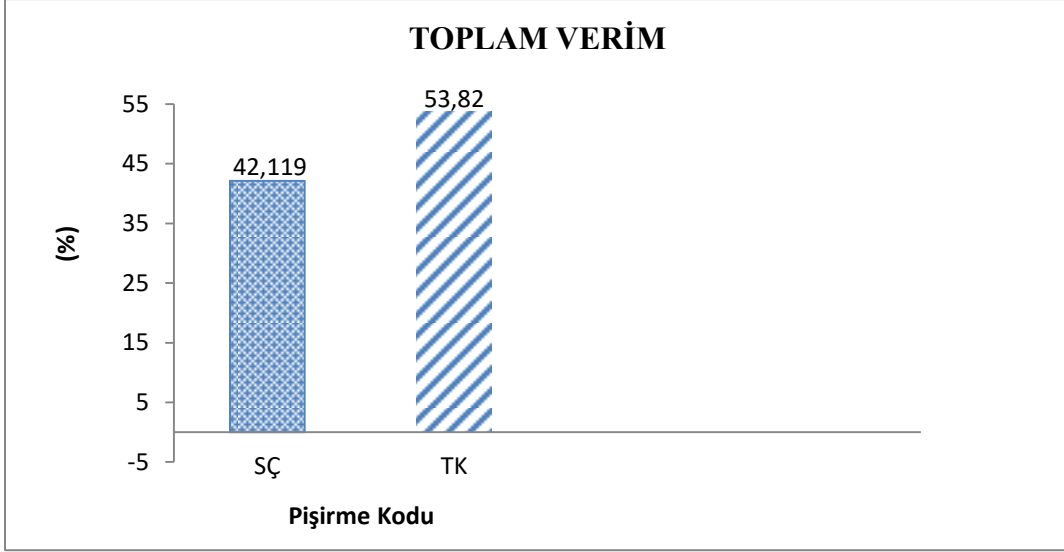
Şekil 14: Sarıçam ve Tirek kavak odunlarından Kraft yöntemiyle üretilen kağıt hamurlarında elenmiş verimin karşılaştırılması.

Şekil 14 incelendiğinde sarıçam odunundan yapılan pişirmenin Tirek kavak odunundan yapılan pişirmeye göre daha az olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 15: Sarıçam ve Tirek kavak odunlarının Kraft yöntemiyle üretilen kağıt hamurlarında elek artığının karşılaştırılması.

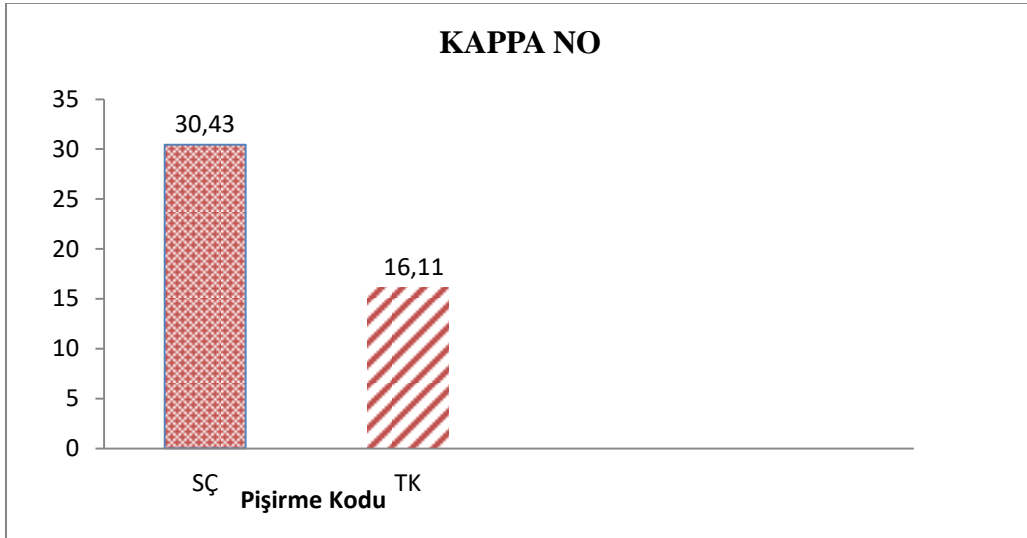
Şekil 15 incelendiğinde sarıçam odunundan yapılan pişirmenin Tirek kavak odunundan yapılan pişirmeye göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 16: Sarıçam ve Titrek kavak odunlarının Kraft yöntemiyle üretilen kağıt hamurlarının toplam veriminin karşılaştırılması.

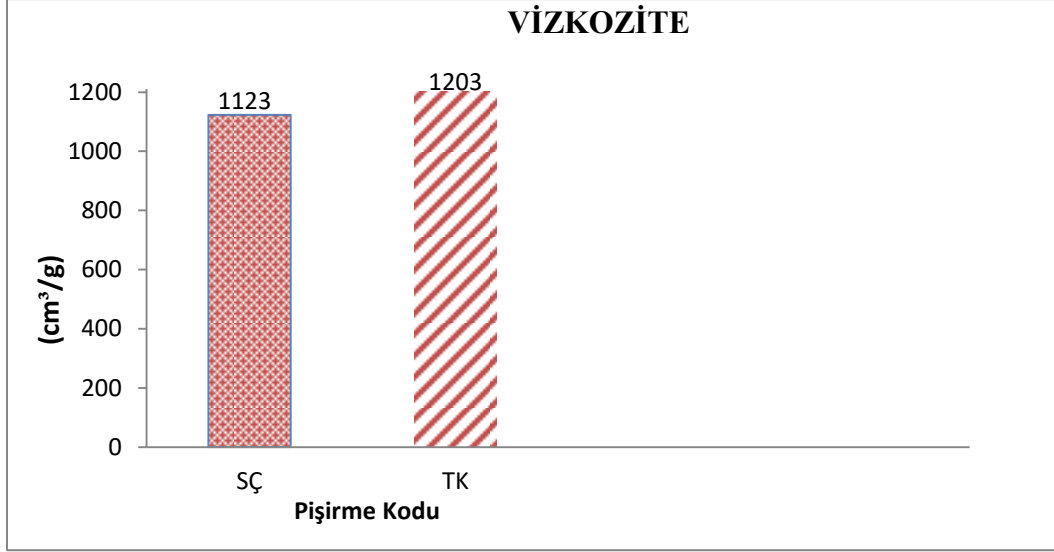
Şekil 16 incelendiğinde Sarıçam odunundan yapılan pişirmenin Titrek kavak odunundan yapılan pişirmeye göre daha az olduğu tespit edilmiştir.

Sarıçam ve Titrek kavak odunlarından Kraft yöntemiyle elde edilen kağıt hamurlarının kapa numarasının karşılaştırılması Şekil 17’de verilmiştir.



Şekil 17: Sarıçam ve Titrek kavak odunundan elde edilen kağıt hamurlarının kapa numaralarının karşılaştırılması.

Sarıçam ve Titrek kavak odunlarından Kraft yöntemiyle elde edilen kağıt hamurlarının viskozitelerinin karşılaştırılması Şekil 18’de verilmiştir.



Şekil 18: Sarıçam odun ve Titrek kavak odunlarından Kraft yöntemiyle elde edilen kağıt hamurlarının viskozitelerinin karşılaştırılması.

3.5 Kraft Yöntemiyle Elde Edilen Deneme Kâğıtlarına Ait Bulguların Değerlendirilmesi

Sarıçam ve Titrek kavak odunlarından elde edilen deneme kağıtlarının bazı fiziksel, optik, mekanik özelliklerinin t-testi ile karşılaştırılması Tablo 14’ de verilmiştir.

Tablo 14’de *Pinus sylvestris* L. (SÇ) ve *Populus tremula* L. (TK) odunundan Kraft yöntemiyle elde edilen deneme kâğıtlarının bazı fiziksel, optik, mekanik özelliklerinin ortalama ve t-testi belirlenmiştir.

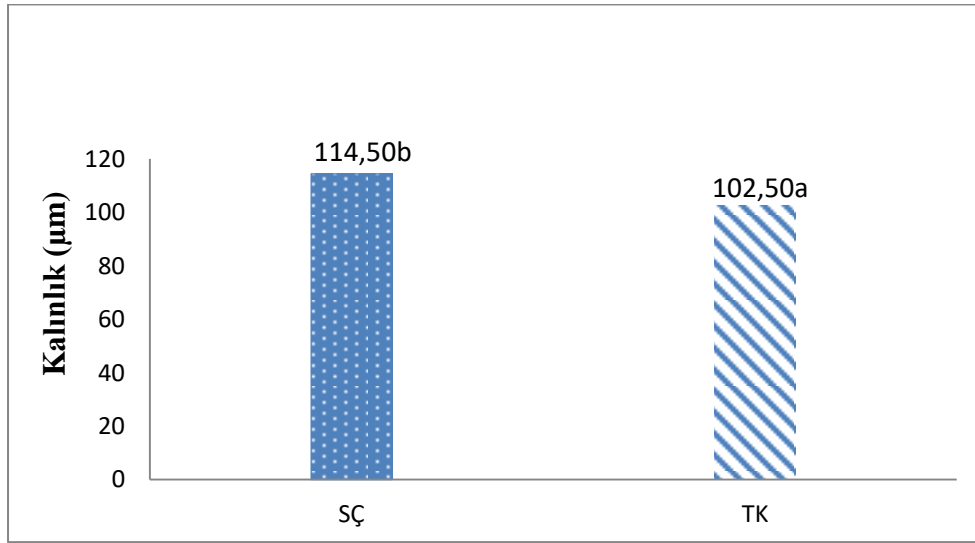
Tablo 14: İncelendiğinde aynı sütundaki aynı harfler %95 güven aralığında farkların istatistiksel olarak anlamsız olduğunu göstermektedir.

°SR	No	Fiziksel özellikler		Optik özellikler		Mekanik özellikler		
		Kalınlık (µm)	Hava geçirgenliği (ml/dk)	Opaklık (%)	Parlaklık (%)	Yırtılma indisi (mN.m ² /g)	Kopma indisi (N.m/g)	Patlama indisi (kPa.m ² /g)
25 °SR	SÇ	114,50b	330,20a	98,61b	18,46b	7,729b	97,82b	3,98b
	TK	102,50a	312,10a	99,01a	23,95a	3,943a	79,84a	2,56a

Tablo 14 'de *Pinus sylvestris* L. (SÇ) ve *Populus tremula* L. (TK) odunundan Kraft yöntemiyle elde edilen deneme kağıtlarına ait bazı fiziksel, optik ve mekanik özelliklerinin irdemeleri yapılmıştır.

Kalınlık

Pinus sylvestris L. (SÇ) ve *Populus tremula* L. (TK) odunundan Kraft yöntemi ile elde edilen kağıtların kalınlığa etkisi Şekil 19'da verilmiştir.

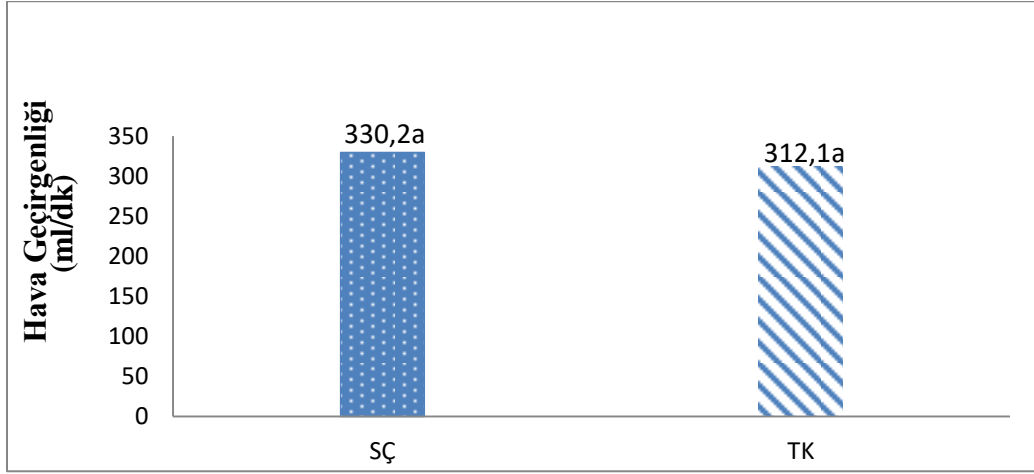


Şekil 19: *Pinus sylvestris* L. (SÇ) ve *Populus tremula* L. (TK) odunundan Kraft yöntemi ile elde edilen kağıtların kalınlığa etkisi.

Şekil 19'da *Pinus sylvestris* L. (SÇ) ve *Populus tremula* L. (TK) odunundan Kraft yöntemi ile elde edilen kağıtların kalınlıkları sırası ile 114,50µm, 102,50µm olduğu saptanmıştır. Hangi gruplar arasında farklılığın olduğunu görmek için t-testi yapılmış ve sonuçları Tablo 14'de verilmiştir.

Hava Geçirgenliği

Pinus sylvestris L. (SÇ) ve *Populus tremula* L. (TK) odunundan Kraft yöntemi ile elde edilen kağıtların hava geçirgenliğine etkisi Şekil 20'de verilmiştir.

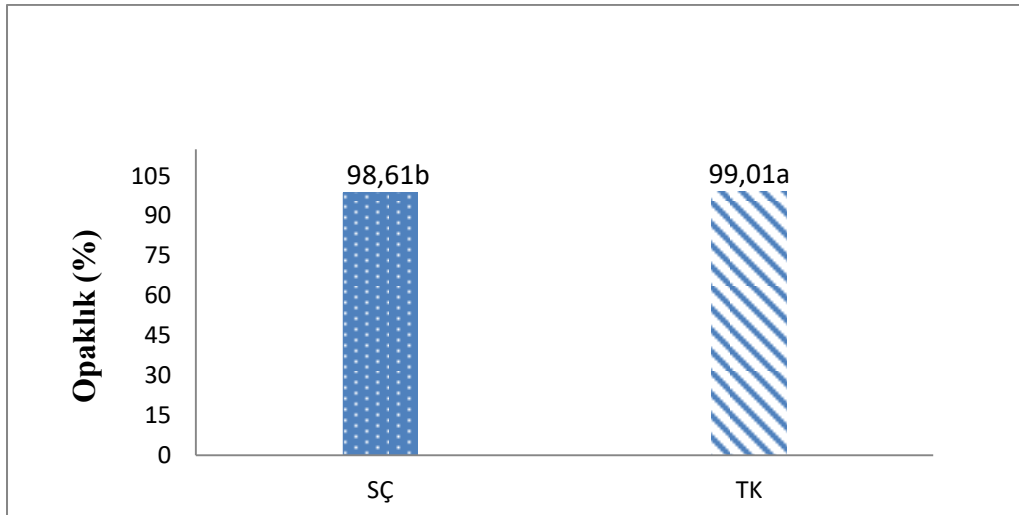


Şekil 20: *Pinus sylvestris* L. (SÇ) ve *Populus tremula* L. (TK) odunundan Kraft yöntemi ile elde edilen kağıtların hava geçirgenliğine etkisi.

Şekil 20’de *Pinus sylvestris* L. (SÇ) ve *Populus tremula* L. (TK) odunundan Kraft yöntemi ile elde edilen kağıtların hava geçirgenliği sırası ile 330,2ml/dk, 312,1ml/dk olduğu saptanmıştır. Hangi guruplar arasında farklılığın olduğunu görmek için t-testi yapılmış ve sonuçları Tablo 14’de verilmiştir.

Opaklık

Pinus sylvestris L. (SÇ) ve *Populus tremula* L. (TK) odunundan Kraft yöntemi ile elde edilen kağıtların opaklığa etkisi Şekil 21’de verilmiştir.

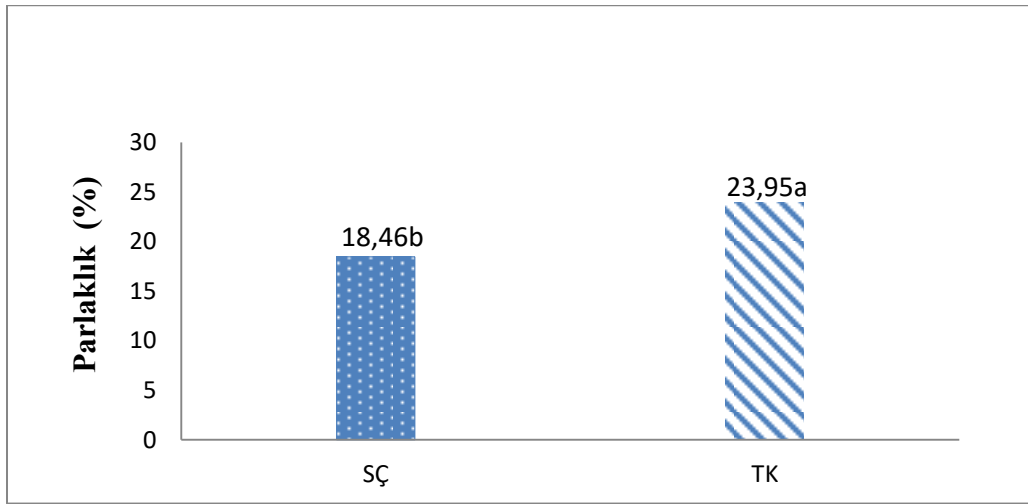


Şekil 21: *Pinus sylvestris* L. (SÇ) ve *Populus tremula* L. (TK) odunundan Kraft yöntemi ile elde edilen kağıtların opaklık üzerine etkisi.

Şekil 21’de *Pinus sylvestris* L. (SÇ) ve *Populus tremula* L. (TK) odunundan Kraft yöntemi ile elde edilen kağıtların opaklıkları sırası ile %98,61, %99,01 olduğu saptanmıştır. Hangi gruplar arasında farklılığın olduğunu görmek için t-testi yapılmış ve sonuçları Tablo 14’de verilmiştir.

Parlaklık

Pinus sylvestris L. (SÇ) ve *Populus tremula* L. (TK) odunundan Kraft yöntemi ile elde edilen kağıtların parlaklık üzerine etkisi Şekil 22’de verilmiştir.

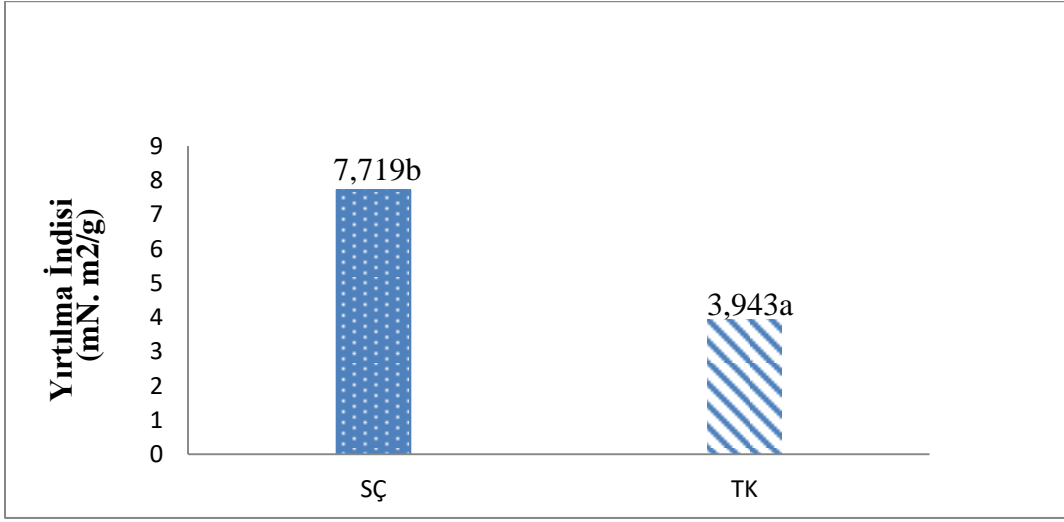


Şekil 22: *Pinus sylvestris* L. (SÇ) ve *Populus tremula* L. (TK) odunundan Kraft yöntemi ile elde edilen kağıtların parlaklık üzerine etkisi.

Şekil 22’de *Pinus sylvestris* L. (SÇ) ve *Populus tremula* L. (TK) odunundan Kraft yöntemi ile elde edilen kağıtların parlaklıkları sırası ile %18,46, %23,95 olduğu saptanmıştır. Hangi gruplar arasında farklılığın olduğunu görmek için t-testi yapılmış ve sonuçları Tablo 14’de verilmiştir.

Yırtılma İndisi

Pinus sylvestris L. (SÇ) ve *Populus tremula* L. (TK) odunundan Kraft yöntemi ile elde edilen kağıtların yırtılma indisi üzerine etkisi Şekil 23’de verilmiştir.

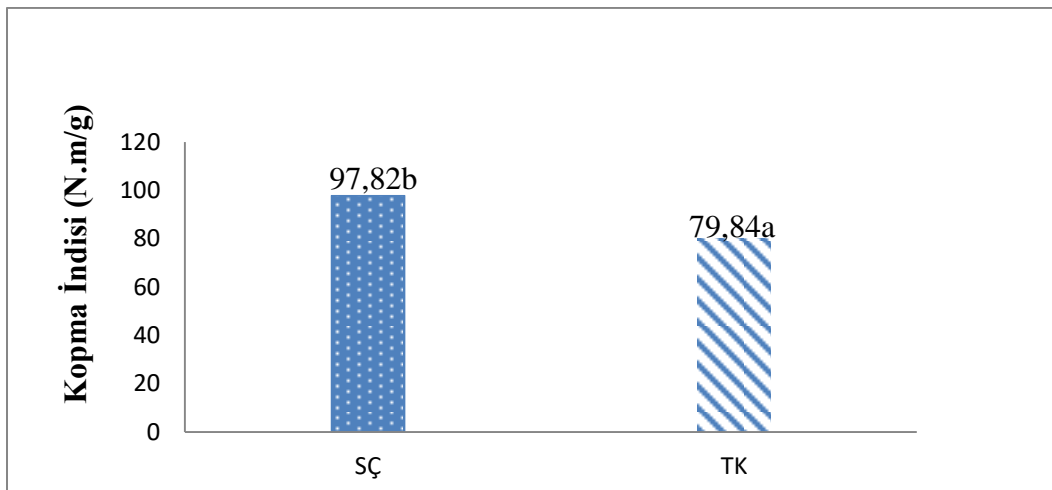


Şekil 23: *Pinus sylvestris* L. (SÇ) ve *Populus tremula* L. (TK) odunundan Kraft yöntemi ile elde edilen kağıtların yırtılma indisi üzerine etkisi.

Şekil 23’de *Pinus sylvestris* L. (SÇ) ve *Populus tremula* L. (TK) odunundan Kraft yöntemi ile elde edilen kağıtların yırtılma indisleri sırası ile 7,719mN.m2/g, 3,943mN.m2/g olduğu saptanmıştır. Hangi gruplar arasında farklılığın olduğunu görmek için t-testi yapılmış ve sonuçları Tablo 14’de verilmiştir.

Kopma İndisi

Pinus sylvestris L. (SÇ) ve *Populus tremula* L. (TK) odunundan Kraft yöntemi ile elde edilen kağıtların kopma indisi üzerine etkisi Şekil 24’de verilmiştir.

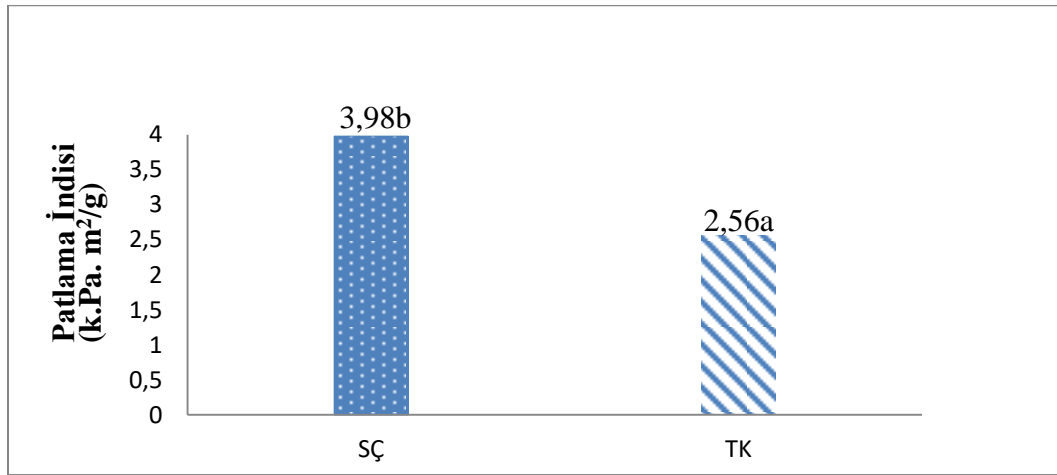


Şekil 24: *Pinus sylvestris* L. (SÇ) ve *Populus -tremula* L. (TK) odunundan Kraft yöntemi ile elde edilen kağıtların kopma indisi üzerine etkisi.

Şekil 24’de *Pinus sylvestris* L. (SÇ) ve *Populus tremula* L. (TK) odunundan Kraft yöntemi ile elde edilen kağıtların kopma indisleri sırası ile 97,82N.m/g, 79,84N.m/g olduğu saptanmıştır. Hangi gruplar arasında farklılığın olduğunu görmek için t-testi yapılmış ve sonuçları Tablo 14’de verilmiştir.

Patlama İndisi

Pinus sylvestris L. (SÇ) ve *Populus tremula* L. (TK) odunundan Kraft yöntemi ile elde edilen kağıtların patlama indisi üzerine etkisi Şekil 25’de verilmiştir.



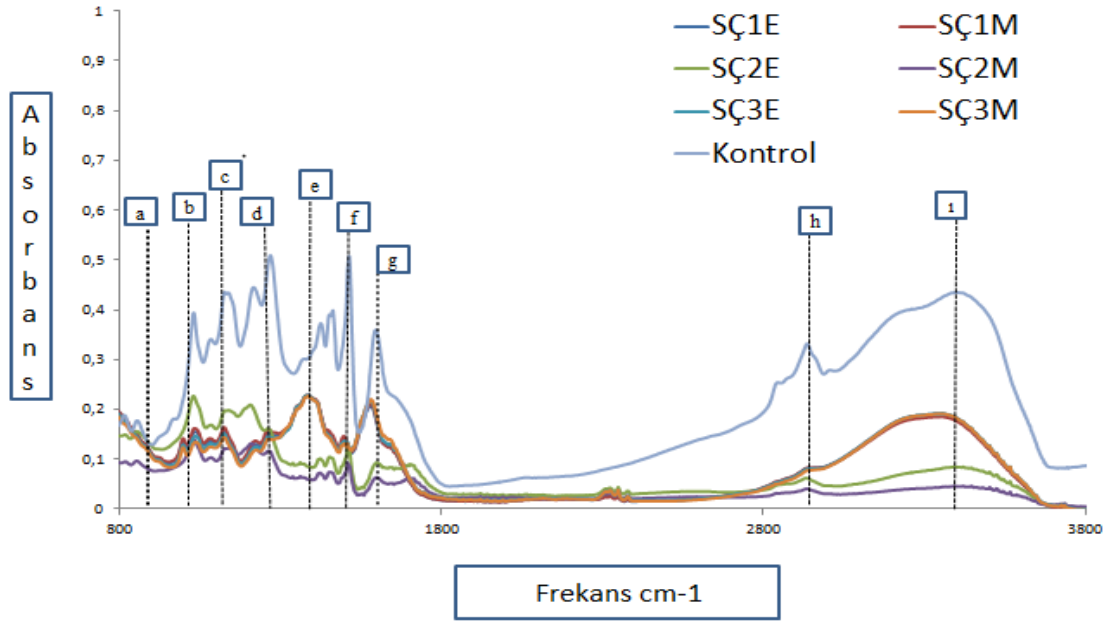
Şekil 25: *Pinus sylvestris* L. (SÇ) ve *Populus tremula* L. (TK) odunundan Kraft yöntemi ile elde edilen kağıtların patlama indisi üzerine etkisi.

Şekil 25’de *Pinus sylvestris* L. (SÇ) ve *Populus tremula* L. (TK) odunundan Kraft yöntemi ile elde edilen kağıtların patlama indisleri sırası ile 3,98k.Pa.m²/g, 2,56k.Pa.m²/g olduğu saptanmıştır. Hangi gruplar arasında farklılığın olduğunu görmek için t-testi yapılmış ve sonuçları Tablo 14’de verilmiştir.

3.6 Sarıçam Ve Titrek Kavak Odununun Kraft Hamuru Pişirme Sonrasında Elde Edilen Siyah Çözeltilerinin FTIR Spektroskopisi Analizinin Değerlendirilmesi

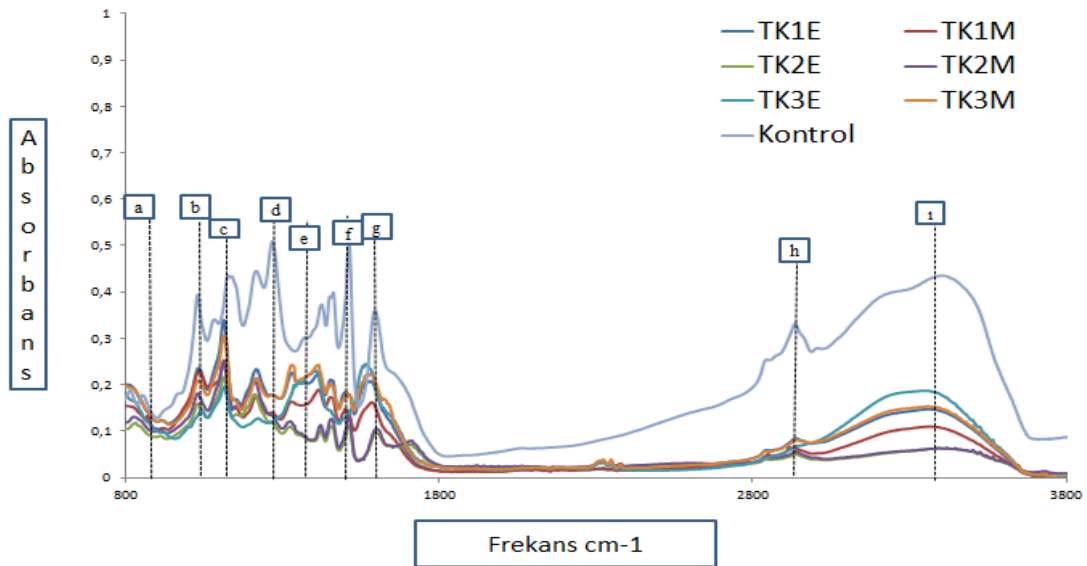
Sarıçam ve Titrek kavak odunlarının kraft yöntemi ile pişirme yapılarak elde edilen siyah çözeltilerden 3 farklı yöntem denenerek elde edilen numune örneklerinin FTIR analizlerini yapılmıştır. Yapılan bu analiz sonuçları ticari olarak kullanılan West Fraser adında Kanada bulunan firmada Kraft Yöntemi ile üretilen lignin (kontrol) kaynak alınarak karşılaştırılmaları yapılmıştır (Tablo 15).

FTIR analiz sonuçları (SÇ1E), (SÇ1M), (SÇ2E), (SÇ2M), (SÇ3E), (SÇ3M) ve Kontrol Şekil 26’de verilmiştir.



Şekil 26: 1, 2, ve 3 Yöntem kullanılarak elde edilen sarıçam odununun pişirme sonrasında elde edilen siyah çözelti örneklerinin FTIR analizi yapılarak kontrol örnek ile değerlendirilmesi.

FTIR analiz sonuçları (TK1E), (TK1M), (TK2E), (TK2M), (TK3E), (TK3M) ve Kontrol Şekil 27’de verilmiştir.



Şekil 27: 1, 2, ve 3 Yöntem kullanılarak elde edilen titrek kava odununun pişirme sonrasında elde edilen siyah çözelti örneklerinin FTIR analizi yapılarak kontrol örnek ile değerlendirilmesi.

Tablo 15: Kontrol örnek olan ligninin pik değerleri.

Dalga Boyu cm⁻¹ (Kontrol)	Fonksiyonel gruplar
a.854	C-H Deformasyon ve halka titreşimleri
b.1012	Aromatik C-H
c.1170	Aromatik C-O uzama
d.1329	S Halkalar
e.1487	Aromatik iskelet titreşimleri
f.1529	Aromatik iskelet titreşimleri C=O
g.1645	C=O Konjüge edilmiş keten karbonil gruplarında gerilme
h.2932	C-H Metil ve metilen gruplarında gerilme
I.3413	O-H Hidroksil zeminlerde gerilme

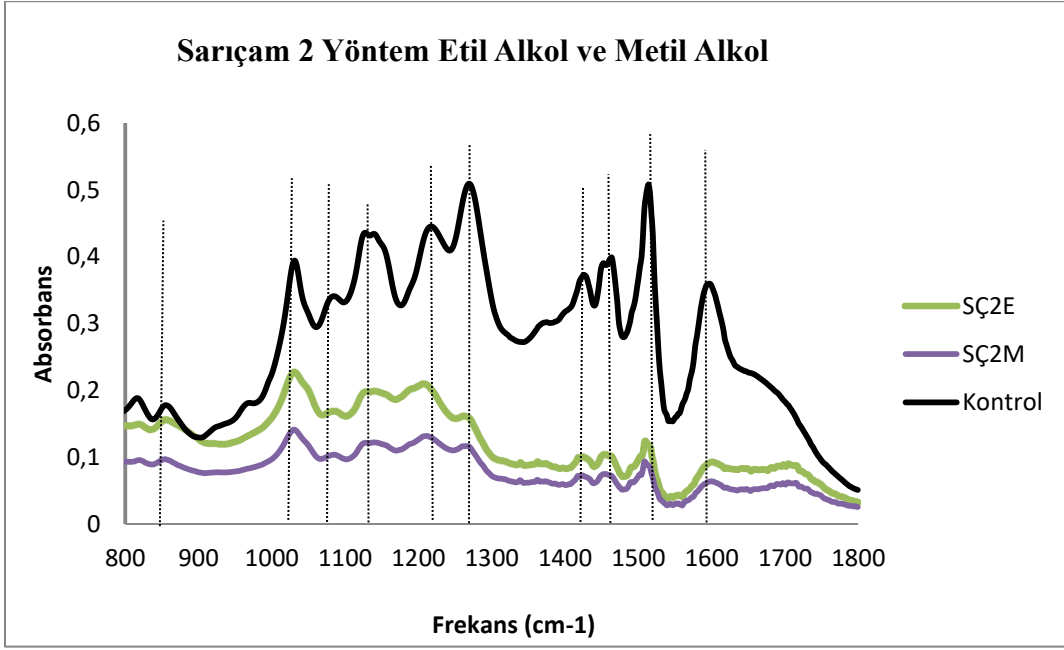
Şekil 26 ve Şekil 27 incelendiğinde yaklaşık olarak kontrol lignin örneği Tablo 16'da karşılık gelen pik değerlerine göre benzerlik olduğu gözlenmiştir. Bu benzer piklerin çakıştığı çizgiler Tablo 15'deki pik değerlerine karşılık gelen kontrol lignin bağların olduğu sarıçam örneğinin titrek kavak örneğine kıyasla daha etkili olduğu görülmektedir.

Rodrigues vd. (1998) ekstaktif maddelerden arındırılmış Ekaluptus odununda lignin oranının %23-34 olduğunu lignin piklerinin 1505-1328cm⁻¹ bandında belirtmişlerdir. Ayrıca FTIR metodunun lignin belirlemede güvenilir bir metod olduğunu bildirmişlerdir.

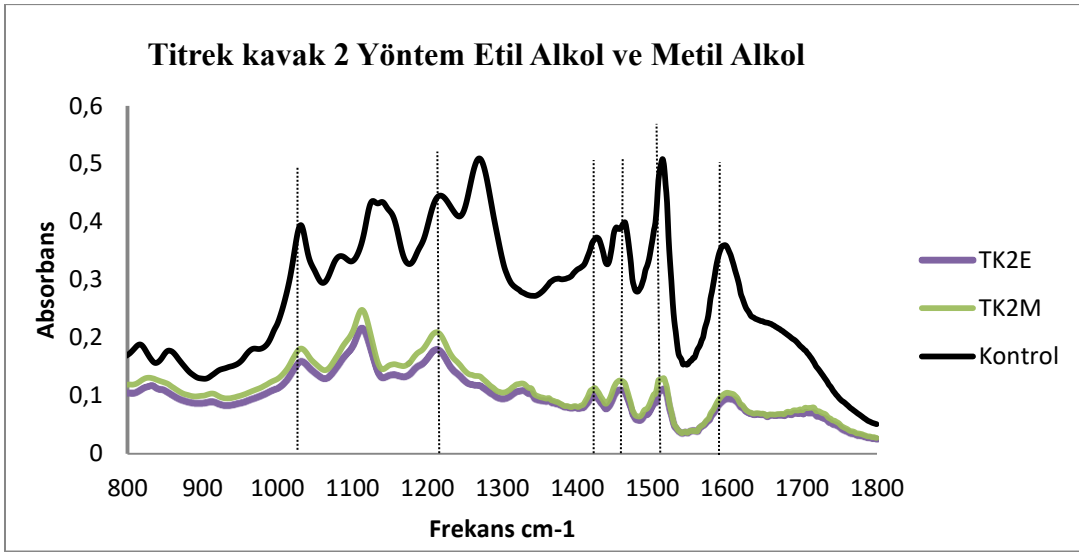
Rana vd. (2010) Dipterocarpus türlerinin guasil lignini 1505-1270cm⁻¹ , 1626cm⁻¹ C=H ve 1330cm⁻¹ 'de siringil lignin tespit etmişlerdir.

Faix vd. (1991) 1200-900cm⁻¹ bandının polisakkarit bölgesi olduğunu belirtmişlerdir.

FTIR sonuçlarına göre 2.yöntemin daha etkili olduğu gözlenmiştir. FTIR pik değerini parmak izi bölgesi (800-1800 cm⁻¹) sarıçam ve titrek kavak örneklerinin pik değerleri Şekil 28 ve Şekil 29 'da verilmiştir.



Şekil 28: Sarıçam FTIR örneği parmak izi bölgesi.



Şekil 29: Titrek kavak FTIR örneği parmak izi bölgesi.

Şekil 28 ve Şekil 29 incelendiğinde 2.Yöntem üzerinde en çok pik değerleri sarıçam örneğinin titrek kavak örneğine göre daha fazla pik değerlere ile çakıştığı ve kontrol lignine benzerlik olduğu tespit edilmiştir.

BÖLÜM 4

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada *Pinus sylvestris* L. ve *Populus tremula* L. yongalarından Kraft yönteminde ayrı ayrı iki pişirme modeli kurulmuştur. Bu amaçla kimyasal madde oranları ve pişirme süreleri aynı olacak şekilde farklı türler kullanılarak 2 adet Kraft pişirmesi yapılmıştır. Elde edilen hamurların 25°SR'de deneme kağıtları yapılmıştır.

Elde edilen kağıt hamurlarında *Pinus sylvestris* L. hamurunun kappa numarası 30,48, *Populus tremula* L. hamurunun ise 16,11 olarak hesap edilmiştir. Kappa numarasının az olması hamurda kalan ligninin azaldığını göstermekte olup, beklenen bir sonuçtur.

Hamurların vizkozite değeri karşılaştırıldığında *Pinus sylvestris* L. hamurunun viskozite değerinin *Populus tremula* L. hamurundan daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Titrek kavak hamurunun Sarıçam hamuruna oranla daha yüksek olduğu görülmüştür. Ancak Sarıçam hamurlarından elek artığının yüksek çıkması hamurun biraz daha pişirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Pinus sylvestris L. ve *Populus tremula* L. odunundan Kraft yöntemiyle elde edilen deneme kağıtlarının bazı fiziksel özellikleri incelendiğinde en yüksek kalınlık değeri SÇ numaralı pişirmede 114,50µm, olup, en düşük kalınlık değeri TK numaralı pişirmede 102,50µm'dir. En yüksek hava geçirgenliği değeri SÇ numaralı pişirmede 330,2ml/dk olup, en düşük hava geçirgenliği değeri TK numaralı pişirmede 312. 1ml/dk² dir. En yüksek opaklık değeri TK numaralı pişirme de %99,01 olup, en düşük opaklık değeri de SÇ numaralı pişirmede %98,61'tir. En yüksek yırtılma indisi değeri SÇ numaralı pişirmede 7,719mN.m²/g olup, en düşük yırtılma indisi değeri TK numaralı pişirmede 3,943mN.m²/g'dür. En yüksek kopma indisi değeri SÇ numaralı pişirmede 97,82N.m/g olup, en düşük kopma indisi değeri TK numaralı pişirmede 79,84N.m/g 'dür. En yüksek patlama indisi değeri SÇ numaralı pişirmede 3,98k.Pa.m²/g olup, en düşük patlama indisi değeri TK numaralı pişirmede 2,56k.Pa.m²/g 'dır.

Kraft yöntemi ile kağıt hamurundan elde edilen deneme kağıtlarının fiziksel, optik ve mekanik özellikleri incelendiğinde %95 güven aralığında kalınlık, hava geçirgenliği,

opaklık, parlaklık, yırtılma indisi, Kopma indisi, patlama indisi üzerindeki etkilerinin ($p=0,000$, $p<0,05$) istatistiksel olarak anlamlı oldukları görülmektedir.

Sarıçam ve Titrek kavak örneklerinin FTIR analizi sonuçlarına göre kaynak olarak gösterilen ligninin pik değerleri ile karşılaştırılmıştır. En çok pik değerleri 2.Yöntem olan asit kullanımının etkili olduğu gözlenmiştir.Sarıçam örneğinin Titrek kavak örneğine kıyasla 2.Yöntemde daha fazla kontrol ligninin ile benzerlik olduğu parmak izi bölgesine bakılarak belirlenmiştir.

Yapılan bu çalışmada ligninin geri kazanılması için en uygun yöntemin asit yöntemi olduğu FTIR analiz sonuçlarına göre tespit edilmiştir. Ligno sülfonatın elde edilebilmesi için sülfite pişirme yönteminin mümkün olduğu bilinmektedir. Fakat Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Kağıt laboratuvarındaki pişirme kazanımızda bu yöntemi kullanmak için uygun koşullar bulunmadığı için Kraft pişirme yöntemi kullanılarak lignin elde edilmeye çalışılmıştır. Çalışmalar sonucunda ligno sülfonat elde edilmesi için sülfite pişirmesinin yapılmasını lignin elde edilmesi içinde 2.Yöntem olan asit yönteminin İğne yapraklı türlerde yapraklı ağaç odunlarına göre daha fazla lignin içerdiğinden dolayı daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Lignin eldesi için yapılacak çalışmalarda öncelikle asit yöntemiyle üretilen kağıt hamurlarının siyah çözeltilisinin kullanılması ve siyah çözeltiden lignin elde ederken kullanılacak diğer çöktürme yöntemlerinin kullanılması faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Alemdağ, Ş. (1967). Türkiye'deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 20, Ankara, 160 s.
- Alma, (1999), M. H., Several Acids-Catalyzed Phenolated Wood and Its Application to Molding Materials, Ph.D. Thesis, Kyoto. Japan.
- Anonim, (1994). *Sarıçam Ormancılık Araştırma Enstitüsü*, El Kitapları Dizisi: 7, Muhtelif Yayınlar Serisi: 67, Sinem Ofset, Ankara.
- Anşin, R. (2001). *Tohumlu Bitkiler: Gymnospermae (Açık Tohumlular)*, I. Cilt, III. Baskı, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 22, Fakülte Yayın No: 15, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon, 296 s.
- Anşin, R. ve Özkan, Z.C., (1993). *Tohumlu Bitkiler (Spermatophta)*, *Odunsu Taksonlar*, K.T.Ü. Orman Fak. Genel Yayın No: 167, Fakülte Yayın No: 19, I.Baskı, K.T.Ü. Üniversitesi Basımevi, Trabzon.
- Atik, C. (2001). Farklı Pişirme Yöntemleri ile Titrek Kavak (*Populus tremula L.*)' tan Yüksek Verimli Kağıt Hamuru Elde Etme Olanakları, *İ.Ü.O.F. Dergisi*, 51, 1, 435
- Aytuğ, B., 1984. *Odun Anatomisi*, İ.Ü. Orman Fakültesi Roto Baskı, İstanbul, 61-63 s.
- Berkel, A. (1970). *Ağaç Malzeme Teknolojisi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İ.Ü Yayın No: 1448, O.F Yayın No: 147, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Bozkurt, A.Y. ve Erdin, N., (2000). *Odun Anatomisi*. İstanbul Üniversitesi Rektörlüğü Yayın No: 4263, Orman Fakültesi Yayın No: 466, ISBN: 975-404-592-5, Dilek Matbaası, İstanbul.
- Bozkurt, Y., (1971). *Önemli Bazı Ağaç Türleri Odunlarının Tanımı, Teknolojik Özellikleri ve Kullanış Alanları*, İ.Ü. Yayın No: 1653, O.F. Yayın No: 177, İstanbul, 89 s.
- Bozkurt, Y., (1986). *Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 3403, İstanbul, 1-218.
- Bryece, (1980). Sulfite Pulping' in Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology, Ed.J.P.Casey, Wiley, New York, pp.291-376.
- Casey, J. P. (1980). Pulp and Paper, Third edition, Interscience Pulplihers Inc. New York.
- Çepel, N., Dündar, M. ve Günel, A. (1997). *Türkiye'nin Önemli Yetiştirme Bölgelerinde Saf Sarıçam Ormanlarının Gelişimi ile Bazı Edafik ve Fizyografik Etmenler Arasındaki İlişkiler*, Tübitak Yayın No: 354.
- Demirci, A. (2006). *Silvikültürün Temel İlkeleri*, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Ders Notları Serisi No: 83, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon, 198 s.

- Dönmez, İ. E. (2010). Yükselti Farkına Göre Sarıçamın (*Pinus sylvestris* L.) Anatomik ve Kimyasal Bileşiminde Meydana Gelen Değişimler. Doktora Tezi. Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 163 s.
- Eroğlu, H. (1990). *Kâğıt ve Karton Üretim Teknolojisi 2. Baskı*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 90 Fakülte Yayın No: 6, Trabzon.
- Eroğlu, H. ve Usta M. (2004). *Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi, Ders Kitabı I ve II. Cilt*, Esen Ofset Matbaacılık, İstanbul.
- 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. *J Anal Appl Pyrol.*21:147-162
- Falkehog, S. (1975), "Lignin in Materials," Applied Polymer Symposium No. 28, 247.
- Gellerstedt G and Lindfors E.L., (1984). Svensk papperstidning no: 15, R116.
- Göker, Y., (1983). *Reaksiyon Odunu Oluşumunun Ağaç Malzemenin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi Hakkında Araştırmalar*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 3142/339, 1-172 s, İstanbul.
- Goldstein, (1973), I.S., ACS Symposium on Renevvable Resources for Plastics, April 7-9.
- Gullichsen J. ve Fogelbolm C.J. (2000). *Chemical Pulping*, Papermaking Science and Teknology Series, Gummerus Printing, Jyväskylä, Finland.
- Hafizoğlu, (1986), H. Kağıt Fabrikası Atık Sularından Yararlanma Olanakları, *K.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*. 73-90 s.
- Hafizoglu, H. (1982). *Orman Ürünleri Kimyası Ders Notları*, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 52, Trabzon.
- Hafizoğlu, H. ve Deniz, İ, (2010). *Orman Ürünleri Kimyası Ders Notları*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Trabzon.
- Johansson A., Aaltonen O. ve Ylinen P. (1987). *Organosolv pulping methods and properties*, Biomass, 13 (15): 45-52.
- Kantay, R. Köse, C. (2005). Türkiye’de kabuk konusunda yapılan bugüne kadar yapılan çalışmalar ve değerlendirme. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 56-B (2): 1-15.
- Kayacık, H., (1981). *Orman ve Park Ağaçları Özel Sistematiği II. Cilt Angiospermae (Kapalı Tohumlular)*, İ.Ü. Yayın No: 2766, O.F. Yayın No: 287, İstanbul, 52-53.
- Kırcı, H. (2000). *Kâğıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Ders Notları Yayın No: 63, Trabzon.
- Kırcı, H. (2003). *Kağıt Hamuru ve Endüstrisi Ders Notları*. K.T.Ü., Trabzon, 1-269.

- Kocurek, M. (1989). Alkaline pulping, Tappi Press, Atlanta, USA.
- Merev, N. (2003). *Odun Anatomisi ve Odun Tanıtımı*, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 210, Fakülte Yayın No: 32, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon.
- Öner, M.N., (1996). Kütahya-Gediz-Yağmurlar Yöresinde Doğal Olarak Yetişen Titrek Kavak (*Populus tremula L.*) Odununun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Araştırmalar, D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kütahya, 95 s.
- Ono, (1991), H.K. ve Sudo K, Phenolated Wood, A source of Wood Adhesives, Proceeding of the International Symposium on Chemical Modification of Wood, May 17-18, Kyoto, Japan.
- Özmen, Çetin ve Kerde, (2002). *Alkali sülfid ve organosolv ligninlerin karakterize edilmesi*. II. Ulusal karadeniz ormancılık kongresi Cilt: III Sayfa: 1092-1101.
- Radaykova, Nenkova, Valchev, (2013), https://scholar.google.com.tr/scholar?q=black+liquor+lignin+products,+isolation+and+characterization&hl=de&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar&sa=x&ved=0ahukewjru4rs5qzqahwkjsakhq3db_oqqqmijta
- Rana R, Langenfeld-Heyser R, Finkeldey R, Polle A (2010), FTIR spectroscopy, chemical and histochemical characterization of wood and lignin of five tropical timber wood species of the family of Dipterocarpaceae. *Wood Sci Technol.* 44:225-242.
- RodriguesJ, Faix O, Pereira H, (1998), *Determination of monosaccharide composition of agricultural fibers using near infrared spectroscopy* . *Holzforschung.* 52: 46-50.
- Sarkanen, K.V. ve Ludwig C.H, . (1971). Lignins, Wiley-Interscience, New York.
- Tunçtaner, K.; Tulukçu, M. ve Toplu, F., (1994). *Bazı Kavak Klonlarının Büyüme ve Teknolojik Özellikleri Üzerine Araştırmalar*, Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Yıllık Bülten No: 170, 1-25 s, izmit.
- URL-1, (2016). http://www.gemimodeli.com/faydali/agaci_tanimak.htm.
- URL-2, (2016). https://www.google.com.tr/search?q=odunun+yap%C4%B1s%C4%B1+paran%C5%9Fim+h%C3%BCreleri&biw=1368&bih=665&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiHr8CW1avOAhXN0RoKHx4CDEQ_AUIBigB#imgdii=PJRwF3Mh5wBM%3A%3BPJRwF3Mh5wBM%3A%3BDC7fJfrAhlHSM%3A&imgcr=PJR--wF3Mh5wBM%3.
- URL-3, (2016). http://evrimaldatmacasi.com/tr/Kitaplar/17432/kuran-mucizeleri_%E2%80%933/cilt-3/chapter/5621.
- URL-4, (2016). <https://eksisozluk.com/siyah-likor--2369111?nr=true&rf=black%20liquor>.
- URL-5, (2016). https://www.google.com.tr/search?q=sar%C4%B+%C3%A7am+d%C3%BCnyadaki+ya%C4%B1%C4%B1%C5%9F+alan%C4%B1&biw=1368&bih=730&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwilpsbbxarOAhVCiRoKHaxgAH0Q_AUIBigB&dpr=1#imgcr=xf8tGjK6NOHvM%3A.

- URL-6, (2016). http://www.knowpulp.com/english/demo/english/pulping/recoveryboiler/1_general/must_lipea_analyysi_img.html.
- URL-7, (2016). http://web.hitit.edu.tr/dersnotlari/ibrahimbilici_12.04.2014_4E1P.pdf
- URL-8, (2016). <http://www.tappi.org/content/events/09IBBC/papers/49.1.pdf>
- URL-9, (2016). http://web.ogm.gov.tr/BilgiServisleri/agacturleri/saricam_y.jpg
- URL-10, (2016). <http://biyokure.org/fourier-transform-infrared-kizilotesi-spektroskopisi-ftir/5696/>
- Wise, L.E. ve Jahn, E.C. (1952). *Wood Chemistry. and Edition*, Vol 1-2, Reinhold Publication Co. New York, U.S.A, 1330
- Yaltırık, F., (1993). *Dendroloji Ders Kitabı II Angiospermae (Kapalı Tohumlular), Bölüm I*, 2. Baskı, İstanbul, 46-48 s.
- Yaman, B. ve Gençer, A. (2005). Trabzon koşullarında yetiştirilen kiwi (*Actinidia deliciosa* (A.Chev.) C. F. Liang& A. R. Ferguson)' nin morfolojisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A (2): 149-155

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Fadime YURDAKURBAN
Doğum Yeri ve Tarihi : Beyşehir-05.01.1988

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : 2010-2014 Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi,
Orman Endüstri Mühendisliği
Yüksek Lisans Öğrenimi : 2014-2017 Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Orman Endüstri Mühendisliği A.B.D, Orman Ürünleri
Kimyası ve Teknolojisi Bilim Dalı
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce
Bilimsel Faaliyet/Yayımlar : Feasibility Of Redwood Wood For Paper Production
And The Effects Of Beating On Paper's Properties
Ayhan GENÇER, Ufuk ÖZGÜL, Saadettin Murat
ONAT, Fadime YURDAKURBAN

İş Deneyimi

Stajlar : Ordu Çamsan 07. 2013-08. 2013(1 ay) Ordu.
Dekoratif As Mobilya 07. 2012-08. 2012 (1 ay) İzmir.
Ağaç A.Ş. Fidan Botanic Garden 06. 2008-08. 2008 (2
ay) İstanbul(Avr.).

İletişim

E-Posta Adresi : f.yurdakurban88@gmail.com
TeL : 05616133348
Tarih : 02/01/2017 (Tez sınav tarihi)

