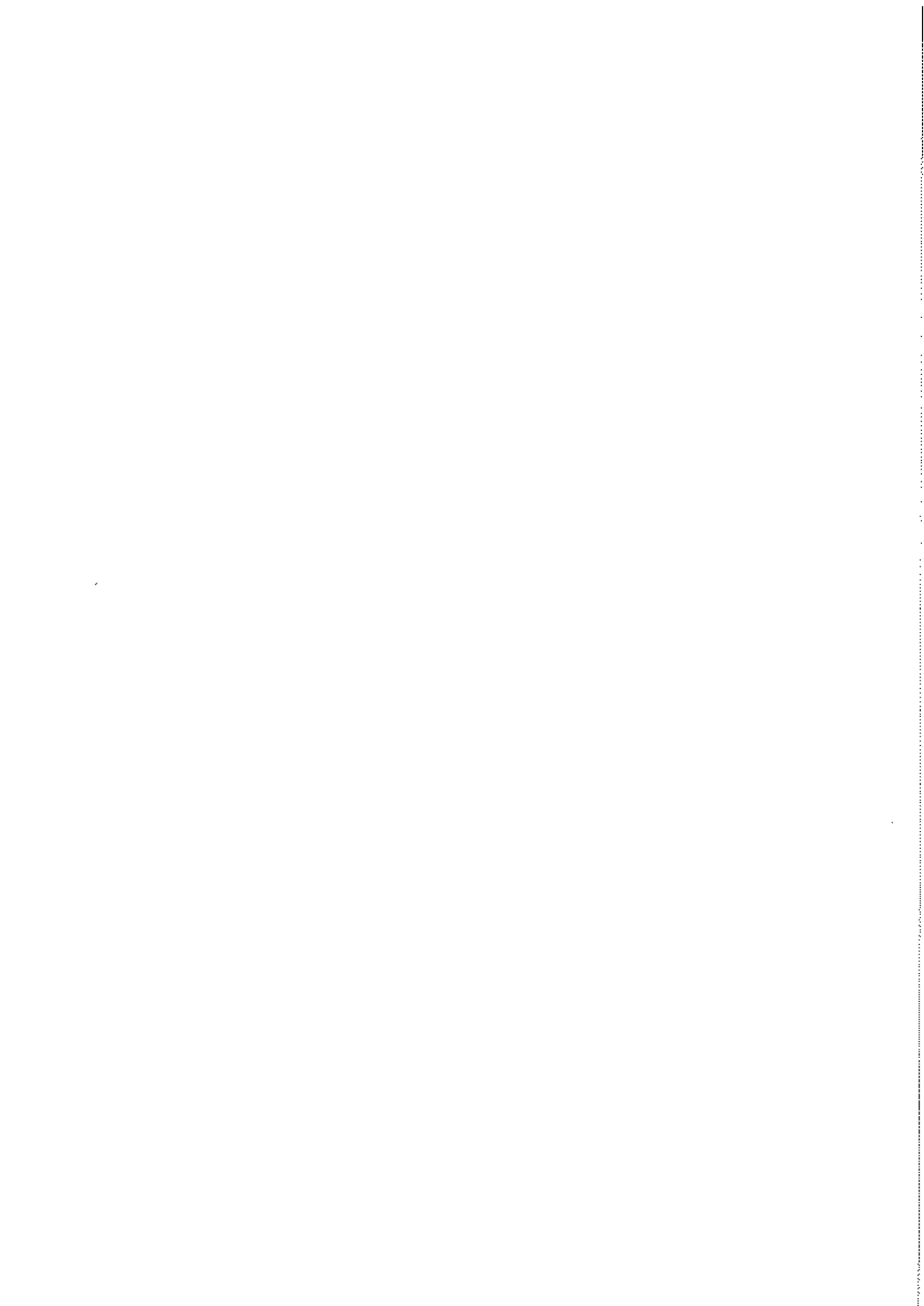


**BAZI YAPRAKLI VE İĞNE YAPRAKLI AĞAÇLARIN ÖZ VE DİRİ  
ODUNLARININ KAĞIT ÖZELLİKLERİ YÖNÜNDEN İNCELENMESİ**

**2009  
DOKTORA TEZİ**

**Yasin ATAÇ**



**BAZI YAPRAKLI VE İĞNE YAPRAKLI AĞAÇLARIN ÖZ VE DİRİ  
ODUNLARININ KAĞIT ÖZELLİKLERİ YÖNÜNDEN İNCELENMESİ**

**Yasin ATAÇ**

**Bartın Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında  
Doktora Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

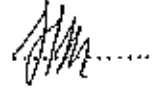
**BARTIN  
Haziran 2009**



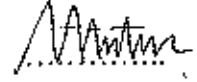
**KABUL:**

Yasın ATAÇ tarafından hazırlanan "BAZI YAPRAKLI VE İĞNE YAPRAKLI AĞAÇLARIN ÖZ VE DİRİ ODUNLARININ KAĞIT ÖZELLİKLERİ YÖNÜNDE İNCELENMESİ" başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 25/06/2009

Başkan: Prof. Dr. Hüda verdi EROĞLU (BÜ)



Üye : Doç. Dr. Ahmet TUTUŞ (KSÜ)



Üye : Doç. Dr. Yalçın ÇÖPÜR (DÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Abdallah İSTEK (BÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Ayhan GENÇER (BÜ)



---

**ONAY:**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. .../.../2009

Doç. Dr. Ali Naci TANKUT  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan tüm atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Yasin ATAÇ





## ÖZET

Doktora Tezi

### BAZI YAPRAKLI VE İĞNE YAPRAKLI AĞAÇLARIN ÖZ VE DİRİ ODUNLARININ KAĞIT KALİTESİ YÖNÜNDEN İNCELENMESİ

Yasin ATAÇ

Bartın Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüdaverdi EROĞLU

Haziran 2009, 121 Sayfa

Bu çalışmada, *Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun, diri odun ve ağaçlardaki öz ve diri odunlarının bulunum yüzdelerine göre tam odunlarının kimyasal bileşimleri, anatomik yapıları ve iğneli ağaçlar için Kraft metodu, yapraklı ağaçlar için soda metodu kullanılarak elde edilen kağıtların fiziksel ve optik özellikleri incelenmiştir.

Çalışmada kullanılan ağaçların öz odunlarından yapılan Holoselüloz ve alfaselüloz, % 1'lik NaOH çözünürlüğü, soğuk su çözünürlüğü, sıcak su çözünürlüğü ve alkol çözünürlük oranları diri odunlarına göre farklı çıkmıştır.

Çalışmada kullanılan ağaç türlerin kendi içlerinde yapılan değerlendirme de ise Karaçam hariç Göknar, Meşe ve Kayın'dan elde edilen pişirmelerde verim olarak öz odunlardan yapılan pişirmelerin hamur verimleri dirilcrine göre yüksek çıkmıştır.

## ÖZET (devam ediyor)

Çalışmada kullanılan ağaç türlerin öz odunlarının lif uzunlukları, diri odunların liflerine göre kısa çıkmıştır.

*Pinus nigra* Arn.'nın öz ve diri odunlarının kraft metodu kullanılarak yapılan pişirmelerinde; öz odunlarından yapılan kağıtların patlama, gerilme, kopma direnç özellikleri ve parlaklık ile opaklık değerlerinin ve diri odunlarından yapılan kağıtlara göre yüksek olduğu, ancak yırtılma direnç özelliğinin ve yüzey düzgünlüğü ile hava geçirgenliği özelliğinin düşük olduğu tespit edilmiştir.

*Abies bornmülleriana* Mattf.'ın öz ve diri odunlarının kraft metodu kullanılarak yapılan pişirmelerinde; öz odunlarından yapılan kağıtların patlama, gerilme, kopma direnç özellikleri ve parlaklık ile opaklık değerlerinin ve diri odunlarından yapılan kağıtlara göre yüksek olduğu, ancak yırtılma direnç özelliğinin ve yüzey düzgünlüğü ile hava geçirgenliği özelliğinin düşük olduğu tespit edilmiştir.

*Quercus robur* L., öz ve diri odunlarının soda metodu kullanılarak yapılan pişirmelerinde; öz odunlarından yapılan kağıtların fiziksel özelliklerinin diri odunlardan elde edilen kağıtlara göre yüksek çıktığı ancak optik özelliklerinin düşük çıktığı tespit edilmiştir.

*L'agus orientalis* Lipsky'in öz ve diri odunlarının soda metodu kullanılarak yapılan pişirmelerinde elde edilen hamurlardan; öz odunlarından yapılan kağıtların fiziksel özelliklerinin diri odunlardan elde edilen kağıtlara göre düşük çıktığı (serbestlik derecesi 50 olan kağıdın hava geçirgenliği ve yüzey düzgünlüğü özellikleri düşük çıkmıştır.) ancak optik özelliklerinin yüksek çıktığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Öz odun, diri odun, kağıt özellikleri

**Bilim Kodu** : 502.06.01

## **ABSTRACT**

**Ph. D. Thesis**

### **EXAMINATION OF SOME SOFTWOOD AND HARDWOOD TREES INTERMS OF PAPER PROPERTIES OF THEIR SAPWOOD AND HEARTWOOD**

**Yasin ATAÇ**

**Bartın University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Forest Industry Engineering**

**Thesis Advisor: Prof. Dr. Hüdaverdi EROĞLU**

**June 2009, 121 pages**

In this study, sapwood and heartwood of *Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf. and *Pinus nigra* Arn chemical compound, anatomic structure, according to the sapwood and heartwood percentage of these trees are studied. Physical and optical properties of formed papers using Kraft method for hardwood and soda method for softwood are also inspected.

Holoscüloz and alfasclüloz, be comprised by sapwood used in the study, 1% NaOH solubility, cold and hot water solubility, and solubility percentage of alcohol are reported to be different from the ones of heartwood.

Comparing the trees used in the study, sapwood pulps are reported more yield than heartwood pulps in cooking process of *Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf. (excepting *Pinus nigra* Arn).

## ABSTRACT (Continued)

Fiber lengths of sapwood of the trees used in this study are reported to be shorter than the ones of heartwood.

In cooking process of *Pinus nigra* Arn.'s sapwood and heartwood using Kraft method, eruption, stretching, and sunder resistance, brightness, and opacity of papers formed from sapwood are reported to be better than the papers formed from heartwood. On the other hand, laceration resistance, surface smoothness, and air permeability of papers formed from sapwood are reported to be worse than the ones of heartwood.

In cooking process of *Abies bornmülleriana* Mattf.'s sapwood and heartwood using kraft method, eruption, stretching, and sunder resistance, brightness, and opacity of papers formed from sapwood are reported to be better than the papers formed from heartwood. On the other hand, laceration resistance, surface smoothness, and air permeability of papers formed from sapwood are reported to be worse than the ones of heartwood.

Considering the pulps, formed by cooking sapwood and heartwood of *Quercus robur* L. using soda method, papers made by sapwood are reported being physically stronger but optically weaker than the papers made by heartwood.

Considering the pulps, formed by cooking sapwoods and heartwood of *L'agus orientalis* Lipsky using soda method, papers made by sapwoods are reported being physically weaker (The papers with 50% degree of freedom are reported to be weaker in terms of air permeability and surface smoothness) but optically stronger than the ones of heartwood.

**Key Words:** Heartwood, sapwood, paper properties.

**Science Code:** 502.06.01

## TEŞEKKÜR

Tez danışmanlığımı üstlenerek araştırma konusunun seçimi ve çalışmalarım sırasında bilimsel uyarı ve öncülerinden yararlandığım sayın hocam Prof. Dr. Hüda-verdi EROĞLU'na teşekkür etmeyi bir görev bilirim.

Laboratuvar çalışmalarımı esnasında yardımlarını esirgemeyen sayın Hocam Doç. Dr. Ahmet TUTUŞ, Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Abdullah İSTEK, jüri üyeliğimi kabul eden sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Ayhan GENÇER ve Doç. Dr. Sayın Yalçın ÇÖPÜR hocalarıma ve kendi tezi kadar titizlikle tez çalışmamda yardım eden değerli arkadaşım Araştırma Görevlisi Sezgin Koray GÜLSOY'a, ayrıca istatistik çalışmalarında yardımcı olan Araştırma Görevlisi İlyas BOLA'I'a teşekkür ederim.

Tezin kağıt testleri ilgili olan kısmında yardımlarını esirgemeyen Bilkent METEKSAN kağıt fabrikası kalite kontrol laboratuvarı çalışanlarına desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında bana çalışmalarında kolaylık sağlayan Laboratuvar Müdürüm 3. Sınıf Emniyet Müdürü Sayın Atakan ÖZDEMİR, Şube Müdürüm Emniyet Amiri Sayın Nizam KABAR ve çalışma arkadaşlarım Alper BAYKAL, Hüseyin YAŞLI, Okan BÜZKAYA, Subutayhan TUTUM, Ali GÖMÜŞSOY ve ismini sayamadığım diğer mesai arkadaşlarıma sonsuz teşekkür ederim.

Desteklerini üzerimden hiç esirgemeyen annem, babam, kardeşlerime teşekkür ederim.

Uzun zaman süren bu çalışmamda sabrını ve desteğini esirgemeyen eşim İlkay ATAÇ ve Kızım Esma Sultan ATAÇ'a teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL .....	ii
ÖZET .....	iii
ABSTRACT .....	v
TEŞEKKÜR .....	vii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xiii
TABLolar DİZİNİ .....	xvii
BÖLÜM 1 GİRİŞ .....	1
1.1 ÇALIŞMANIN AMACI .....	1
1.2 GENEL BİLGİLER .....	2
1.2.1 Öz Odun ve Diri Odunun Yapısı .....	2
1.2.2 Öz ve Diri Odunun Kimyasal Yapısı .....	8
1.3 SÜLFAT (KRAFT) İLAMURU ÜRETİMİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER..	10
1.3.1 Kimyasal Kağıt Hamuru Üretimi Sırasında Meydana Gelen ve Verim Kaybına Neden Olan Reaksiyonlar .....	11
1.3.1.1 Soyulma Reaksiyonları .....	13
1.3.1.2 Hidroliz Reaksiyonları .....	16
1.4 SODA (NaOH) HAMURU ÜRETİMİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER .....	20
1.5 LİTERATÜR ÖZETİ .....	22
BÖLÜM 2 MATERYAL VE METOD.....	29
2.1 MATERYAL .....	29
2.1.1 Çalışmada Kullanılan Ağaçların Botanik Özellikleri .....	29
2.1.1.1 Karaçamın ( <i>Pinus nigra</i> Arn.) Botanik Özellikleri .....	29
2.1.1.2 Uludağ Gökarnının ( <i>Abies Bornmulleriana</i> ) Botanik Özellikleri .	30

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.1.1.3 Doğu Kayınının ( <i>Fagus orientalis</i> Lipsky ) Botanik Özellikleri ...	31
2.1.1.4 Süpürge Meşe'nin ( <i>Quercus robur</i> L.) Botanik Özellikleri .....	32
2.2 METOD .....	32
2.2.1 Kimyasal Analizlere Kullanılan Yöntemler .....	32
2.2.1.1 Holoselüloz Tayini .....	32
2.2.1.2 $\alpha$ -Selüloz Tayini .....	33
2.2.1.3 Lignin Tayini .....	34
2.2.1.4 Sıcak Su Çözünürlüğü .....	34
2.2.1.5 Soğuk Su Çözünürlüğü .....	34
2.2.1.6 % 1'lik NaOH Çözünürlüğü .....	35
2.2.1.7 Alkol-Benzen Çözünürlüğü .....	35
2.2.2 Anatomik Çalışmalarda Kullanılan Yöntemler .....	36
2.2.2.1 Maserasyon Yöntemi .....	36
2.2.2.2 Keçeleşme Oranı .....	36
2.2.2.3 Rijidite .....	36
2.2.2.4 Runkel Sınıflandırılması .....	36
2.2.2.5 Elastikiyet Katsayısı .....	37
2.2.3 Kağıt Hamurunda Yapılan Analizler .....	37
2.2.4 Kağıt Hamuru ve Deneme Kağıtlarının Elde Edilmesinde Uygulanan Metotlar .....	38
2.2.4.1 Yongaların Hazırlanması .....	38
2.2.4.2 Pişirme Çözeltisinin Hazırlanması ve Pişirme .....	38
2.2.4.3 Kappa Numarasının Tayini .....	40
2.2.5 Kağıdın Fiziksel ve Optik Özelliklerini Belirlemede Kullanılan Yöntemler .....	40
2.2.6 Verilerin Değerlendirilmesi .....	40
<b>BÖLÜM 3 BULGULAR VE İRDELEME</b> .....	<b>43</b>
<b>3.1 KİMYASAL ANALİZLERE AİT BULGULAR</b> .....	<b>43</b>
3.1.1 Holoselüloz Tayini Sonuçları .....	43
3.1.2 $\alpha$ -Selüloz Tayini Sonuçları .....	45
3.1.3 Lignin Tayini Sonuçları .....	46



## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.1.4 Sıcak Su Çözünürlüğü Deney Sonuçları .....	47
3.1.5 Soğuk Su Çözünürlüğü Deney Sonuçları .....	48
3.1.6 %1'lik NaOH Çözünürlüğü Deney Sonuçları .....	50
3.1.7 Alkol Çözünürlüğü Deney Sonuçları .....	51
3.2 LİF UZUNLUKLARINA AİT BULGULAR .....	52
3.3 SİYAHİ ÇÖZELTİ ANALİZLERİ VE VERİMLE İLGİLİ BULGULAR .....	54
3.4 HAMURLARIN VİSKOZİTE ÖLÇÜMLERİ İLE İLGİLİ BULGULAR .....	56
3.5 KAĞITLARIN FİZİKSEL VE OPTİK TESTLERİNE AİT BULGULAR .....	57
3.5.1 Dövülmemiş Hamurdan Yapılan Kağıtların Fiziksel ve Optik Testlerine Ait Bulgular .....	58
3.5.1.1 Dövülmemiş Hamurdan Yapılan Kağıtların Patlama Direnci Test Sonuçları .....	58
3.5.1.2 Dövülmemiş Hamurdan Yapılan Kağıtların Yırtılma Direnci Test Sonuçları .....	60
3.5.1.3 Dövülmemiş Hamurdan Yapılan Kağıtların Gerilme Direnci Test Sonuçları .....	62
3.5.1.4 Dövülmemiş Hamurdan Yapılan Kağıtların Kopma Direnci Test Sonuçları .....	64
3.5.1.5 Dövülmemiş Hamurdan Yapılan Kağıtların Yüzey Düzgünlüğü Test Sonuçları .....	66
3.5.1.6 Dövülmemiş Hamurdan Yapılan Kağıtların Parlaklık Test Sonuçları .....	67
3.5.1.7 Dövülmemiş Hamurdan Yapılan Kağıtların Opaklık Test Sonuçları .....	69
3.5.2 Serbestlik Derecesi 35 <sup>0</sup> SR Olan Kağıtların Fiziksel ve Optik Testlerine Ait Bulgular .....	71
3.5.2.1 Serbestlik Derecesi 35 <sup>0</sup> SR Olan Kağıtların Patlama Direnci Test Sonuçları .....	71
3.5.2.2 Serbestlik Derecesi 35 <sup>0</sup> SR Olan Kağıtların Yırtılma Direnci Test Sonuçları .....	73
3.5.2.3 Serbestlik Derecesi 35 <sup>0</sup> SR Olan Kağıtların Gerilme Direnci Test Sonuçları .....	75
3.5.2.4 Serbestlik Derecesi 35 <sup>0</sup> SR Olan Kağıtların Kopma Direnci Test Sonuçları .....	76
3.5.2.5 Serbestlik Derecesi 35 <sup>0</sup> SR Olan Kağıtların Yüzey Düzgünlüğü Test Sonuçları .....	78
3.5.2.6 Serbestlik Derecesi 35 <sup>0</sup> SR Olan Kağıtların Hava Geçirgenliği Test Sonuçları .....	79
3.5.2.7 Serbestlik Derecesi 35 <sup>0</sup> SR Olan Kağıtların Parlaklık Direnci Test Sonuçları .....	81
3.5.2.8 Serbestlik Derecesi 35 <sup>0</sup> SR Olan Kağıtların Opaklık Test Sonuçları .....	82

## İÇİNDEKİLER (devamı ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.5.3 Serbestlik Derecesi 50 <sup>0</sup> SR Olan Kağıtların Fiziksel ve Optik Testlerine Ait Bulgular .....	84
3.5.3.1 Serbestlik Derecesi 50 <sup>0</sup> SR Olan Kağıtların Patlama Direnci Test Sonuçları .....	85
3.5.3.2 Serbestlik Derecesi 50 <sup>0</sup> SR Olan Kağıtların Yırtılma Direnci Test Sonuçları .....	86
3.5.3.3 Serbestlik Derecesi 50 <sup>0</sup> SR Olan Kağıtların Gerilme Direnci Test Sonuçları .....	88
3.5.3.4 Serbestlik Derecesi 50 <sup>0</sup> SR Olan Kağıtların Kopma Direnci Test Sonuçları .....	90
3.5.3.5 Serbestlik Derecesi 50 <sup>0</sup> SR Olan Kağıtların Yüzey Düzensizliği Test Sonuçları .....	92
3.5.3.6 Serbestlik Derecesi 50 <sup>0</sup> SR Olan Kağıtların Hava Geçirgenliği Test Sonuçları .....	93
3.5.3.7 Serbestlik Derecesi 50 <sup>0</sup> SR Olan Kağıtların Parlaklık Direnci Test Sonuçları .....	95
3.5.3.8 Serbestlik Derecesi 50 <sup>0</sup> SR Olan Kağıtların Opaklık Test Sonuçları .....	97
BÖLÜM 4 SONUÇ VE ÖNERİLER .....	99
KAYNAKLAR .....	105
ÖZGEÇMİŞ .....	109

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
1.1	Odunun enine kesiti .....	1
1.2	Çamın Kraft yöntemiyle pişirilmesinde, işlem süresine göre bağlı alkali tüketimi, karbonhidrat kaybı ve delignifikasyonun .....	12
1.3	Selülozun Soyulma Reaksiyonu .....	14
1.4	Soyulma Reaksiyonu .....	17
2.1	<i>Pinus nigra</i> 'nın Genel Görünümü .....	30
2.2	Gök nar ağacının yaprak görünüşü .....	31
3.1	Holoseelüloz deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren "T" testine ait sonuçlar .....	44
3.2	Alfaselüloz deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren "T" testine ait sonuçlar .....	45
3.3	Lignin deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren "I" testine ait sonuçları.....	47
3.4	Sıcak su çözünürlüğü deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren "T" testine ait sonuçlar.....	48
3.5	Soğuk su çözünürlüğü deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren "T" testine ait sonuçlar.....	49
3.6	%1 NaOH çözünürlüğü deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren "I" testine ait sonuçlar .....	51
3.7	Alkol çözünürlüğü deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren "T" testine ait sonuçlar.....	52
3.8	Lif uzunluğu ölçüm sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar .....	53
3.9	Hamurlarının kappa numaralarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar .....	55
3.10	Hamurların elenmiş verimlerinde meydana gelen değişimi .....	55

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

No	Sayfa
3.11 Hamurların viskozite ölçümlerinin % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.....	57
3.12 Dövülmemiş Hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indisi deney sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar .....	59
3.13 Dövülmemiş Hamurlardan elde edilen kağıtların yırtılma deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar .....	61
3.14 Dövülmemiş Hamurlardan elde edilen kağıtların gerilme deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıklar .....	63
3.15 Dövülmemiş Hamurlardan elde edilen kağıtların kopma direnci deney sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.....	65
3.16 Dövülmemiş Hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüğü deney sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar .....	67
3.17 Dövülmemiş Hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklık deney sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıklar .....	68
3.18 Dövülmemiş Hamurlardan elde edilen kağıtların opaklık deney sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar .....	70
3.19 Serbestlik derecesi 35 <sup>0</sup> SR hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indisi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar .....	72
3.20 Serbestlik derecesi 35 <sup>0</sup> SR hamurlardan elde edilen kağıtların yırtılma indisi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.....	74
3.21 Serbestlik derecesi 35 <sup>0</sup> SR olan hamurlardan elde edilen kağıtların gerilme deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.....	75
3.23 Serbestlik derecesi 35 <sup>0</sup> SR olan hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüğü deney sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.....	79
3.24 Serbestlik derecesi 35 <sup>0</sup> SR olan hamurlardan elde edilen kağıtların hava geçirgenliği deney sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.....	80

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

No	Sayfa
3.22 Serbestlik derecesi 35 <sup>0</sup> SR olan hamurlardan elde edilen kağıtların kopma deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.....	77
3.25 Serbestlik derecesi 35 <sup>0</sup> SR olan hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklık deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.....	82
3.26 Serbestlik derecesi 35 <sup>0</sup> SR olan hamurlardan elde edilen kağıtların opaklık deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.....	83
3.27 Serbestlik derecesi 50 <sup>0</sup> SR hamurlardan elde edilen kağıtların pailama deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.....	86
3.28 Serbestlik derecesi 50 <sup>0</sup> SR hamurlardan elde edilen kağıtların yırtılma deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.....	88
3.29 Serbestlik derecesi 50 <sup>0</sup> SR hamurlardan elde edilen kağıtların gerilme deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.....	89
3.30 Serbestlik derecesi 50 <sup>0</sup> SR olan hamurlardan elde edilen kağıtların kopma deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.....	91
3.31 Serbestlik derecesi 50 <sup>0</sup> SR olan hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgenliği deney sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.....	93
3.32 Serbestlik derecesi 50 <sup>0</sup> SR olan hamurlardan elde edilen kağıtların hava geçirgenliği deney sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.....	94
3.33 Serbestlik derecesi 50 <sup>0</sup> SR olan hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklık deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.....	96
3.34 Serbestlik derecesi 50 <sup>0</sup> SR olan hamurlardan elde edilen kağıtların opaklık deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.....	98



## TABLolar DİZİNİ

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
1.1	Bazı ağaç türlerinin diri odunundaki yıllık halka sayıları.....	5
1.2	Sülfat pişirmesi sırasında meydana gelen reaksiyonlar, sonuçları ve elde edilen hamurun kalitesi üzerine etkileri.....	19
1.3	Yapraklı ağaç odunu ve iğne yapraklı ağaç odunu türlerinde hücre tabakalarındaki selüloz, hemiselüloz ve lignin oranları.....	27
2.1	Araştırmada kullanılan ağaçlara ait bilgiler.....	29
2.2	Kimyasal analizlerde kullanılan yöntemler.....	35
2.3	Pişirmelerde uygulanan pişirme koşulları	39
2.4	Farklı hamurların 35 °SR ve 50 °SR'c ulaşma süreleri.....	40
3.1	Öz odun ve diri odunlarının kimyasal analiz sonuçları.....	43
3.2	Öz ve diri odunlarının holoselüloz deneyi sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	44
3.3	Öz ve diri odunlarının alfaselüloz deneyi sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	45
3.4	Öz ve diri odunlarının lignin deneyi sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	46
3.5	Öz ve diri odunlarının sıcak su çözünürlüğü deneyi sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	47
3.6	Öz ve diri odunlarının soğuk su çözünürlüğü ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	49
3.7	Öz ve diri odunlarının %1'lik NaOH çözünürlüğü deneyi sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	50
3.8	Öz ve diri odunlarının alkol çözünürlüğü deneyi sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	51
3.9	Öz odun ve diri odunlarının lif morfolojik özellikleri.....	53

## TABLÖLÄR DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
3.10	Siyah çözeltili analizlerinin ve kağıt hamuru verimlerinin sonuçları.....	54
3.11	Hamurların viskozite ölçüm sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	56
3.12	Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların fiziksel ve optik test sonuçları.....	58
3.13	Dövülmemiş hamurdan yapılan kağıtların patlama direnci sonuçlarının ortalamaları standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	59
3.14	Dövülmemiş hamurdan yapılan kağıtların yırtılma direnci sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	61
3.15	Dövülmemiş hamurdan yapılan kağıtların gerilme direnci sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	63
3.16	Dövülmemiş hamurdan yapılan kağıtların kopma direnci sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	64
3.17	Dövülmemiş hamurdan yapılan kağıtların yüzey düzgünlüğü sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	66
3.18	Dövülmemiş hamurdan yapılan kağıtların parlaklık sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	68
3.19	Dövülmemiş hamurdan yapılan kağıtların opaklık sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	69
3.20	Serbestlik derecesi 35 °SR olan hamurlardan elde edilen kağıtların fiziksel ve optik test sonuçları.....	71
3.21	Serbestlik derecesi 35 °SR olan kağıtların patlama direnci sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	72
3.22	Serbestlik derecesi 35 °SR olan kağıtların yırtılma direnci sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	73
3.23	Serbestlik derecesi 35 °SR olan kağıtların gerilme direnci sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	75
3.24	Serbestlik derecesi 35 °SR olan kağıtların kopma direnci sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	77
3.25	Serbestlik derecesi 35 °SR olan kağıtların yüzey düzgünlüğü sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	78



## TABLÖLAR DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
3.26	Serbestlik derecesi 35 °SR olan kağıtların hava geçirgenliği sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	80
3.27	Serbestlik derecesi 35 °SR olan kağıtların parlaklık sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	81
3.28	Serbestlik derecesi 35 °SR olan kağıtların opaklık sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	83
3.29	Serbestlik derecesi 50 °SR olan hamurlardan elde edilen kağıtların fiziksel ve optik test sonuçları.....	85
3.30	Serbestlik derecesi 50 °SR olan kağıtların patlama direnci sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	85
3.31	Serbestlik derecesi 50 °SR olan kağıtların yırtılma direnci sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	87
3.32	Serbestlik derecesi 50 °SR olan kağıtların gerilme direnci sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	89
3.33	Serbestlik derecesi 50 °SR olan kağıtların kopma direnci sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	91
3.34	Serbestlik derecesi 50 °SR olan kağıtların yüzey düzgünlüğü sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	92
3.35	Serbestlik derecesi 50 °SR olan kağıtların hava geçirgenliği sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	94
3.36	Serbestlik derecesi 50 °SR olan kağıtların parlaklık sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	96
3.37	Serbestlik derecesi 50 °SR olan kağıtların opaklık sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.....	97
4.1	Oduun türlerinin migrografik ölçümleri .....	103



## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Ağaç uzun ömürlü, her yıl boy ve çap artımı yapan, boyu 5m'nin üzerinde uzun ve tek gövdeli, odunsu dokulara sahip, yüksek bir bitkidir. Ağaçlarda kök, gövde ve taç olmak üzere üç esas bölüm bulunmakta, büyüme bu üç bölümde yürütülen faaliyetlerle gerçekleştirilmektedir.

Kabuklu bir ağaç gövdesinin enine kesiti üç kısımdan oluşur. Bunlar; kabuk: iç kabuk (floem), dış kabuk (kaba kabuk), odunsu kısım: diri odun ve öz odun olmak üzere çeşitli hücrelerden meydana gelen yıllık halkalar bulunur. İç kabuk floem ile odunsu kısım (ksilem) arasında kambiyum bulunur ve öz: en iç kısımda yer almaktadır. Ağaç türlerine göre çapı değişmektedir.

Gövdenin iki görevi vardır. Bu görevleri yapısında bulunan diri odun ile öz odun adı verilen iki farklı tabaka yardımı ile gerçekleştirir (Bozkurt vd. 1995).

#### 1.1 ÇALIŞMANIN AMACI

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Matf., *Pinus nigra* Arn. gibi önemli ağaç türlerinin diri odun ile öz odun oranları ve lifsel özellikleri belirlenerek karşılaştırmaktır. Yapraklı ağaç türlerinden Kayın ve Meşe ağaçlarının öz odun, diri odun ve tüm gövde odunlarından soda yöntemiyle elde edilen kağıt hamuru ve kağıtların özellikleri belirlenecektir. Ayrıca, Göknar, ve Karaçam gibi önemli iğreli türlerinde öz odun, diri odun ve tüm gövde odunlardan Kraft yöntemiyle üretilen kağıt hamuru ve kağıtların özellikleri karşılaştırılacaktır. Böylece bu türlerin diri odun ve öz odunları kağıt özelliklerine etkileri belirlenecektir. Ülkemizde yaygın olarak kullanılan bu türlerin öz odunu ve diri odunu özellikleri ve bunların kağıt endüstrisinde kullanımı etkileri hakkında çalışma yapılmamıştır. Bu türlerimizin lif teknolojisi açısından durumu ortaya çıkarılması hedeflenmiştir. Böylece, öz odun ve diri odun oranı yönünden farklı kullanım yerlerinde daha uygun türlerin

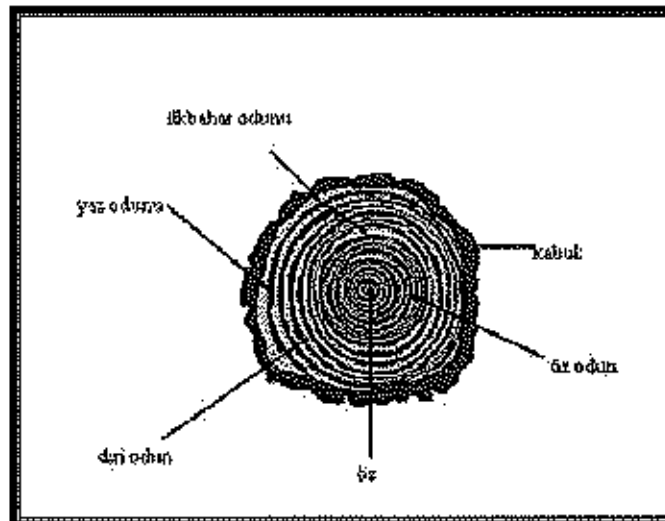
seçilmesinde yardımcı olacağını ummaktayız. Ayrıca, diğer türlerin öz odunu ve diri odunu üzerine yapılacak araştırmalara bir zemin oluşturacaktır.

## 1.2 GENEL BİLGİLER

### 1.2.1 Öz Odun ve Diri Odunun Yapısı

Ağacın bünyesinde yeni oluşan ksilem dokusu mekanik destek yanında iletim fonksiyonlarını da yerine getirir. Bir ölçüde de paranzim hücreleri sayesinde depolama görevi yapar. Ağacın odunsu kısmındaki canlı ksilem hücreler fizyolojik olarak aktif olup bu kısma diri odun adı verilir. Belirli bir süre sonra çeşitli ağaç türlerine göre farklı olarak ve büyüme şartlarına bağlı olarak canlı ksilem hücrelerinin protoplazma kısmı ölür. Bu değişimler sonucu fizyolojik olarak ölü ksilem hücrelerinden oluşan ve ağacın orta kısmında bulunan oduna da öz odunu denir. Bazı durumlarda öz odun ile diri odun arasında bir geçiş zonu olduğu belirtilmiştir. Bu geçiş zonunda canlılığını koruyan hücreler vardır. Bu hücrelerin rengi öz oduna benzemektedir. Bu nedenle, bu kısım öz odun sanılmaktadır.

Öz odun birçok bakımdan diri oduna benzer, fakat kimyasal ve fiziksel özellikleri bakımından ondan farklıdır. Bir teoriye göre, ağaçlar, yaşayan dokularında kimyasal değişikliklerle üretilen ekstraktif maddeleri dışarıya atamazlar ve bunları gövdenin ortasına doğru iletirler. Gövdenin ortasında atık maddelerin biriktirilmesi ile öz odun oluşur. Böylece gövde odununda, öz odun ve diri odun olarak isimlendirilen, özellikleri farklı iki önemli yapı ortaya çıkmaktadır. Bir ağacın enine kesitinin görünümü Şekil 1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1 Odunun enine kesiti

Diri odunun öz oduna dönüşmesi bazı organik maddelerin oluşumuyla gerçekleşmektedir. Bu maddelere öz odun maddeleri adı verilmekte olup mantar ve böceklere karşı koruyucu etkileri bulunmaktadır. Dayanıklılığı artıran bu gibi maddeler çam sedir, Meşe, Kestane ve Ceviz odunlarında yoğun olarak bulunmaktadır (Bozkurt vd. 1995). Ayrıca, yapraklı ağaçlarda traheler içinde tül oluşumu artmaktadır. Ksillem içersinde ekstraktif maddelerin oluşumu dokunun rengini koyulaştırır. Bu nedenle öz odunun koyu rengi açık renkli diri oduna göre kontrast oluşturur. Bununla birlikte, koyu rengin olmaması öz odununun olmadığını göstermez. Örneğin, Ladin, Gökmar, Tsuga ve Kavak gibi odunlarda renk belirgin değildir, ancak fizyolojik olarak ölü dokudan oluşan ve teknik olarak öz odun kısmı mevcuttur (Panshin ve De Zeeuw 1980). Belirgin olsun ya da olmasın, öz odun oluşumu ağaç türlerine göre farklı yaşlarda başlamaktadır.

Diri odun genişliği ya cm olarak ölçülerek verilir, ya da yıllık halka sayısı olarak ifade edilir. Diri odun genişliği üzerinde ağaç yaşı, yetiştirme yeri ve ağacın meşecce içersinde bulunduğu yer önemli rol oynamaktadır. Ağaç yaşı arttıkça, diri odun genişliğinin gövde hacmine katılım oranı azalmaktadır. Bu yapısal değişiklik sonunda diri odundaki yıllık halka sayısı sabit kalır. Diri odun genişliğine göre yapılan sınıflandırma ağaç türlerinin teşhisinde kullanılmakta ve ağaçlar 4 grupta toplanmaktadır (Bozkurt vd. 1995).

Diri odun çok dar < 2 cm (kestane)  
Diri odun dar 2-5 cm (Meşe, melez)  
Diri odun geniş 5-10 cm (ceviz, sarıçam)  
Diri odun çok geniş > 10 cm (dişbudak, hickory)

Öz odunun belirginliği yönünde ise özellikle Avrupa'da ağaçlar 4 sınıfa ayrılırlar.

- 1) Diri odun ağaçları: Bu odunlarda öz çevresinde canlı hücreler bulunmaktadır (kıvılağaç türleri). Ancak, bu ağaçlarda öz odunu oluşumu büyük ölçüde geciktirilmiş düşülmektedir. Öz odunu oluşumu sadece ileri yaşlarda gözlenebilir.
- 2) Olgun odun ağaçları: Bu ağaçların odunlarında öz odununda bulunan ekstraktif maddeler pigmentless olduğundan açık renkli kalırlar. Fakat bütün paranzim hücreleri ölüdür (Örneğin: Gökmar türleri).
- 3) Düzenli olarak öz odunu oluşturan ağaçlar: Bu odunlarda pigmentli ekstraktif maddeler daima paranzim hücrelerinde bulunur. Bu renk pigmentleri yalnız lümeninde değil aynı zamanda hücre çeperlerinde de bulunurlar (Meşe, Ceviz, Kiraz gibi).

- 4) Düzensiz Öz odunu olan ağaçlar: Bu odunlarda öz odunu bütün enine kesitte görülebilir veya gövdenin yalnızca bir tarafında bulunabilir. Bu odunlarda pigmentli maddeler parانشim hücrelerinde bulunabildiği halde bütün odunsu hücreler pigmentsiz kalır (dişbudak türleri gibi) (Panshin ve De Zeeuw 1980).

Öz odun oluşumunun başlaması, ağaç yaşı, toprak, iklim ve yetişme yeri şartlarına göre değişir. Örneğin; ülkemiz sarıçamlarında öz odun oluşumu 20-40 yaşları arasında başladığı halde, Güney İsveç'te 25, Kuzey İsveç'te 70 yaşında başlamaktadır. Başka bir örnek Meşeler için verilebilir. Ülkemizde ve Avrupa şartlarında doğal olarak yetişen Meşelerde diri odundaki yıllık halka sayısı 20-30 iken, Amerika'da yetişenlerde 10-15 kadardır (Bozkurt vd. 1995).

Öz odun; Ağaç türlerine göre farklı olmakla beraber genellikle 20-40 yaşları arasında oluşmaya başlar. Bosshard'a göre öz odunu koyu renkte olan türlerde fenolik bileşiklerin hücre duvarına penetrasyonu ve oradaki hemiselülozik maddeleri kaplaması sonucu odunun şişme ve daralma miktarını azaltmaktadır. Buna karşılık, öz odunu renkli olmayan türlerde fenolik maddelerin penetrasyonu olmamakta ve bunun sonucu olarak boyutsal değişim de olmamaktadır.

Öz odunu oluşumunu açıklayan iki hipotez vardır. Birinci hipoteze göre kapalı sistem içerisinde hava birikmektedir. Bu durum parانشim hücrelerinin protoplazmalarında ikincil değişimlere ve ekstraktif maddelerin oluşumuna neden olmaktadır. Bunun sonucu parانشim hücreleri ölmektedir. Bazı ağaçlardaki diri odundaki yıllık halka sayıları Tablo 1.1'de verilmiştir.

Diri odunun öz oduna dönüşmesinde parانشim hücrelerinde meydana gelen biyokimyasal değişimler öncelikle diri odunun iç kısmındaki hücrelerdeki iletim aktivitelerinde ve tedrici olarak oksijen tüketiminde azalmalar görülür.

Tablo 1.1 Bazı ağaç türlerinin diri odunundaki yıllık halka sayıları.

Ağaç Türleri	Diri Odunda Yıllık Halka sayısı
<i>Catalpa speciosa</i>	1-2
<i>Robinia pseudoacacia</i>	2-3
<i>Castanea sativa</i>	3-4
<i>Prunus serotina</i>	10-12
<i>Juglans nigra</i>	10-20
<i>Quercus spp.</i>	20-30
<i>Cornus florida</i>	30-40
<i>Pinus nigra var.</i>	40-50
<i>Betula lenta</i>	60-80
<i>Fagus sylvatica</i>	80-100
<i>Nyssa sylvatica</i>	80-100

Rudman'ın (1960) geliştirdiği ikinci hipoteze göre ağacın tepe çatısı su ihtiyacı ile gövdenin iç kısımlarındaki su ihtiyacı yılın bazı dönemlerinde azalır ve gövdenin içersinde aşırı yedek besin maddesi fotosentez ihtiyacından fazla olarak birikir. Bu koşullar altında diri odun paranzim hücrelerinde biriken nişasta hidroliz yoluyla çözülen karbonhidratlara dönüşür. Muhtemelen bunlar ekstraktif maddeler haline gelmektedir. Eğer ağaç bir tür besin maddelerini fotosentez yoluyla yeterince tüketemezse henüz genç olmasına rağmen öz odunu oluşturmaya başlar. Bu gibi türler az diri odun ve çok öz odun ihtiva ederler. Eğer bir tür besin maddelerini fotosentez yoluyla tüketmede etkili ise bu türlerde öz odun oluşumu geciktirilir veya hiç oluşmaz. Bu iki ekstrem koşullar arasındaki türler ise geniş diri odunu ve dar öz odunu bulundur (Panshin ve De Zeeuw 1980).

Diri odundan öz oduna dönüşüm sırasında görülen değişiklikler ve öz odunun sahip olduğu özellikler aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- Öz odun, özün etrafında, gövdenin orta kısmında belli bir yaştan sonra oluşan odundur.
- Öz odun genç ağaçlarda bulunmaz.
- Öz odunda ekstraktif maddeler birikir ve rutubet azalır.
- Öz odun ve diri odun arasındaki rutubet farkı, ağaç türlerine göre değiştiğinden, kurutma programları yapımında bu konu dikkate alınmalıdır. Örneğin çam, melez,

- porsuk ve douglas Gökmarında öz oduna diri odun arasında rutubet farkı fazla, Meşe, kestane, ceviz, kiraz ve yalancı akasya'da azdır.
- Öz odunda bütün paranzim hücreleri ölüür. Azotlu maddeler ve nişasta taşınması durur. Nedeni, toksik kimyasal maddelerin (ekstraktif maddelerin) birikmesi, ya da rutubet miktarının azalmasıdır.
  - İğne yapraklı ağaçlarda öz odunda geçitler aspirasyona uğrar, geçit zarı üzerinde yabancı maddeler depo edilir. Yapraklı ağaçlarda traheler tüllerle dolar.
  - Öz odun rengi, çoğunlukla diri odundan daha koyudur (ekstraktif maddelerin etkisi).
  - Öz odunun mantarlara ve böceklerle karşı dayanıklılığı artabilir (toksik ekstraktif maddelerin etkisi).
  - Öz odunda daralma miktarı azalır (hidrofobik ekstraktif maddelerin etkisi).
  - Öz odunun kurutulması ve emprenye edilmesi güçtür (tüller, aspirasyona uğrayan geçitler ve ekstraktif maddelerin etkisi).
  - Öz odun belirgin bir kokuya sahip olabilir (aromatik ekstraktif maddelerin etkisi).
  - Ekstraktif maddeler özellikle reçine, yağlar, renk maddeleri, tanenler ve mineral maddelerden meydana geldiğinden, öz odun, diri odundan daha kuru, daha ağır, daha sert, daha düşük lif doygunluğu noktası ile daha düşük higroskopisiteye sahip olup, daha değerlidir. Direnç değerleri bakımından aralarında önemli bir farklılık yoktur. Sadece ekstraktif maddelerin ağırlığı arttıkça liflere paralel yöndeki basınç direnci artmakta ve öz odun bu tip yüklemelere daha fazla karşı koyabilmektedir.
  - Öz odun gövde içersinde bir koni şeklinde gelişir. Koninin çapı ve yüksekliği ağacın hayatı boyunca bitiyüerek devam eder (Bozkurt vd. 1995).

Kambiyum zonundan öz oduna doğru hücre çekirdeğinin boyutunun ve şeklinin değişmesi, Kambiyumda yuvarlak olan hücre çekirdeği ona bitişik olan hücrelerde radyal olarak hücre çekirdeğinin boyunun uzaması gibi değişimler kambiyumdan itibaren ilk 5-10 yıllık halkada görülmektedir. Hücre çekirdeğinin boyut ve şekil bakımından daha fazla değişmesi sonucu tamamen kaybolur. Besin depolayan hücrelerin çekirdeğinin tamamen kaybolması diri odunun öz oduna dönüşüğünü gösterir.

Nişasta ve şekere gibi besin maddeleri diri odunun dış kısmından öz odununa doğru azalır. Bu besin maddelerinin azalması enzim sisteminin işleyişini bozar ve artık oksijen bırakarak



paranşim içindeki fenolik maddeleri polimerleştirir ve öz odunu koyulaştıran renkli pigmentleri oluşturur.

En dıştaki öz odunu hücreleri, paranşim hücrelerinde oluşan ekstraktif maddelerin içeri doğru hareketini engellediğinden bu maddeler diri odun-öz odun sınırında birikir ve paranşim hücrelerini öldürerek ilave öz odun oluşturur.

Ağaç malzemenin makroskopik teşhisinde öz odun yapısındaki farklılıklar nedeniyle, ağaçları dört grupta toplamak mümkündür. Özellikle Avrupa şartlarında yetişen ağaçlarda kullanılan bu ayırımı şekli, makroskopik teşhisteciler tarafından kullanılan özelliklerin en önemlilerinden biridir.

- 1) **Koyu renkli öz odunu bulunan ağaçlar:** Çam, melez, sedir, ardıç, Meşe, kestane, yalancı akasya, kiraz ve ceviz gibi ağaçlarda renk veren maddeler sadece paranşim hücrelerinin içersinde değil, aynı zamanda hücre çeperinde de mevcuttur. Bu gruba giren bazı ağaç türlerinde zaman zaman koyu renkli öz odun bulunduğu gibi, bazen de bulunmayabilir. Bunlara yalancı öz odunlu ağaçlar, ya da koyu renkli öz odunu her zaman bulunmayan ağaçlar adı verilmektedir. Kayında kırmızı yiterek, dışbudakta esmer öz odun oluşumu bu gruba girmektedir. Bu ağaçlarda renk veren maddeler sadece paranşim hücrelerinin içini doldurmakta, odunsu hücreler içersinde bulunmaktadır.
- 2) **Öz odun + olgun odun özelliğindeki ağaçlar:** Bu ağaçların enine kesitlerinde orta kısımda koyu renkli öz odun bulunmakla birlikte, öz odunun çevresinde öz odundan daha açık renkli, rutubeti diri odundan daha az ve az miktarda yaşayan paranşim hücreleri içeren, yani öz odun özelliklerine yakın özellikte bir olgun odun tabakası yer almaktadır. Bu durumda gövdenin ortasındaki koyu renkli öz odunun çevresinde, ekstraktif maddeleri açık renkte ve hemen hemen bütün paranşim hücreleri ölmüş olan bir kısım bulunmaktadır. Karaağaç ve bazen dışbudak bu gruba girmektedir.
- 3) **Olgun odun özelliğindeki ağaçlar:** Bunlara öz odunu açık renkli ağaçlar da denmektedir. Açık renkli ekstraktif maddelere sahip olduklarından, öz odunları açık renklidir. Bu ağaçlarda öz odun kısmı, diri odundan daha az rutubet içermekte ve

hemen hemen tüm paranzim hücreleri canlılığını yitirmektedir. Bu gruba giren ağaçlara örnek olarak ladin, Göknar, ıhlamur, armut, bazca Kayın verilebilir.

- 4) **Diri odun özelliği gösteren ağaçlar:** Bu ağaç türlerinde enine kesitin orta kısmı ile dış kısmı arasında ne renk, ne de rutubet farkı vardır. Öz odun bölgesinde bazı canlı paranzim hücrelerine rastlanabilir. Titrek kavak, huş, akçaağaç, kızılbaş ve gürgen gibi ağaç türlerini içeren bu gruba, öz odun oluşumu gecikmiş ağaçlar da denmektedir.

### 1.2.2 Öz ve Diri Odunun Kimyasal Yapısı

Öz odunda bulunan organik maddeler son derece değişik ve karmaşıktır. Öz odununda bulunan ekstraktiflerin orijini yeterli bir şekilde açıklanamamıştır. Normal öz odunun karakteristik renkleri ekstraktiflerin depolanmasından kaynaklanıp sarımtırak, turuncu, kırmızı, kahverengi tonlardadır. Bazı durumlarda öz odunun rengi mobilyacılıkta kerestenin değerini artırır (Kiraz, Ceviz, Meşe, Camiyani Karaçamı gibi). Öz odununda ekstraktif maddelerin bulunması bazı yapraklı ağaçlarda tül oluşumuna veya geçit aspirasyonuna neden olarak öz odunu geçirgenliğini azaltırlar. Bu durum kağıt hamuru üretiminde pişirme çözeltisinin hücreye penetrasyonunu zorlaştırmaktadır. Aynı zamanda emprenye ve kurutma işlemlerini de zorlaştırır. Diğer taraftan geçirgenliğin azalması beyaz Meşe gibi bazı yerlerinde (fiç yapımı) kullanıma daha uygundur. Öz odunu mantarlar ve böcekler karşı diri odundan daha dayanıklıdır. Geçirgenliğin azalması oduna hava ve nemin girişini kısıtladığından mantar gelişmesi engellenir. Bununla birlikte, esas neden mantarlara ve böcekler karşı zehirli etki yapan ekstraktif maddelerdir. Odunun dayanıklılığı ekstraktif maddelerin miktarına ve zehirlilik oranına bağlıdır (Panshin ve De Zeeuw 1980).

Ekstraktifler nedeniyle öz odunu aynı rutubet oranında diri odundan daha ağırdır. Bununla birlikte, özellikle ibrelili ağaçlarda taze diri odun %200 kadar rutubet içerebildiğinden öz odundan daha ağır olabilir. Dişbudak, karaağaç, Meşe, ceviz, kavak, huş gibi bazı yapraklı ağaçların öz odunu diri odundan daha yüksek rutubet ihtiva edebilir. Bu ağaçlarda rutubet oranı diri odunun iç kısmından öz odunu sınırına doğru birden yükselir. Öz odununda su hareketleri olmadığından rutubet oranı belirgin şekilde değişmez (Hillis 1968).

Kağıt hamuru üretiminde öz odununda yüksek oranda ekstraktif bulunması hamurun istenilen değerde ağırtılmasını zorlaştırır ve ilave kimyasal madde kullanılmasını gerektirir. Tancen gibi

asidik ekstraktiller metallerin korozyonuna neden olabilir. Eğer öz odunu ekstraktifleri çok koyu renkli ise onların hamurda kalması halinde kağıdın kullanımını sırasında sararma tehlikesi vardır. Hamurda kalan ekstraktifler ayrıca kağıdın su emiciliğini de azaltır (Kırcı 2000).

Gövdenin içersinde öz odunu kabaca konik şekildedir. Öz odunu oluşumu başladıktan sonra öz odunun çapı ve yüksekliği artmaya devam eder. Diğer taraftan öz odunu oluşumu her yıl düzenli olarak mı? veya periyodik olarak mı? meydana geldiği bilinmemektedir. Diri odunun genişliği çeşitli ağaç türlerinde aynı ağacın yüksekliğine göre santimetre veya yıllık halka sayısı olarak verilmektedir. Aynı ağaç türünde diri odun genişliği ağacın meşecre içindeki baskın olması durumuna bağlı olup daha kuvvetli olan ağaçlar daha geniş diri oduna sahiptir. Aynı gövde içersinde ise diri odun ağacın tepce kısmında daha geniş, taban kısmında ise daha dardır. Diğer bir deyişle ağacın çapı arttıkça diri odun oranı azalmaktadır. Diri odun oranı ağaç türlerine göre bitytik ölçüde değişmektedir. Örneğin Cumiyanı Karaçamı, Akasya, Ceviz dar diri oduna, Karaçam, Kızılçam, Gökmar, Huş ise geniş diri oduna dar öz oduna sahiptir.

Görünüşte öz oduna benzeyen diri odun içindeki bazı patolojik oluşumlar paranzim hücrelerinin diri odun içinde erken ölmesinden ileri gelmektedir. Ölü hücreler içeren dokuların rengi koyulaşır ve normal öz odununa benzer. Bu tip anormalliklerin nedeni çoğunlukla ağacın yaralanmasından kaynaklanıp bu oduna yaralı öz odun denir.

Yalancı öz odunu ise ekseriya gövdenin içinde oluşur normal öz odunu gibi koyu renkli değildir. Bunun nedeni ölü dallardan bulaşan mantar enfeksiyonu olup canlı paranzim hücrelerinin ölmesi sonucu meydana gelir. Hücrelerin ölmesiyle kahverengi renk alır ve tül teşekkülünü tahrik eder. Bu gibi hallerde yeni başlamış çürümeye durur ve etkilenen odun normal sağlamlığını ve dayanıklılığını muhafaza eder, sadece görünürde renk değişimi olur. Yalancı öz odunlardaki renk değişimi gri-yeşil, kahverengi veya kırmızı-kahverengidir. Yalancı öz odunu genellikle, Kayın, Huş, Akçaağaç, Kavak, Titrek Kavak, Çam gibi ağaç türlerinde görülür.

Bazen öz odunu içersine giren açık renkli diri odun oluşumları da görülebilir. Bu dokulara içerclek diri odun denir. Bu dokular canlı hücreler ihtiva eder. İçerclek diri odun herhangi bir ağaç türünde görülebilir ve en çok *Juniperus virginiana* L. ve *Thuja plicata* Donn. da görülmektedir (Panshin ve De Zeeuw 1980).

Kağıt endüstrisi ve diğer odun endüstrilerinde öz odununun miktarı ve özellikleri çok önemli etkiye sahip olmasına rağmen orman amenajmanı ve silvikültürde bu faktör hiç dikkate alınmamaktadır. Orman endüstrisinde geniş ölçüde kullanılan türlerin öz odun özellikleri ve içersinde ekstraktiflerin birikme miktarı aynı zamanda bu odunların kullanılışı ve kâğıt hamuru üretimine etkileri hakkında çok az araştırma yapılmıştır. Odunsu maddelerin kimyasal yapısı ve morfolojik yapısı karmaşık olup fiziksel ve kimyasal özellikleri heterojendir. Bu heterojenlik miktarının iyi bilinmesi hem masif odunun kullanım yerleri için, hem de kağıt hamuru üretimi için önemlidir (Broğlu 1990).

### 1.3 SÜLFAT (KRAFT) HAMURU ÜRETİMİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Soda pişirme çözeltilisine sodyum sülfür ilavesiyle yapılan pişirmelerde delignifikasyonun hızlandığı görülmüştür. Daha sonraları sülfat yöntemi ismini alan bu gelişme ile ilgili ilk patent A.B.D’de Eaton tarafından alınmıştır. Alman F. Dahl 1979 yılında sülfat yönteminin geliştirilmesi üzcrine çalışmıştır. Dahl çalışmalarını yöntemin ekonomisi üzerinde yoğunlaştırarak Kraft yönteminde kaybolan sülfürün sodyum sülfat, alkalinin ise sodyum karbonat ile telafi edilebileceğini keşfetmiş ve konu ile ilgili patentini 1884 de almıştır (Kırcı 2006).

Çalışmaları Almanya’da fazla ilgi görmeyen Dahl İsveç’e giderek 1885’de Jonköping’de iğne yapraklı ağaç odunu yongalarından kağıt hamuru üreten ilk sülfat hamuru fabrikasının kurulmasında öncülük etti. Elde edilen hamurlar o zamana kadar odundan elde edilen hamurlara göre oldukça mukavemetli olduğundan bu yöntem ve hamura Almanca ve İsveççe’de “sağlam” anlamına gelen Kraft ismi verilmiştir (Kırcı 2006).

Alkali yöntemle ile kağıt hamuru üreten ilk fabrikalar aynı yıllarda geliştirilen sülfat yöntemi ile rekabet halinde idiler. Sülfat hamurları soda hamurlarına göre daha sağlam ve daha açık renkli ve daha ucuza elde edilebiliyordu. Bu yüzden soda yöntemi ile çalışan ilk fabrikalar ya pişirme çözeltilisine düşük oranda  $Na_2S$  ilave edecek yalnızca yapraklı ağaç odunlarını veya yıllık bitkileri işleyerek, ya da Kraft yöntemine dönerek hamur kalitesini artırmışlardır.

Alkali pişirme yöntemlerinin bundan sonraki ilerlemesi, geri kazanma sistem ve ekipmanlarının gelişimine ve yeni ve etkili ağartıcı kimyasalların keşfi ve ticari üretimlerinin yaygınlaşmasına bağlı kalmıştır. 2. Dünya Savaşının sonrasında modern geri kazanma

fırınlarının geliştirilmesi ile birlikte klordioksitin keşfi ve kağıt hamurunun ağartılmasında yaygın olarak kullanılmaya başlamasından sonra sülfat (Kraft) yöntemiyle çalışan fabrikaların sayısı ve üretim kapasiteleri hızla artmıştır. Sülfat yönteminin bu hızlı gelişiminc neden olan belli başlı avantajları şunlardır (Kırcı 2006):

- Bütün odun türleri hammadde olarak değerlendirilebilir.
- Pişirme süresi kısadır.
- Hamur yüksek direnç özelliklerine sahiptir.
- Atık çözelti (Siyah çözelti) içinde pişirmede kullanılan kimyasal maddeleri geri kazanmak kolaydır.

Kağıt hamuru üretimi sırasında Tall-oil ve sülfat terebantın yağı gibi reçine kaynaklı kıymetli yan ürünler de elde edilmektedir. Bununla birlikte Kraft yöntemiyle kağıt hamuru üretiminde birtakım dezavantajları da söz konusudur.

### **1.3.1 Kimyasal Kağıt Hamuru Üretimi Sırasında Meydana Gelen ve Verim Kaybına Neden Olan Reaksiyonlar**

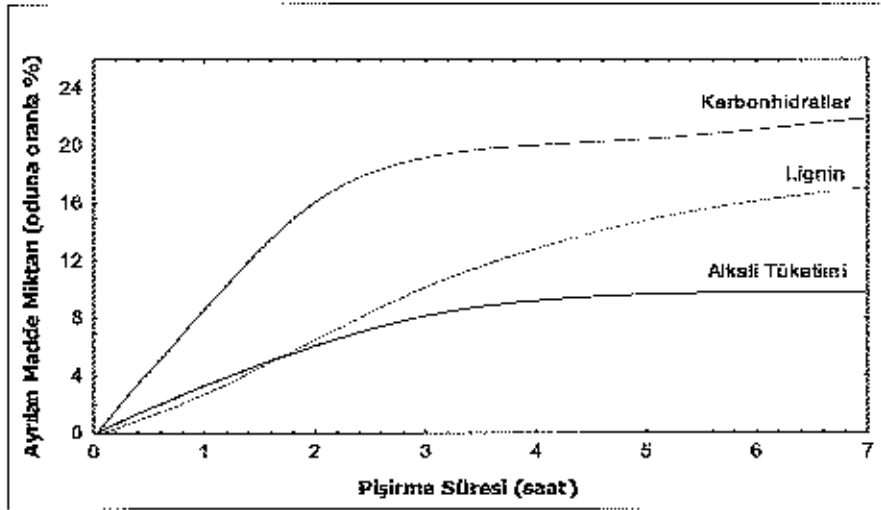
Kraft (sülfat) pişirmesinin temel amacı; ligninin odun ve yıllık bitki yongasından çözünerek uzaklaştırılmasıdır (delignifikasyon). Ancak sülfat pişirme çözeltisi ile karbonhidrat kısmından kayıp vermeden kağıt hamuru üretmek mümkün değildir. Özellikle düşük molekül ağırlığına sahip alkaliye dayanıksız hemiselüloz fraksiyonları pişirmenin henüz başlarında pişirme çözeltisi içersine geçer (Kırcı 2006).

Hemiselülozların büyük bir kısmı delignifikasyon reaksiyonları başlamadan önce odun ve yıllık bitki yongasından uzaklaşır. İğne yapraklı ağaç odunundaki galaktoglukomannan en erken pişirme çözünmeye başlayan hemiselülozlardandır. Sıcaklık 130 °C'ye ulaştığında galaktoglukomannan'ın önemli bir kısmı çözeltiye geçerken çok az bir kısmı kararlı hale gelerek hamur içersinde kalır.

Ksilan türü hemiselülozların 140 °C'm altında çözünmesi yavaştır. Sıcaklık ve alkali konsantrasyonu artırdıkça ksilanların çözünmesi hızlanır. Çünkü ksilanlar parçalanmamış polimer zinciri olarak ayrılmaya eğilimlidir. Pişirme sıcaklığının artışı ve alkali konsantrasyonunun düşmeye başlamasıyla ksilan ayrılması yavaşlar. Pişirmenin ileri

evrelerinde (pH'nın 12,5'in altına düşmesi) çözelti fazına geçen ksilanların tekrar lif üzerine çökmesi (reabsorpsiyon reaksiyonu) meydana gelir. Çökelen ksilanların %20'sinin alkalide tekrar çözünmediği tesbit edilmiştir (Fengel ve Wegener 1989).

Selüloz alkali atağına karşı en dayanıklı polimer olmasına karşın Kraft pişirmesi sırasında odundaki selülozun yaklaşık olarak %5'i çözünüp pişirme çözeltisine geçmektedir. Selülozun parçalanma reaksiyonları 120-130 °C sıcaklıkta başlar ve sıcaklığın yükselmesi ile artar. Maksimum pişirme sıcaklığına (170 °C) çıkıldığında selülozdaki bozunma tedrici olarak yavaşlar. Kalıntı delignifikasyon fazında selülozun bozunma reaksiyonu oldukça yüksek bir seviyeye ulaşır. Öyle ki bu evrede selüloz, yüzeyine tutunan ligninle birlikte çözünür (Fengel ve Wegener, 1989). Böylece sülfat pişirmesinin kuvvetli alkalen ortamında ve maksimum pişirme sıcaklığına erişildiği ve delignifikasyon reaksiyonlarının çok sınırlı geliştiği "başlangıç delignifikasyonu fazında" hammadde ağırlığının %20'sine yaklaşan ve çoğunlukla hemiselülozlardan kaynaklanan önemli verim kaybı söz konusudur (Şekil 1.2).



Şekil 1.2 Çamın Kraft yöntemiyle pişirilmesi sırasında, işlem süresine göre bağlı alkali tüketimi, karbonhidrat kaybı ve delignifikasyonun seyri (Christensen 1981).

Sülfat pişirmesi sırasında meydana gelen karbonhidrat bozunma reaksiyonlarını üç grup altında toplamak mümkündür:

1. Soyulma reaksiyonları
2. Hidroliz reaksiyonları
3. Oksidasyon reaksiyonları

### 1.3.1.1 Soyulma Reaksiyonları

Alkalinin etkisiyle 80-100 °C sıcaklıkta meydana gelen reaksiyonlara soyulma reaksiyonları denir. Alkalin koşullarda polisakkarit zincirinin indirgen ucundan başlayan soyulma reaksiyonu ile monomerler ana zincirden birer birer ayrılır. Birincil soyulma denilen bu reaksiyon sonucunda verim kaybı ve polimerleşme derecesinde (DP) düşüş meydana gelir. Soyulma reaksiyonu polisakkarit zincirinin indirgen ucunda meta-sakkarinik asit uç grubu oluşuncaya kadar (durdurma reaksiyonu) devam eder ve sonuçta zincir kararlı hale gelir (Hafizoğlu 1982).

Soyulma reaksiyonu polisakkarit zincirinin indirgen ucunda meta-sakkarinik asit uç grubu oluşuncaya kadar (durdurma (stopping) reaksiyonu) devam eder ve sonuçta zincir kararlı hale gelir (Kırcı 2006). Alkalin koşullarda polisakkaritlerin en belirgin reaksiyonu indirgen uç gruptan başlayan soyulma reaksiyonudur. Bu reaksiyon daha düşük sıcaklıklarda da meydana gelmektedir, fakat reaksiyon hızları ancak 80–100 °C’de belirli bir düzeye ulaşmaktadır (Hafizoğlu 1982).

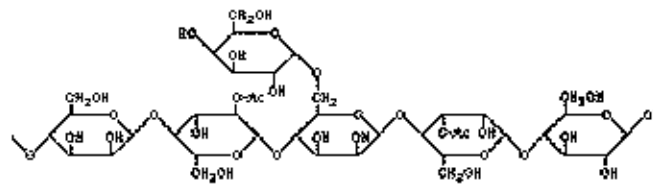
Aşağıda Şekil 1.3’de görüldüğü gibi selülozun soyulma reaksiyonunda uçtaki glukoz birimi alkalin koşullarda fruktoz tipine izomerize olur. Bu da  $\beta$ -alfoksi eliminasyonu ile koparak ayrılır. Aynı zamanda indirgen bir yeni uç grubu deoksi bir bileşik meydana gelir. Alkalin koşullarda bu deoksi bileşik izomerizasyon yoluyla izosakkarinik aside dönüşür, fakat önemli bir kısmı da fragmentasyonla özellikle yüksek sıcaklıkta gliseraldehid verir. Gliseraldehit de çeşitli reaksiyon evreleri sonucu süt asidine dönüşmektedir (Hafizoğlu 1982).

Birçok araştırmada ortaya konulmuştur ki zincirin stabilizasyonundan önce selülozun soyulma reaksiyonunda 45–65 zincir ünitesi koparak ayrılır. Genellikle bunun soyulma ve stabilizasyon reaksiyonları arasındaki reaksiyon hızı farkından kaynaklandığı kabul edilmektedir (Hafizoğlu 1982).

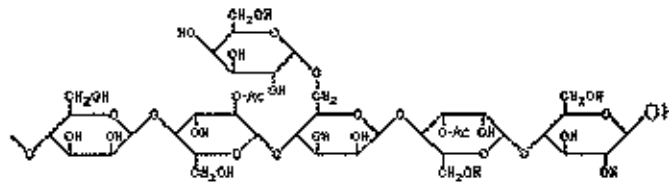
Alkalin şartlarda, soyulma (peeling) mekanizması nedeniyle, 30–100 ünite şeker ayrılır. Bu noktadan sonra ikinci bir mekanizma soyulma (peeling) mekanizmasını durdurur. Sonuç olarak soyulma (peeling) süreci er geç durur. Soyulma reaksiyonunu sona erdiren durdurma reaksiyonu soyulma reaksiyonu ile yarış halindedir. Durdurma reaksiyonundaki  $\beta$ -alfoksi eliminasyonu yerine  $\beta$ -hidroksi eliminasyonu meydana gelir. Meydana gelen 3-deoksioson strüktürü metasakkarinik asit strüktürüne değişir. Reaksiyon koşullarının soyulma

reaksiyonuna etkisi fazladır. Araştırma sonuçları göstermiştir ki düşük sıcaklık ve düşük alkali konsantrasyonu izosakkarinik asit oluşumunu kolaylaştırmaktadır. Sübstitüentlerin ve farklı bağların soyulma reaksiyonu üzerindeki etkisi oldukça fazladır. Örneğin 2-3 bağlı polisakkaritlerin B-eliminasyonu doğrudan doğruya olur ve metasakkarinik asit uç grubunun oluşumu olanaksızdır (metasakkarinik asit, kopup ayrılan birimlerden oluşur). Benzer olarak iğne yapraklı odunlardaki arabinoglukuronoksilanın stabilizasyonu da bununla olur. Arabinoz birimi ksilan zincirine 1-3 biçiminde bağlanmış olup  $\beta$ -eliminasyonuyla kolayca kopar ve ksilan zincirinin uç birimi böylece 3-deoksipentonik asit (ksilometasakkarinik asit) halinde stabilize olur. Bu reaksiyon iğne yapraklı ağaçlardaki ksilanın yüksek alkali stabilizasyonunu açıklamaktadır. Hem iğne yapraklı hem de yapraklı ağaç ksilanı 1-2 bağıyla ksilan zincirine bağlanmış 4-O-metilglukuronik asit grubunu taşımaktadır. Ayrıca C2' ye bağlanmış olan sübstitüent de zincirin soyulmasını 100 °C'nin altında frenlemektedir. Fakat ksilanın üronik asit birimleri pişirme sırasında parçalanmaktadır. C6'daki sübstitüent (örneğin galaktoglukomannandaki galaktoz) soyulmayı etkilemez (Hafizoğlu 1982).

Sülfat pişirmesinde soyulma reaksiyonunun önemi daha fazladır. Selüloz için belirli bir verim kaybı söz konusudur. Kısa zincir uzunluğu ve amorf bir yapı nedeniyle glukomannan açısından bu kayıp daha büyüktür. Ksilan, glukomannana göre daha stabildir. Özellikle yapraklı ağaç ksilanının yüksek verimi onun tekrar lifler üzerinde yeniden adsorpsiyonundan kaynaklanır (Hafizoğlu 1982).



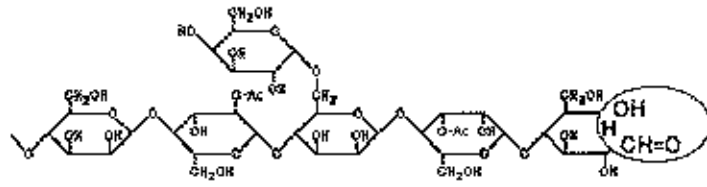
a. Galaktoglukomannan molekülü.



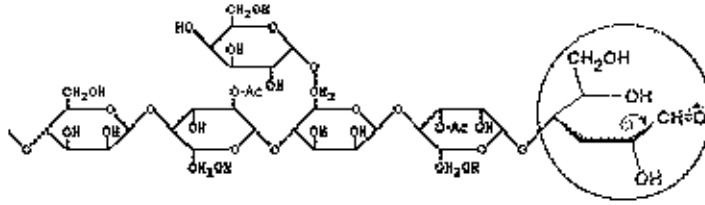
b. Soyulma mekanizması.

Şekil 1.3 Selülozun soyulma reaksiyonu.

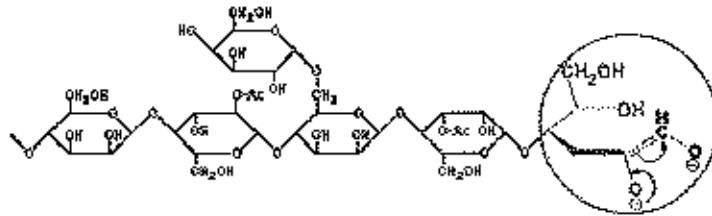




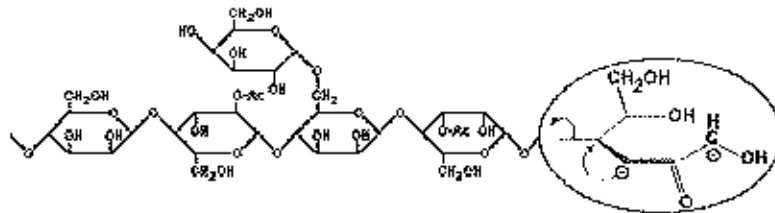
c. Soyulma mekanizması.



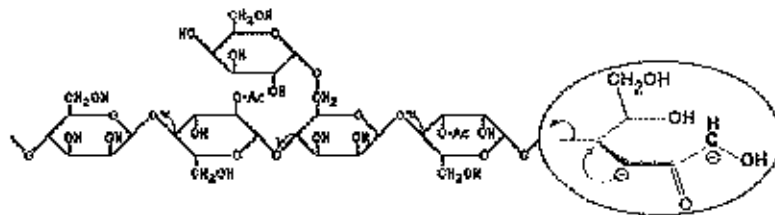
d. Soyulma mekanizması.



e. Soyulma mekanizması.

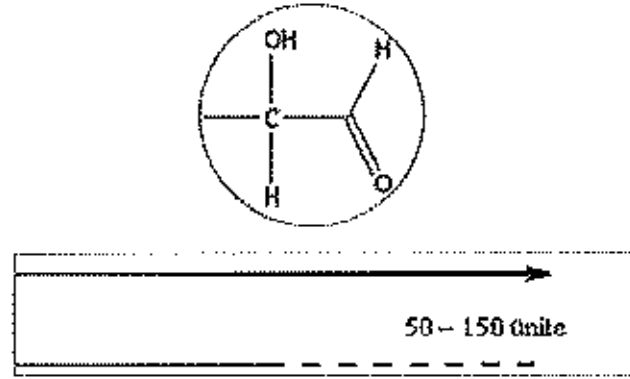


f. Soyulma mekanizması.



Şekil 1.3 (devam ediyor).

g. Soyulma mekanizması.



h. Soyulma (peeling) reaksiyonunun bitişi.

Şekil 1.3 (devam ediyor).

Bu mekanizma hem hemiselülozu hem de selülozu etkiler. Ama hemiselüloz selülozdan daha fazla etkilenir, çünkü onların şeker ünitesi (50-100 ünite) daha kısa ve daha zayıftır. Hemiselülozların yapısında ki gulukomannazlar 100 °C 'a gelmeden hemen hemen tümüyle degrade olurlar. Bunun aksine, ksilozlar gulukomannazlardan daha dirençlidirler, çünkü daha farklı ve karmaşık bir yapıları vardır (Lachenal 1976).

Selüloz alkali atığma karşı en dayanıklı polimer olmasına karşın Kraft pişirmesi sırasında odundaki selülozun yaklaşık olarak %5'i çözünüp pişirme çözeltisine geçmektedir. Selülozun parçalanma reaksiyonları 120-130 °C sıcaklıkta başlar ve sıcaklığın yükselmesiyle artar. Maksimum pişirme sıcaklığına (170 °C) çıktığında selülozdaki bozulma tedrici olarak yavaşlar. Kalıntı delignifikasyon bazında selülozun bozulma reaksiyonu oldukça yüksek bir seviyeye ulaşır. Öyle ki bu evrede selüloz, yüzeyine tutunan ligninle birlikte çözünür (Fengel ve Wegener 1989; Kırıcı 2006).

Soyulma reaksiyonları gerek hemiselüloz gerekse selüloz zincirinde gerçekleşmekle birlikte hemiselüloz zinciri selüloz zincirinden daha kolay çözünür. Soyulma hızlarını hemiselülozların molekül yapıları ve bu yapıyı oluşturan monomer türü önemli ölçüde etkiler (Fengel ve Wegener 1989; Kırıcı 2006).

### 1.3.1.2 Hidroliz Reaksiyonları

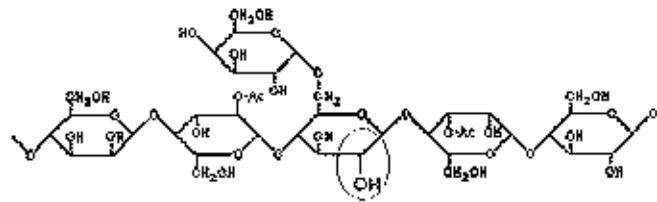
Selüloza zarar veren asıl reaksiyon alkalin reaksiyondur. Kraft pişirmesi esnasında karbonhidratlara zarar veren mekanizmalardan ikincisi alkalin hidrolizdir. Pişirme

sıcaklığının 150 °C'm üzerine çıkmasıyla alkaleen hidroliz reaksiyonları da başlar. Alkaleen hidroliz polisakkarit zincirini koparıp DP'de azalma meydana getirmenin yanında, molekül zincirinde soyulma reaksiyonuna karşı hassas yeni indirgen uç gruplarının oluşmasına sebep olur. Dolayısıyla alkaleen hidroliz reaksiyonlarını çoğu kere ikincil soyulma reaksiyonları takip eder (Kırcı 2006).

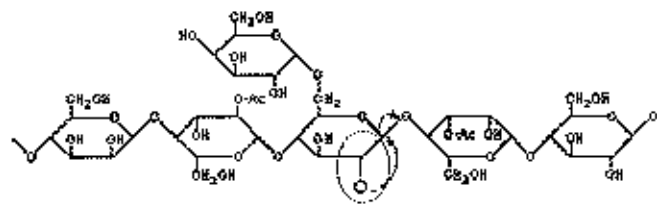
Asidik hidrolize göre polisakkaritlerin alkaleen hidrolizi çok yavaş olmaktadır. Selülozun alkaleen hidrolizinde önemli ölçüdeki zararlı etkiler ancak sülfat pişirme koşullarında 150 °C'dan daha yüksek sıcaklıklarda görülür. Böyle bir hidroliz hızı örneğin soyulma reaksiyonuna kıyaslandığında, çok küçük olarak saptanmıştır (Hafızoğlu 1982).

Pişirme sıcaklığının 150 °C'm üzerine çıkmasıyla alkaleen hidroliz reaksiyonları da başlar. Alkaleen hidroliz polisakkarit zincirini koparıp DP'de azalma meydana getirmenin yanında, molekül zincirinde soyulma reaksiyonuna karşı hassas yeni indirgen uç gruplarının oluşmasına sebep olur. Dolayısıyla alkaleen hidroliz reaksiyonlarını çoğu kere ikincil soyulma reaksiyonları takip eder. Selüloz molekülünde hidroliz olursa molekülün zincir uzunluğu kısalmır ve boyutu azalır. Bu durum tabii olarak selülozun çözünürlüğünü artırır.

Yüksek karbonhidrat kaybı yalnızca soyulma (peeling) reaksiyonu (ilk soyulma) ile izah edilemez. Alkaleen hidroliz mekanizmasının yüksek sıcaklıktaki (130 °C ve üstü) karbonhidratlarda meydana getirdiği etki Şekil 1.4'de gösterilmiştir.

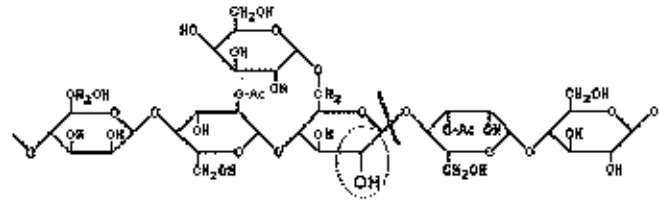


a. Alkaleen hidroliz.

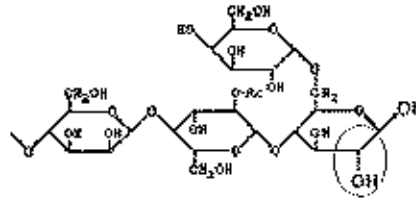


b. Alkaleen hidroliz.

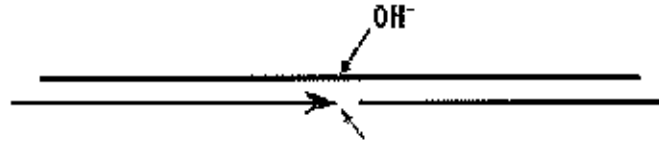
Şekil 1.4 Soyulma reaksiyonu.



c. Alkalen hidroliz.



d Alkalen hidroliz.



c. Soyulma reaksiyonunun tekrar başlaması (ikinci soyulma reaksiyonu)

Asıl yüksek alkalili soyulma mekanizması budur.

Şekil 1.4 (devam ediyor).

Soyulma reaksiyonları gerek hemiselüloz gerekse selüloz zincirinde gerçekleşmekle birlikte hemiselüloz zinciri selüloz zincirinden daha kolay soyulur. Soyulma hızını hemiselülozların molekül yapıları ve bu yapıyı oluşturan monomer türü önemli ölçüde etkiler. Örneğin huş odunu ksilanlarında bulunan galakturonik asit yan grupları zinciri stabilize ederek soyulmaya karşı korumaktadır (Fengel ve Wegener 1989).

Pisirme ortamında hava ve oksijen bulunuyorsa oksitleme reaksiyonlarının oluşması da kaçınılmazdır. Monosakkarit birimindeki 2 ve/veya 3 nolu karbon atomunun karbonil grubuna dönüşmesi ile başlayan oksidasyon reaksiyonu zincir kopması (oksidatif depolimerizasyon) ve ardından soyulma reaksiyonuna karşı hassas yeni indirgen uçların meydana gelmesi ile sonuçlanabilir. Bazı durumlarda oksidatif ortamda aldonik asitler meydana gelerek, polisakkarit zincirini kararlı hale de getirebilir (Fengel ve Wegener 1989).

Sülfat pişirmesi sırasında meydana gelen başlıca reaksiyon tipleri ve sonuçları ile bu reaksiyonların hamur kalitesi üzerinde gösterdiği etkiler Tablo 1.2’de özetlenmiştir.

Tablo 1.2 Sülfat pişirmesi sırasında meydana gelen reaksiyonlar, sonuçları ve elde edilen hamurun kalitesi üzerine etkileri.

No	Reaksiyon	Sonuçları	Hamur Kalitesine Etkisi
1	Alkalele şişme	Polisakkaritlerin reaksiyon verme yetenekleri (aksesibilitesi) artar	Önemsiz
2	Asidik yapıların nötralleşmesi	Hemiselülozlardaki uronik asitler, reçine ve yağ asidi formundaki ekstraktifler nötralleşir. Na <sup>+</sup> tüketilir	Dışık oranda verim kaybı olur
3	Ester yapılarının hidrolizi	Hemiselülozdaki asetil grupları, ekstraktiflerdeki yağ asidi esterleri sabunlaşarak ayrılır. Bu sırada Na <sup>+</sup> tüketilir.	Hamur verimi düşer
4	Hemiselülozların tekrar lifler üzerinde tutunması	Pişirme çözeltisine geçen ksilan türeli hemiselülozlar stabilize olarak lifler üzerine çöker.	Hamur verimi artar
5	Soyulma reaksiyonu	Polisakkarit zinciri indirgen uçtan başlamak üzere kopar. Oluşan izo-sakkarinik asidin nötralleştirilmesinde Na <sup>+</sup> tüketilir	Hamurun verimi ve selülozun DP’si düşer.
6	Durdurma reaksiyonu	İndirgen uç gruplar meta-sakkarinik asit formunda stabilize olur. Asidi nötralleştirmede Na <sup>+</sup> tüketilir.	Soyulma reaksiyonuna bağlı verim düşmesi ve DP’deki azalma durur.
7	Alkalele hidroliz	5 ve 6 nolu reaksiyonları başlatacak yeni indirgen uç grupları oluşur.	Selülozun DP’si düşer
8	Polisakkaritlerin oksidasyonu	Oksijenin varlığında karbonil ve karboksil grupları oluşur. İleri aşamalarda polisakkarit zinciri kopar. 5 ve 6 nolu reaksiyonları başlatacak yeni uç grupları oluşur. Alkali tüketilir.	Hamur verimi ve selülozun DP’si düşer
9	Ligninin Hidrolizi	Lignin molekülleri parçalanır ve bozunur. Meydana gelen zayıf asidik yapıları fenolik bileşikler alkaliyi tüketir.	Delignifikasyon derecesine bağlı hamur kalitesi artar. Ağartma masrafları azalır.

Tablo 1.2’de açıkça görüldüğü gibi karbonhidrat reaksiyonlarında uç gruplar soyulma reaksiyonu ile izo-sakkarinik aside, durdurma reaksiyonu ile meta-sakkarinik aside dönüşmektedir. Meydana gelen asidik yapıların nötralleştirilmesinde sodyum iyonlarına gerek duyulur. Bazı hemiselüloz yapısında bulunan asetil gruplarının sodyum asetat formunda uzaklaştırılması için de alkaliye ihtiyaç duyulur. Ekstraktiflerin içerdiği asidik yapıları bazı bileşiklerin sabunlaştırılmasında da alkali tüketilir. Sonuçta, ağartılabilir özellikte bir sülfat hamuru üretiminde, çözeltideki alkalinin büyük bir kısmı (%75’i) yukarıda zikredilen reaksiyonlarda kullanılırken, ancak %25’i amaçlanan delignifikasyon reaksiyonlarında tüketilmektedir. Yaklaşık bir hesap yapılırsa, tam kuru oduna oranla %16 oranında alkali kullanıldığında bu miktarın yalnızca %4’ü lignin reaksiyonlarında; %12’si ise çoğunlukla karbonhidratlarla olan ikincil (zararlı) reaksiyonlarda tüketilir (Christensen 1981).

Kraft pişirme çözeltisi, ligninin  $\alpha$ - ve  $\beta$ -aril eter bağları ile metoksil grubu içeren alkil-arileter bağlarının büyük çoğunluğunu koparır. Meydana gelen lignin fragmentleri zayıf asidik bir yapı gösterir ve alkali çözelti içerisinde çözünür.  $-SH-$  grupları ayrıca nükleofilik özelliği sebebiyle  $\alpha$ -karbonu ile reaksiyona girerek lignin fragmentlerinin kondensasyon (tekrar birleşme) reaksiyonlarına girmesini engellerler (Christensen 1981).

#### 1.4 SODA (NaOH) HAMURU ÜRETİMİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Soda yöntemi 1851 yılında Burgess ve Watts tarafından İngiltere' de icat edilen ve pişirme kimyasalı olarak sodyum hidroksit kullanılan bir kimyasal kağıt hamuru üretim yöntemidir.

Bu yeni proses İngiltere' de çok az bir ilgi gördüğü için Burgess 1854 yılında bu metodu A.B.D.' ne götürmüştü ve ilk soda yöntemi ile çalışan kağıt fabrikası 1866 yılında kurulmuştur. Kraft yönteminin keşfedilmesinden sonra soda yöntemi ile çalışan fabrikaların birçoğu Kraft yöntemine dönüştürülmüştür. Soda yöntemi hâla yıllık bitkiler ve sert odunlar gibi kolayca kâğıt hamuru haline dönüştürülebilen maddeler için sınırlı bir şekilde kullanılmaktadır. Bu metotta antrakinon karbonhidrat degradasyonunu azaltmak için katkı maddesi olarak kullanılabilir. Soda yönteminde pişirme esnasında oksijenin kullanımı son gelişmelerden biridir (Biermann 1996).

Soda yönteminde geri kazanma daha basit olmaktadır. Sülfat yönteminde  $Na_2S$  maddesi kullanıldığından pişirme ve geri kazanma sırasında çıkan mercaptanlar ve  $H_2S$  atmosfere bırakıldığından hoş olmayan koku yayılmaktadır. Ayrıca sülfat yönteminde kullanılan kimyasal maddelerin aşındırıcılık özellikleri de vardır. Bu nedenle son yıllarda yıllık bitkilerde soda yöntemi kullanılmaya doğru bir meyil vardır. Ayrıca bazı hallerde soda yöntemi ile elde edilen kağıt hamurundan daha az ağartma maddesi kullanılarak yüksek parlaklık derecesi elde edilmektedir (Eroğlu 1980).

Soda yöntemi hava kirlenmesi yapmamakta, fakat Kraft yöntemine oranla kağıt kalitesi ve verim daha düşük, aynı delignifikasyon oranına erişmek için pişirme süresi daha uzun olmaktadır (Eroğlu 1990).

Soda yönteminde genellikle yapraklı ağaç odunları kullanılır. Bunun nedeni ise iğne yapraklı odunların pişirilmesi yapraklı ağaçlarınkine göre daha uzun süre (6-7 saat) ve daha şiddetli

şartlara gerek duyulmaktadır. Soda yöntemi ile iğne yapraklı ağaç odunlarından üretilen hamurlar sülfat ve sülfat yöntemi ile üretilen hamurlara oranla daha zayıftır. Yapraklı ağaçlardan soda yöntemi ile elde edilen kağıt hamurlarının lif boyu kısa ve mukavemet özellikle düşüktür. Ancak bu hamurlardan matlığı yüksek (opaklık), hava geçirgenliği yüksek, oldukça yumuşak ve düzgün yüzeyli baskı kağıtları elde edilir.

Yıllık bitkilerden kağıt hamuru üretmek amacıyla kurulan fabrikalarda çoğunlukla soda yöntemi tercih edilmektedir. Bunun nedeni pişirme kimyasallarının ve ısının etkili bir şekilde geri kazanabilmesinde geleneksel doldurulup boşaltılan tip (batch) pişirme kazanlarında ağırlıklı olarak nitelikte kağıt hamuru üretimine uygun olmasından kaynaklanmaktadır. Bu yöntemin en önemli sakıncası fabrika atık sularından kaynaklanan çevre kirliliğinin önlenmesi pahalı bir yatırım olan geri kazanma sisteminin kurulma zorunluluğudur. Buna ilaveten yıllık bitki bünyesinde doğal olarak bulunan silis ve silikatlar üretimin her aşamasında ve özellikle geri kazanma sisteminde birikerek bakım masraflarının artmasına neden olmaktadır (Tutuş 2000).

Soda pişirme yöntemi dünya üzerinde yıllık bitkilere uygulanan en yaygın tekniktir. Sabit silindirik kazanlar yanında döner küresel kazanlarla da pişirme yapılmaktadır. Bu yöntemle ağırlıklı olarak kalitede bir hamur elde etmek için kuru sap ağırlığına oranla % 10-12 NaOH'a ihtiyaç vardır. Uygulanacak sıcaklık süreye bağlı olup 130-140 °C gibi düşük sıcaklık seviyelerinde; 170 °C gibi yüksek sıcaklık seviyelerine göre daha uzun reaksiyon süresi gerekmektedir. Hammadde olarak çim sapları kullanıldığında elde edilecek hamurun özelliklerine göre aşağıdaki pişirme koşulları önerilmektedir; alkali miktarı: % 10-12, sıcaklık:150-170 °C, pişirme süresi: 2,5-3 saat ve çözelti /sap oranı: 1/2, 1/3 (Jeyasingam 1978).

Soda yönteminde delignifikasyonu geciktiren veya tamamen mani olan bir takım parazit reaksiyonları vardır. Bunlar;

- Ligninin kendi üzerine çökmesi,
- Ligninin karbonhidratlar ile birlikte çökmesi,
- Artık suyunda çözünmüş organik bileşikler pişirmenin son fazında lifler üzerine absorbe olmasıdır.

Bütün bu nedenlerle soda yöntemiyle selülozik lifleri aşındırmada kuvvetli bir delignifikasyon yapmak mümkün değildir ve bunun sonucu olarak mekanik özellikleri orta derecede olan kâğıt hamuru elde edilir.

## 1.5 LİTERATÜR ÖZETİ

Mariani ve Makro (2002) *Nothofagus bombeyi* (Şili Kayını) değişik oranlarda öz odun ve diri odunlarından çeşitli yöntemlerle elde ettikleri kâğıt hamurlarında öz odun ve diri odun değişik oranlarının atık miktarına, kâğıt hamuru verimlerine, mekanik hamur sağlamlığına etkilerini incelemişlerdir. Mariani vd. (2005) *Eucalyptus nitens*'in öz odunu oranının Kraft hamuruna etkisini incelemişlerdir. Buna göre öz odun ve diri odun yoğunluğunun aynı olduğunu, lif uzunluğunun diri odunda %12,6 daha uzun olduğunu ve diri odun çeper kalınlığının daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Diri odunda lignin oranının %15, hemiselüloz %20 fazla olduğunu belirtmektedirler. Ayrıca, diri odun Kraft hamurunun çekme ve kopma uzunluğu ve patlama indisinin saf diri odun hamurundan daha yüksek olduğunu, kâğıdın yırtılma indisi ise öz odunu hamurunda daha yüksek bulunmuştur.

Bertaud ve Holmbom (2005) Norveç ladininin öz odunu, diri odun ve geçiş zonunun kimyasal yapısını incelemişlerdir. Buna göre öz odundaki arabinoglukuronaksilan ve pektin miktarının daha yüksek olduğunu ve öz odunu ve diri odun arasındaki geçiş zonunun diri odundan daha az lignin ve lipofilik ekstraktifleri ihtiva ettiklerini belirtmektedir.

Rahman vd. (2004) yapraklı ağaç testere artıkları diri odunu soda ve soda-AQ yöntemleriyle kâğıt hamuru üretmişlerdir. Soda yöntemiyle %20 Alkali, 170 °C 2 saat pişirme süresi ile yapılan pişirmede hamur verimini %42 ve Kappa numarasını 25 olarak tespit etmiştir. %0,1 AQ ilavesiyle verim %3-2 arttığı vurgulanmaktadır. AQ ilavesi pişirme süresini 1 saat, alkali oranını %2 azaltmıştır. Soda-AQ yönteminde kâğıdın fiziksel özellikleri daha yüksek bulunmuştur.

Dix ve Roffael (1992) NSSC ve sülfat yöntemleriyle kavak odununun öz odun ve diri odununda pişirmeler yapmışlardır. Diri ve öz odun kısımlarından elde edilen hamurların lifsel özellikleri ve kimyasal özellikleri farklı olduğunu belirtmektedir. Diri odundan elde edilen NSSC hamurları daha beyaz, yırtılma indisi yüksek ancak, verim öz odundan daha düşük olmuştur. Bununla birlikte diri ve öz odun hamurlarının kopma ve patlama indisileri ile kalıntı



lignin oranlarında farklılık bulunmadığı belirtilmiştir. Öz odunu sülfat hamurlarının verimi ve ktl oranları diri odundan daha yüksek bulunmuştur. Ancak beyazlık ve lignin oranı farklı bulunmamıştır.

Gülsoy (2003), *Quercus robur* odununun lif morfolojisini trahe hücre uzunluğunu 490.34 µm, lif uzunluğunu 1165 µm, lif genişliğini 20.56 µm, lif lümen genişliğini 9.56 µm ve çift çeper kalınlığını 11 µm olarak tespit etmiştir.

Tank (1978), *Fagus orientalis*'in lif uzunluğunu 1.2 mm, lümen çapını 5-6 µm ve lif genişliğini 18-21 µm olarak belirtmiştir. Mercv (2003)'e göre *Fagus orientalis* Lipsky.'nin lif dokusu libriform lifi, traheid lifi ve vasisentrik traheidlerden oluşmaktadır. Trahe hücre uzunluğu 235-882 µm, libriform lifi uzunluğu 823-2000 µm ve traheid lifi uzunluğu 441-1529 µm arasında değişmektedir.

Merev (1998), *Fagus orientalis*'in trahe hücre uzunluğunu ortalama 544.69 µm, Libriform lifi ortalama uzunluğunu 1372.80 µm , traheid lifi ortalama uzunluğunu 872.72 µm, vasisentrik traheid uzunluğunu ortalama 652.65 µm olarak belirtmiştir.

Tank (1970), ülkemizde yetişen Kayın ve gürgen türleri odunları üzerinde yapmış olduğu araştırmalara göre *Carpinus betulus* odununda lif morfolojisini aynı sırayla 1498 µm , 21.93 µm , 10.22 µm ve 5.85 µm olarak tespit etmiştir.

Alkan (2004), yapmış olduğu araştırmada; *Quercus robur*'un Lif Uzunluğu 1.09mm., Lif Genişliği 20.1 µm, Lif lümen genişliği 10.5 µm, lif çeper kalınlığını 4.8 µm olarak tespit etmiştir.

Ateş (2004), *Pinus nigra* subsp. *Pallasiana*'nın lif morfolojisine ait bulguları; Lif uzunluğu 2.77 mm, Lif genişliği 40.6 µm, Lümen genişliği 27.32 µm, çeper kalınlığı 6.64 µm, olarak belirtmiştir. Aynı çalışmada keçeleşme oranını 68.2, Elastiklik katsayısını 67.3, katılık katsayısını 16.4 ve Runkel oranını 0.49 olarak bulmuştur.

Halupane ve Szonyi (1974), Karaçamdan elde edilen kağıtların kalite özelliklerinin 40-50 yaşlarında en yüksek değere ulaştığını belirtmişlerdir.

Aytuğ (1959), Türkiye'deki Gökmar türlerinin traheid uzunluk, genişlik ve çeper kalınlıklarını incelemiştir. *Abies nordmanniana* Spach. odununun traheid uzunluğunu ortalama 2.875 mm, traheid genişliğini 43.0 µm ve çeper kalınlığını 5.57 µm, *Abies bornmülleriana* Mattf. odununda sırasıyla 3.347 mm, 38.9 µm ve 7.64µm olarak tespit etmiştir.

Tauk (1980) *Abies bornmülleriana* odununun traheid uzunluğunu ortalama ince gövdede 3725 µm, kalın gövdede 3815 µm, traheid genişliğini sırasıyla 37,87 µm, 41,56 µm ve çeper kalınlığını sırasıyla 5.74 µm, 6.26 µm olarak tespit etmiştir. Aynı çalışmada *Abies nordmanniana* odununda aynı sırayla 3854 µm, 39.34 µm, 39.82µm, 40.43 µm ve 5.54 µm, 6.18 µm olarak bildirmiştir. Bozkurt (1992), *Abies nordmanniana*'da traheid uzunluğunu 2.88 mm olarak vermiştir.

Ortalama lif uzunluğu ilk 50 yıllık halka oluşumunda tedrici olarak artmaktadır. Bundan dolayı ağacın kesim yaşı ile lifsel özellikler arasında bir ilişki vardır. Gövde oluştuktan sonraki ilk on yıl içerisinde oluşan odunlarda genç odun (juvenile wood) miktarı oldukça yüksektir. Nemli, ılıman ve güneşli bölgelerde yetişen ağaçlar hızlı büyür ve bu ağaçlar kaba ve sert liflere sahip olurlar. Kuru, soğuk ve daha az güneşli bölgelerde yetişen ağaçlar ise yavaş büyüdüğünden ince ve yoğun liflere sahiptirler (Biermann 1996).

Öz odundan kağıt hamuru üretmek diri odundan daha zordur. Diri odunun içi suyla doygun olduğundan rutubet içeriği yüksektir. Ancak, öz odunun bir kısmında hava bulunduğundan rutubet içeriği azdır. Ak Meşe gibi bazı yapraklı ağaçlarda öz odunu oluşumu sırasında tıll oluşumu nedeniyle sıvı akışının odundan geçişi (permeabilitesi) azalır. Bu nedenle bu türler şarap fıçısı yapımına uygundur. Buna karşın kırmızı Meşe oldukça geçirgendir ve fıçısı yapımına uygun değildir. Birçok türde öz odun belirgin olarak diri odundan daha koyu renklidir. Bazılarında ise öz odun ile diri odun renk farkı çıplak gözle ayırt edilemediğinden iyot testi yapılarak birbirinden ayırt edilebilmektedir. Öz odun ve diri odun kısımlarının kimyasal bileşenleri ve çözünürlük değerleri farklı olduğundan kağıt hamuru üretimi sırasında farklı özellikler göstermektedir (Biermann 1996).

Kağıt hamuru üretiminde kullanılan hammaddeler kağıt özellikleri üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Bunlar arasında en önemlileri kağıdın kopma, patlama, çekme, çift katlama, yüzey düzgünlüğü ve baskı özellikleridir. Özellikle genç odun, yaşlı odun, diri odun ve öz odun özelliklerinin kağıt hamuru kalitesinde ve kağıt kalitesi üzerine önemli etkileri vardır. Bu

kısımların ekstraktif madde içeriği, liflerin morfolojik özellikleri, kimyasal yapısındaki farklılıklar kağıt özellikleri üzerine önemli etkiler yapmaktadır (Eroğlu ve Usta 2004). Odun liflerinin boyutsal özellikleri ağacın yaşına, cinsine, yetişme yeri koşullarına ve iklime göre büyük değişiklikler göstermektedir. Aynı ağaç türü içinde normal odun- reaksiyon odunu, genç odun-yaşlı odun, ilkbahar odunu-yaz odunu ve öz odun-diri odun gibi kısımlar arasında lif özellikleri bakımından önemli farklılıklar bulunmaktadır (Kırcı 2000).

Selüloz, canlı organizmalar tarafından üretilen önemli bir polimer olup, bitkisel hücrelerin temelini oluşturmaktadır. Bitkisel hücrelerin büyük bir oranı selülozdan meydana gelmektedir (Fengel ve Wegener 1989). Birbirine 1-4-β glikozidik bağlar ile bağlanmış anhidroglukoz birimlerinden oluşan selüloz, doğrusal bir polimerdir (Lin vd. 1982). Selüloz molekülünde her bir glukoz ünitesi 180° dönerek oksijen köprüsüyle birbirine bağlanmıştır. Bu nedenle, selüloz molekülü geçirimsiz ve kimyasal ataklara karşı oldukça dirençli bir yapıya sahiptir (Kırcı 2000).

Selüloz sistemi, glukoz anhidrit (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>) birimlerinden oluşan zincir biçimindeki selüloz moleküllerinden meydana gelir. Selüloz molekülleri demetler biçiminde birbirleriyle birleşmişlerdir. En küçük demet elementer fibril olup, aynı yönde uzanan 40 selüloz molekülünden meydana gelir. Elementer fibriller bir araya gelerek daha büyük demetleri, mikrofibrilleri oluşturur. Mikrofibriller fibrilleri, fibriller ise lamelleri oluşturur (Halizoğlu 1982). Fibriller yapı içerisinde selüloz moleküllerinin birbirlerine paralel olacak biçimde düzgün sıralandığı kristalin bölgeler ve moleküllerin düzensiz olarak sıralandığı amorf bölgeler bulunmaktadır (Kırcı 2000).

Kristal yapı göstermenin yanında aynı zamanda polialkol yapıya sahip selüloz hidrofil karakterde olup higroskopik özellik gösterir. Kağıt yapımının özellikle kurutma aşamasında selüloz absorbe ettiği suyu kaybetmeye başlar. Kağıt safahasındaki su miktarı azaldıkça selüloz molekülü üzerindeki hidroksil (OH<sup>-</sup>) grupları komşu selüloz molekülünün OH grupları ile bağ (hidrojen bağları) kurmaya başlar. Sonuçta hiçbir yapıştırıcı madde kullanmaksızın bilinen sağlamlıkta kağıtlar üretilmektedir (Kırcı 2000).

Fotosentez esnasında üretilen tek şeker glukoz değildir. Glukoz ile birlikte bu prosesde galaktoz, mannoz gibi diğer altı karbonlu şekerler ve ksiloz ve arabinoz gibi beş karbonlu şekerler de üretilmektedir. Bu şekerler ve glukuronik asit gibi diğer şeker türevleri düşük

moleküller ağırlığa sahip polisakkaritler olup, hemiselülozlar olarak adlandırılırlar. Odun hammaddesi büyük oranda karbonhidratlardan diğer bir deyişle polisakkaritlerden meydana gelir. Geleneksel olarak polisakkaritler selüloz ve hemiselüloza bölünmektedir. Selüloz homopolisakkaritlere girerken hemiselülozlar heteropolisakkaritlerden oluşur. Hemiselüloz tüm odun türlerinde odun kuru ağırlığının %20-30'unu meydana getirir (Hafizoğlu 1982).

Hemiselülozlar, selüloz gibi kristal yapı sergilemeyip amorf yapıdır. Hemiselülozların çoğunluğu üç boyutlu düzlemde dallanmış polimerler olup hücre çeperi içerisinde fibriller ve mikrofibriller arası boşluklarda bulunur. Odun yapısı içerisinde hemiselülozların bir kısmı selüloza, bir kısmı da lignine sıkıca bağlanmış durumdadır. Bu nedenle, odun içerisinde muhtemelen hidrofobik yapıdaki lignin ile hidrofil yapıdaki selülozun birlikteliğini sağlamaktadır (Kırcı 2000).

Lignin, fenilpropan üniterlerinden oluşmaktadır. Yüksek bir molekül ağırlığa ve kompleks bir yapıya sahiptir. Karbon, hidrojen ve oksijenden oluşmasına rağmen, karbonhidratlar sınıfına girmemektedir. Hücre duvarları içinde ve bireysel hücreler arasında meydana gelir. Hücreler arasında, hücreleri bir arada tutan bağlayıcı bir madde olarak hizmet verir. Hücre duvarları içinde, selüloz ve hemiselülozlar ile çok sıkı bir şekilde birleşerek hücreye rijit bir özellik kazandırır. Molekül yapısı itibarı ile fenilpropan birimlerinden oluşan lignin molekülleri üç boyutlu düzlemde dallanmış ve karmaşık yapıya sahip bir polimer olarak yer alır (Jindholm 1993).

Lignin, amorf bir madde olup, hücre çeperini odunlaştırır. Selülozdan yapılmış hücre çeperine biriken lignin, hücreleri ve dolayısıyla odunsu bitkileri dayanıklı kılar (Merev 2003). Lignin, hidrofil karakterdeki selüloz ve hemiselülozların tersine hidrofob özellikte olup, odunun su almasını sınırlamaktadır. Bu özelliği nedeniyle odun, sert ve katı bir görünüşe sahiptir (Kırcı 2000).

Odunun su ve nötral organik çözücülerde çözünebilen kısmına odun ekstraktifleri denilmektedir. Odun ekstraktifleri oduna kendine özgü renk ve koku vermenin yanı sıra odunun geçirgenlik, dış hava koşullarına dayanım, fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etki etmektedir. Odun ekstraktifleri çok sayıda madde grubundan oluşmaktadır. Bunlar; alifatik (yağlar, mumlar, yağ alkolleri), terpenik (uçucu terpenler, oksijenli terpenler vs.) ve fenolik (basit fenoller, polifenoller, lignanlar vs.) bileşenlerden oluşmaktadır (Kırcı 2000).

Hücre çeperi farklı tabakalardan oluşmaktadır. Bunlar, hücrenin dış tarafından iç tarafına doğru orta lamel, primer çeper, sekonder çeper ve siğilli tabakadır. Orta lamel, hücreleri birbirine bağlayan amorf özellikte bir yapıya sahiptir. Orta lamel komşu hücreler arasında yer alan bir tabaka olduğu için sadece bir tabakaya ilişkin değildir. Başlangıçta hücreleri birbirinden ayıran bir çeper olup hücrenin gelişme evrelerinde pektin içermektedir. Odunlaşma evresinde, bu tabaka lignince zenginleşmektedir. Gelişmiş bir hücrede bu tabakanın asıl bileşeni lignindir. Orta lamelin kalınlığı 0,5-1,5 µm olup köşelerde daha kalındır (Hafizoğlu 1982).

Primer çeper ince bir tabaka olup sekonder çeperden gerek fibrilce yapı gerekse kimyasal bileşim bakımından farklılık gösterir. Primer çeper amorf yapılu lignin-hemiselüloz karışımında tesadüfi olarak dağılmış fibril ağından oluşmaktadır. Ladin ilkbahar odununda bu tabakanın kalınlığı 0,12 µm olup, hücre çeperinin %6'lık bir kısmını oluşturur (Kırcı 2000).

Sekonder çeper büyük oranda mikrofibrillerden oluşur. Bu çeperde genellikle üç tabaka göze çarpar. İnce dış tabaka (S<sub>1</sub>), kalın orta tabaka (S<sub>2</sub>) ve ince iç tabaka (S<sub>3</sub>). Her üçü de ince, çok sayıdaki lamellerden meydana gelmiştir. Mikrofibrillerin uzanış yönü sekonder çeper tabakalarını birbirinden ayırmaktadır. Bir tabakadan diğerine kesin geçişler görülmez. Sadece bir tabaka yavaş yavaş diğerine dönüşür (Hafizoğlu 1982). Tablo 1.3'de yapraklı ağaç odunu ve iğne yapraklı ağaç odunu türlerinde selüloz, hemiselüloz ve lignin oranları hücre tabakalarına göre verilmiştir.

Tablo 1.3 Yapraklı ağaç odunu ve iğne yapraklı ağaç odunu türlerinde hücre tabakalarındaki selüloz, hemiselüloz ve lignin oranları (Morrell ve Gartner 1998).

Ođun türü	Hücre tabakası	Selüloz Oranı (%)	Hemiselüloz Oranı (%)	Lignin Oranı (%)
Yapraklı Ağaç Odunu	Primer/Orta Lamel	0-20	10-30	50-90
	S <sub>1</sub>	50-55	30-35	15-20
	S <sub>2</sub>	40-55	20-30	20-30
	S <sub>3</sub>	20-40	20-30	25-55
İğne Yapraklı Ağaç Odunu	Primer/Orta Lamel	5-15	20-25	60-75
	S <sub>1</sub>	15-35	20-30	30-60
	S <sub>2</sub>	35-55	30-35	15-30
	S <sub>3</sub>	50-55	30-35	15

Odunsu ve otsu bitkiler selüloz, hemiselüloz ve lignin olarak isimlendirilen üç doğal organik polimerden oluşur. Odunu oluşturan hücrelerde, yukarıda ismi verilen maddeler hücre çeperi içerisinde uygun şekilde bir araya gelmişlerdir. Üzerinde birleşilen konu, selülozun hücre çeperinin iskeleti olduğudur. Hemiselüloz ve lignin mikrofibrillerin aralarını doldurarak hücre çeperine katı bir özelliğe kazandırmaktadır (Kırcı 2000). Hücre çeperi, bu üç ana bileşenin haricinde ana bileşenlere oranla çok az oranda suda ve organik çözücülerde çözülebilen ekstraktif maddeleri ve külü oluşturan inorganik maddeleri de içerir.

Kraft yönteminde, sodyum sülfür ve sodyum hidroksit'in karışımı kağıt hamuru elde etmek için kullanılmaktadır. Sülfür, ligninin uzaklaştırılmasını hızlandırmaktadır. Böylece, yongalar soda yöntemindekine daha kısa bir süre sıcak alkaliye maruz kalırlar. Bunun sonucunda, soda yönteminde 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.

İlk Kraft kağıdı, iğne yapraklı ağaç odunu kullanılarak 1885 yılında İsveç- Jonkoping'de yapılmıştır. Ancak, bir hata sonucu yongalar tam pişmeden bir kazan patladı. Bunun üzerine, yongalar ıskartaya çıkarılmak yerine fabrika müdürünün isteği ile, adı bir kağıt yapmak için kollergang'dan (rafinörün ilk tipi) geçirildi. Elde edilen kağıt koyu renkli olmasına rağmen, o zamana kadar bilinen tüm kağıtlardan daha sağlamdı. Bu yüzden, metoda İsveç ve Almanca'da "sağlam" anlamına gelen Kraft ismi verilmiştir (Kocurek 1989).

## BÖLÜM 2

### MATERYAL VE METOD

#### 2.1 MATERYAL

Araştırmada kullanılan numunciler Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Ulus İşletme Müdürlüğü Uluyayla Orman İşletme Şefliğinden temin edilmiştir. Numunelerin alındığı ağaçlar hakkındaki bilgiler Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1 Araştırmada kullanılan ağaçlara ait bilgiler.

Ağaç Türü ve Özellik	<i>Fagus orientalis</i> Lipsky.	<i>Quercus robur</i> L.	<i>Abies hornmülleriana</i> Mattf.	<i>Pinus nigra</i> Arn.
Yaş	122	98	60	71
Göğüs Çapı (cm)	39	40	35	36
Öz Odun Miktarı (cm)	15	32	20	8
Diri Odun Miktarı (cm)	4,5	8	15	28
Öz Odun	YHS*:35 Oran:%59,17	YHS:69 Oran:%64	YHS:35 Oran:%32,65	YHS:14 Oran:%4,94
Diri Odun	YHS:10 Oran:%40,83	YHS:29 Oran:%36	YHS:25 Oran:%67,35	YHS:57 Oran:%95,06

\*YHS: Yıllık halka sayısı.

#### 2.1.1 Çalışmada Kullanılan Ağaçların Botanik Özellikleri

##### 2.1.1.1 Karaçamı (*Pinus nigra* Arn.) Botanik Özellikleri

Boylu, birinci sınıf orman ağacıdır. Kabuk öncesi grimsi renkte olup, yaşlı gövdesi derin çatlaklı, kalın ve esmer kabukları vardır. Bol reçineli olan tomurcuklar büyük, silindirik ve uçları da sivridir. Tomurcuk pullarının kenarları kirpikli ve tomurcukların kaidesi geniştir. 9 -18 cm uzunluğunda olan iğne yapraklar sürgün uçlarında tomurcuğun etrafında çanak biçiminde bir boşluk oluştururlar. İğne yapraklar koyu yeşil, sert ve uçları batıcıdır (Yalıtık 1988).

Kozulakları 5–8 cm boyunda, simetrik biçiminde ve sapsızdır. Kozalağın apofizi çıkık, göbek koyu renklidir. Kozalağın özellikle uç kısımdaki pulların çoğunun göbeğinde küçük ve batıcı bir diken vardır. Olgun kozalağın rengi sarımsı kahverengi, cilalı parlaktır.

Doğal olarak Türkiye, Trakya, Kırım, Balkanlar ile Güney Karpatlar'da yayılır. Bugün Anadolu'nun çeşitli yörelerinde *yayılan Quercus pubescens, Pirus elaeagnifolia, Cistus laurifolius* gibi türlerin bulunması, bu yörelerde daha önce Karaçamın bulunduğunu ancak zamanla tahrip edildiğini gösteren kanıttır. Çünkü bu bitkiler Karaçamın refakatçalarıdır. Diğer taraftan, İç Anadolu'nun çeşitli kesimlerinde bulunan birçok tarihsel yapının ahşap malzemelerinde (örneğin Gordion Kral Mezarı ) Karaçam odunu kullanılmıştır (Gündüz 1999).



Şekil 2.1 *Pinus nigra*'nın genel görünümü.

#### 2.1.1.2 Uludağ Gökarnının (*Abies bornmulleriana* Mattf.) Botanik Özellikleri

Bu alt tür Türkiye'ye özgü bir endemik takson olup, ünlü botanikçi Bornmueller'in adını almıştır. Uludağ Gökarnı, çoğunlukla 40 metreye değin boylanabilen birinci sınıf orman ağacı durumundadır. Ana türe çok yakından benzemekle birlikte, genç sürgünlerin tüysüz, tomurcukların da reçineli olması ile ondan ayrılır. Kozalak, iğne yaprak gibi önceki tüm morfolojik özelliklere Doğu Karadeniz Gökarnı'nın hemen tümüyle aynısıdır. Ayrıca, ondan küçük bir farklılık olarak iğne yapraklarının bazılarının üst yüzlerinin uç kısımlarında da beyaz stoma lekeleri görülmektedir.





Şekil 2.2 Gökknar ağacının yaprak görünüşü.

Kabuk genç yaşlarda açık gri renkli ince ve düzgün, ileri yaşlarda kalın ve çatlaktır. sürgünler üzerinde sarmal olarak teker teker dizilen yapraklar iki yüzlü, yassı ve çok kısa saplıdır. Uçları tepe sürgünlerinde sivri, yan sürgün ve dallarda ise çoğunlukla küt ve kortiklidir. Üst yüzleri hafif oluklu, alt yüzlerinde iki adet stoma çizgisi bulunur. Gökknarlar kendilerine çok benzeyen Taxus (Porsuk)'tan stoma çizgileri sayesinde ayrılır. İğne yapraklar sürgün üzerinde 7-8 yıl kalır. Tanı için önemli bir özelliği de, yaprakların koparıldığında sürgün üzerinde iç içe iki daire halinde iz bırakmalarıdır. Gökknar ağacının yaprak görünümü Şekil 2.2'de gösterilmiştir.

### 2.1.1.3 Doğu Kayınının (*Fagus orientalis* Lipsky ) Botanik Özellikleri

Doğu Kayınının (*Fagus orientalis* lipsky ) 30-40 metreye kadar boylanan 1 metrenin üstünde çap yapabilen düzgün gövdeli birinci sınıf orman ağacıdır. Bu türün kabuğu, açık kül renginde olup, ince ve düzgün yapıdadır. Yan durumlu tomurcuklar 2,2 cm boyundadır. Genç sürgünler kırmızımsı -kahverengi renktedir. Yaprakları elips veya ters yumurta biçiminde olup, kenarları tam veya hafifçe dalgalıdır. Yaprak uçları sivri, uzun veya kısa olup, 6-12 cm uzunluğunda, kenarları genç iken kirpiklidir. Yaprakların alt yüzeylerindeki ana ve yan damarlar, ipek gibi tüylü olup, yaprağın üst ve alt yüzü çıplaktır.

Yan damarlar, yaprak kenarına ulaşmadan uç kısımlarından kıvrılırlar. Kulakçıklar 3,5 mm boyundadır. Yaprak sapı tüylü ve 0,6-1,2 cm uzunluğundadır. Çiçekler, yaprakların koltuklarında yer alırlar. Kupula iki çeşit pullarla kaplıdır. Kupulanın üst kısmındakiler biz şeklinde, aşağı kısımdakiler ise, daha geniş şerit biçiminde pullarla örtülmüş olup 5-15x2-4 mm boyundadır. Meyve;3 köşeli, kahverenginde, yumurtamsı (ovate) biçimde, tek tohum

taşıyan bir mustur. (1,2-2,2 cm) Meyve sapı tüylerle örtülüdür ve 2,5-3,5 cm uzunluğundadır. Çiçeklenme Nisan ayında olup yapraklanma ile aynı zamana rastlar (Kayacık 1967).

#### **2.1.1.4 Saplı Meşce'nin (*Quercus robur* L.) Botanik Özellikleri**

30-40 m. Boy, 2 m. Çap yapabilen, 400-500 yıl yaşayabilen bir orman ağacıdır. Kabuk kalın ve derin çatlaklıdır. Tepe yapısı geniş ve dağınık genç sürgünler hafif tüylü, sonra çıplaktır. Yapraklar çok kısa saplı, dip tarafa doğru daralır ve iki adet kulak memesi gibi sonuçlanır. Kama gibi sonuçlanmaz. Olgun yaprakların alt ve üst yüzü tüysüz, kenarları düzensiz derin lobludur. Üst yüzü koyu yeşil, alt yüzü soluk mavimsi yeşildir.

Saplı Meşcenin coğrafi yayılışı tüm Avrupa, Kuzey Afrika, Türkiye ve Kafkasya'dır. Orta Avrupa'nın en önemli bir orman ağacıdır. Türkiye'de çok yaygın olup, tüm Karadeniz, Trakya, Marmara, Kuzey Batı Anadolu, Bolu yörelerinde hatta Orta Anadolu'da Şereflişkoçhisar yakınlarında bile yayılır (Anşin ve Özkan 1993).

## **2.2 METOD**

Bu çalışmada *Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nin öz ve dâri odunlarının kimyasal ve morfolojik özellikleri belirlenmiştir.

### **2.2.1 Kimyasal Analizlere Kullanılan Yöntemler**

Araştırmada kullanılan ağaç türlerinde holoselüloz tayini,  $\alpha$ -selüloz, tayini, lignin tayini, sıcak su çözünürlüğü, soğuk su çözünürlüğü, % 1'lik NaOH çözünürlüğü ve Alkol çözünürlüğü deneyleri yapılmıştır.

#### **2.2.1.1 Holoselüloz Tayini**

Holoselüloz oranının belirlenmesinde Wise ve arkadaşları tarafından geliştirilen klorit yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin tercih edilmesinin sebebi ise kolay uygulanmasının yanında klorlama ve ClO<sub>2</sub> yöntemine göre ligninle birlikte daha az oranda karbonhidrat uzaklaştırılmasıdır. Klorit yönteminin uygulanması ile birlikte %2-4 oranında lignin karbonhidrat bünyesinde kalmaktadır. Karbonhidrat kaybı olmadan ligninin tamamını

uzaklaştama mümkün olamayacağı için mevcut yöntemler arasında holoselülozu tam olarak belirleyebilen bir yöntem bulunmamaktadır.

Bu çalışma sırasında holoselüloz miktarı belirlenecek alkol-benzen ekstraksiyonunu uğratılmış 5 g hava kurusu örnek, 160 ml saf su, 1,5 gr  $\text{NaClO}_2$  ve 10 damla (0,5 ml) buzlu asetik asitle birlikte 250 ml'lik erlenmayerce konularak bir saat süreyle 78-80 °C'deki su banyosunda tutulmuştur. Örnek konulan erlenmayerin ağzı ters çevrilmiş daha küçük bir erlenmayerle kapatılmış ve reaksiyon süresince arada bir karıştırılmıştır. Her bir saatte yeniden 1,5 g  $\text{NaClO}_2$  ve 10 damla (0,5 ml) buzlu asetik asit ilave edilmiş olup, bu işlem üç kez tekrarlanmıştır. Asetik asit ortamın pH'ını 4 dolayında tutup  $\text{ClO}_2$  lignini oksitleyerek klorolignin halinde çözerek karbonhidratlardan ayırmaktadır (Wise ve Karl 1962).

### 2.2.1.2 $\alpha$ -selüloz Tayini

2 g tam kuru holoselüloz 250 ml cam beher içerisine konulmuştur. Üzerine 10 ml % 17,5'lik NaOH ilave edilerek beher saat camı ile kapatılarak 20°C'deki su banyosuna yerleştirilmiştir. Cam bir baget ile karıştırılarak odun örneğinin tamamının NaOH çözeltisi ile temas etmesi sağlanmıştır. İlk % 17,5'lik NaOH ilavesinden sonra 5 dak. ara ile 5 ml daha % 17,5'lik NaOH çözeltisi ilave edilir ve cam bagetle karıştır 5 ml % 17,5'lik NaOH çözeltisi ilavesi 2 kez daha tekrarlar karışım 20 °C'de 30 dak. bekler, NaOH'le muamele toplam 45 dakikadır. Bu süreç sonunda 20 °C'deki karışım 33 ml destile su ilave edilmiştir. Karışım bagetle karıştırılarak 20 °C'de 1 saat bekletilmiştir. Süre sonunda orta poroziteli darası alınmış bir kroze aktarılarak süzülümüştür. Örnek önce 20 °C'deki % 8,3'lük 100 ml NaOH ile daha sonra 20 °C'deki destile su ile yıkanmıştır. Beher içerisinde örnek kalmamasına dikkat edilmiştir. Bu süzme işlemini takiben oda sıcaklığındaki % 10'luk 15 ml asetik asit krozeye dökülerek vakum yavaşlatılır ve örneğin 3 dakika süre ile asitle muamelesi sağlanmış daha sonra vakum açılarak iyi bir süzme gerçekleştirilmiştir. Örnek daha sonra 20°C'deki destile su ile yıkanmıştır. Bu işlem örnek asitten arındırılana kadar devam edilmiştir. Selüloz son olarak 20 ml destile su ile yıkanır. Kroze 105 °C'de 1 gece kurutulur. Desikatörde 1 saat soğutulduktan sonra tartılır ve başlangıçtaki tam kuru holoselüloz miktarına göre % olarak kalan madde tespit edilmiş ve bu değer numunenin holoselüloz değerine oranlanarak %  $\alpha$ -selüloz miktarı tespit edilmiştir.

### 2.2.1.3 Lignin Tayini

Yıllık bitkilerin ve diğer odunların önemli asli bileşenlerinden biri olan lignin, lifsel olmayan, amorf ve hidrofobik yapıda olduğundan, lifler arası hidrojen bağlarının oluşumunu olumsuz yönde etkilemektedir. Dolayısıyla kimyasal yolla kağıt hamuru elde edilmesinde istenmeyen ve uzaklaştırılması gereken bir maddedir. Bitkisel maddelerdeki lignin oranının tayini için bir çok yöntem kullanılmakta ise de en çok tercih edileni "Klason lignini" yöntemidir. Belirlenmiş koşullarda sülfirik asit karbonhidratları hidrolizleyerek çözer ve aside dayanıklı olan lignin kalıntısı olarak elde edilir (Rydholm 1965).

Lignin tayini için önceden alkol-benzen ekstraksiyonuna uğratılmış hava kurusu örneklerden 1 gr alınarak bir beherde aklanmıştır. Üzerine %72'lik  $H_2SO_4$ 'den 15 ml dökülerek 12-15 °C sıcaklıkta 2 saat bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda beherdeki örnek yıkılarak bir litrelik erlene konulmuştur. Asit konsantrasyonu %3 olacak şekilde erlenedeki sıvı miktarı 560 ml olana kadar destile su ile seyreltilmiştir. Daha sonra bu karışım bir soğutucu altında 4 saat süreyle kaynatılmıştır. Bu işlemden sonra kalıntı krozedden süzülerek, sıcak saf su ile birlikte yıkanmıştır. Bu şekilde elde edilen kalıntı 103±2 °C'de kurutularak, başlangıçta kullanılan örnek ağırlığına oranla hesaplanmıştır. Lignin denciyi için uygulanan işlemler TAPPI T 222 om-02 standart metoda göre uygulanmıştır.

### 2.2.1.4 Sıcak Su Çözünürlüğü

Sıcak su çözünürlük TAPPI T 207 om-88 standart yöntemine göre belirlenmiştir. Bu yöntemde göre daha önceden rutubeti belirlenmiş 2 g hava kurusu örnek 200 ml'lik bir erlenmayere konularak üzerine 100 ml destile su ilave edilmiştir. Erlenmayere bir soğutucu altında 3 saat süreyle kaynayan su banyosunda tutulmuş, bu sürenin sonunda bir krozedden süzülüp sıcak su ile yıkanarak 103±2 °C'de kurutulmuş, ardından desikatörde soğutularak tartılmıştır. Çözünen madde miktarı tam kuru örnek ağırlığına oranla % olarak tespit edilmiştir.

### 2.2.1.5 Soğuk Su Çözünürlüğü

TAPPI T 207 om-88 standardına uygun olarak 23±2 °C' de 300 ml destile su içerisine konulan 2 g hava kurusu örnek 48 saat süreyle zaman zaman karıştırılarak bekletilmiş; bu sürenin sonunda numune, darası alınmış krozedden süzülerek destile su ile yıkanmıştır.

Örnekler daha sonra  $103\pm 2$  °C’de değişmez ağırlığa kadar kurutulularak tartılmıştır. Soğuk suda çözünen miktar tam kuru oduna oranla % olarak hesaplanmıştır.

#### 2.2.1.6 % 1’lik NaOH Çözünürlüğü

%1’lik NaOH Çözünürlüğü deneyinde 0,1 gr hassasiyetle tartılan 2 gr örnek 200 ml’lik erlenmayer içerisine konulduktan sonra tizcrinc bir pipetle %1’lik NaOH çözeltisinden 100 ml ilave edilmiştir. Erlenmayerin ağzı küçük bir erlenle kapatılarak 100 °C’deki su banyosuna konmuş ve bir saat süre su banyosu içerisinde bekletilmiştir. Bu bekleme süresinin 10., 15. ve 25. dakikalarında üç defa karıştırılmış; bu sürenin sonunda erlenmayerdeki kalıntı darası alınmış krozeden süzülümüştür. Daha sonra %10’luk 50 ml asetik asit ve sıcak su ile yıkandıktan sonra kroze ve içindekiler  $103\pm 2$  °C’de kurutulmuş ve bir desikatörde soğutularak tartılmıştır. Bütün bu işlemler TAPPI T 212 om-88 standardına göre yapılmış olup, kuru örnek ağırlığındaki azalmadan faydalanılarak çözünen madde miktarı % olarak hesaplanmıştır.

#### 2.2.1.7 Alkol Çözünürlüğü

Bu deney örnek bünyesinde bulunan yağ, mumlu maddeler, tanen gibi maddelerin miktarını belirlemek için yapılmıştır. TAPPI T 204 om-88 standardına göre sokselet cihazında 1 kısım alkol ve 2 kısım benzen karışımı ile 6 saat ekstraksiyona tabi tutularak gerçekleştirilmiştir. Örnekten ekstrakte edilen kısım tam kuru örneğe oranla % olarak hesaplanmıştır. Kimyasal çalışmalarda kullanılan standartlar Tablo 2.2’de gösterilmiştir.

Tablo 2.2 Kimyasal analizlerde kullanılan yöntemler.

Deney	Kullanılan Yöntem
Holoseftiloz oranı	Klorit (Wisc, 1952)
$\alpha$ -selüloz	Han ve Rowell (1997)
Lignin oranı	TAPPI T 222 om-02
%1 NaOH çözünürlüğü	TAPPI T 212 om-02
Sıcak su çözünürlüğü	TAPPI T 207 om-99
Soğuk su çözünürlüğü	TAPPI T 207 om-99
Kimyasal analizler için örneklerin hazırlanması	TAPPI T 257 om-02

## **2.2.2 Anatomik Çalışmalarda Kullanılan Yöntemler**

### **2.2.2.1 Maserasyon Yöntemi**

Odun elemanlarının serbest hale getirilmesinde “Schultze Yöntemi” kullanılmıştır. “Schultze Yöntemi” odun elemanlarını bozmadığı ve kısa sürede sonuç verdiği için seçilmiştir. Odun örneklerinden kibrit çöpü büyüklüğünde parçalar çıkarılmış, “nitrik asit + potasyum klorat” ile muamele edilmiştir.

Yumuşayan ve heyazlayan parçacıklar bir karıştırıcı ile ayrıştırılmış ve alkolle dehidrolize edilmiştir (su trompunda). Masere edilen odun örnekleri küçük bir şişede gliserin ile depo edilmiş, ölçme esnasında safranin ile boyanmıştır.

Gliserin’de depo edilen materyalden bir damla lam-lamel arasına alınmış, lif uzunluğu, lif genişliği, lümen genişliği, lif çeper kalınlığı ve trahe hücre uzunluğu ölçülmüştür.

### **2.2.2.2 Keçeleşme Oranı**

Keçeleşme oranında lif uzunluğunun artışı orantılı olarak olumlu yönde etkilemektedir. çoğu iğne yapraklı ağaç hamurunun keçeleşme oranı 100’ün üzerinde iken; yapraklı ağaç odunu ve ekin saplarının liflerinin keçeleşme oranı 70’in altındadır. Bu oranın 70’in altına düşmesi ile kağıdın direnç özelliklerinin azalmaya başladığı kabul edilmektedir. Keçeleşme oranı; “lif uzunluğu/lif genişliği” formülünden hesaplanmıştır.

### **2.2.2.3 Rijidite**

Rijidite (katılık katsayısı) doğrudan hücre çeperi kalınlığı ile ilgili olup orantı someunda elde edilecek sayının büyüklüğü, kağıdın fiziksel direnç özelliklerinin, özellikle de patlama ve kopma dirençlerinin, düşük olacağı anlamını taşır (Tank 1980). Rijidite; “lif çeper kalınlığıX100/lif genişliği formülünden hesaplanmıştır.

### **2.2.2.4 Runkel Sınıflandırılması**

Runkel’in sınıflandırmasına göre lifler 3 kategori altında toplanmıştır.

1. Runkel oranı  $> 1$  olan kalın çeperli lifler
2. Runkel oranı  $= 1$  olan orta kalın çeperli lifler
3. Runkel oranı  $< 1$  olan İnce çeperli lifler (Kırcı,2000).

Runkel'in sınıflanmasına göre kalın çeperli liflerde Runkel oranı 1 'den büyük olmakta, ancak böyle lifler kağıt yapımına en az uygun lifler olarak nazarı itibara alınmaktadır. Şayet Runkel oranı 1'e eşitse lifler kağıt yapımına elverişli, bu oran 1'den küçük olanlarda ise çeperler inco olduğundan kağıt yapımı için en elverişli olmak üzere sınıflandırılmaktadır (Kırcı 2006). Runkel sınıflandırması "2 X lif çeper kalınlığı/lifman çapı" formülünden hesaplanmıştır.

#### 2.2.2.5 Elastikiyet Katsayısı

Elastiklik oranı liflerin bireysel esnekliği ile ilgilidir. Aynı zamanda liflerin, dolaylı olarak liflerin elde edildiği odunun özgül ağırlığı ile ilgilidir. Elastiklik oranına göre lifler 4 grupta toplanmıştır. Elastikiyet kat sayısı; "(lifman çapı X 100)/lif genişliği" formülünden hesaplanmıştır (Kırcı 2006)

1. Elastiklik katsayısı 75'ten büyük olan çok esnek lifler (özgül ağırlığı  $0.5 \text{ g/cm}^3$ 'den az olan odunlardan elde edilir.)
2. Elastiklik oranı 50-75 arasında olan esnek lifler (özgül ağırlığı  $0.5-0.7 \text{ g/cm}^3$  olan odunlardan elde edilir.)
3. Elastiklik oranı 30-50arasında olan rijit lifler (özgül ağırlığı  $0.7-0.8 \text{ g/cm}^3$  olan odunlardan elde edilir.)
4. Elastiklik katsayısı 30'dan küçük olan çok rijit lifler (özgül ağırlığı  $0.8 \text{ g/cm}^3$ 'den yüksek olan odunlardan elde edilir.)

#### 2.2.3 Kağıt Hamurunda Yapılan Analizler

Kağıt hamurlarının Kappa numarası TAPPI T 236 cm-99, viskoziteleri ise SCAN-CM 15-62 standardına göre tespit edilmiştir. Elenenmiş verim ve elek artığı oranları laboratuvar ortamında gravimetrik ölçümler ile TAPPI T 210 cm-03 standardına göre belirlenmiştir. Pişirme süresinin sonunda hamurlar kazandan çıkartılıp yıkandıktan sonra her hamur 10'ar dakika lif açıcıda açılmıştır. Açılan lifler TAPPI T 275 sp-02 standardına göre Somerville tipi elekte elenerek elek artığı % olarak tespit edilmiştir. Elenen lifler TAPPI T 200 sp-01 standardına

göre Holander'de 35 ve 50 °SR'e kadar dövülmüştür. Hamurların serbestlik derecesi Schopper Riegler cihazında ISO 5267-1 standardına göre belirlenmiştir.

#### **2.2.4 Kağıt Hamuru ve Deneme Kağıtlarının Elde Edilmesinde Uygulanan Metotlar**

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L.'nin öz odun ve diri odunlarından soda metodu kullanılarak, *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarından Kraft metodu kullanılarak kağıt hamuru ve kağıt elde edilmesinde kullanılan metotlar aşağıda belirtilmiştir.

##### **2.2.4.1 Yongaların Hazırlanması**

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarından alınan numunelerin kabuklarının soyulması işleminden sonra ortalama 3-5 mm kalınlıkta ve 13-20 mm uzunluğunda yongalar kesilerek pişirme işlemine hazır hale getirilmiştir.

##### **2.2.4.2 Pişirme Çözeltisinin Hazırlanması ve Pişirme**

Pişirmeye hazır duruma getirilen yongaların rutubet miktarları belirlendikten sonra tam kuru ağırlığı 1000 gr. olacak şekilde tartılarak muhafaza edilmiştir. Pişirmede Tablo 2.3'de görülen yapraklı ve iğne yapraklı ağaçlar için optimum olan pişirme koşullarında her ağaç türünün öz odun ve diri odunlarından birer adet pişirme yapılmıştır. Pişirme çözeltisinin aktif alkali ( $\text{Na}_2\text{O}$  cinsinden  $\text{NaOH}$  ve  $\text{Na}_2\text{S}$  konsantrasyonlarının toplamı) ve sülfidite ( $\text{Na}_2\text{O}$  cinsinden  $\text{Na}_2\text{S}$  konsantrasyonunun aktif alkaliye oranı) oranının hesaplanmasında tüm kimyasallar  $\text{Na}_2\text{O}$  cinsinden hesaplanmıştır.

Denemelerde pişirme kazanı olarak; 15 litre kapasiteli, elektrikle ısıtılan, 25 kg/cm<sup>2</sup> basınca dayanıklı, dakikada 2 devir yapabilen laboratuvar tipi pişirme kazanı kullanılmıştır. Pişirme kazanının sıcaklık ayarı elle yapıp kazanın üzerindeki termometrenin devamlı gözlem edilmesiyle  $\pm 2$  °C'lik bir hassasiyetle çalışmak mümkün olmuştur. Pişirme kazanının doldurulması da boşaltılması da elle yapılmıştır.



Tablo 2.3 Pişirmelerde uygulanan pişirme koşulları.

Pişirme Adı	Aktif Alkali oranı (%)	Sülfidite oranı (%)	Sıcaklık (°C)	Ön Isıtma (dak.)	Toplam Pişirme Süresi (dak.)	Maximum Basınç (kg/cm <sup>2</sup> )	Yonga/Cöz. oranı
Karaçam Öz	18	30	170	90	150	7,5	1/4
Karaçam Diri	18	30	170	90	150	7,5	1/4
Karaçam Tam	18	30	170	90	150	7,5	1/4
Göknaar Öz	18	30	170	90	150	7,5	1/4
Göknaar Diri	18	30	170	90	150	7,5	1/4
Göknaar Tam	18	30	170	90	150	7,5	1/4
Meşe Öz	25	-	170	90	210	7,5	1/4
Meşe Diri	25	-	170	90	210	7,5	1/4
Meşe Tam	25	-	170	90	210	7,5	1/4
Kayın Öz	23	-	170	90	180	7,5	1/4
Kayın Diri	23	-	170	90	180	7,7	1/4
Kayın Tam	23	-	170	90	180	7,5	1/4

Pişirme kazanın boşaltılmasından sonra alınan artık su (siyah çözelti) örneği üzerinde 20°C’de pII tayini, 0.1 N.HCl ile nötralizasyon yapılarak pH metre yardımıyla alkali tüketim miktarı bulunmuştur. Pişirme sonucunda elde edilen hamurlar önce 150 mesh’lik elek üzerine alınarak bol su ile atık suyu giderilinceye kadar yıkanmıştır. Temizlenen hamurlar laboratuvar tipi bir karıştırıcıda belli bir konsantrasyonda 20 dakika süreyle açılarak, yarık açıklığı 0.15 (mm) olan sarsıntılı vakum elçğinde elenerek pişmeyen kısımlar ayrılmıştır. Ayrılan pişmeyen kısımlar alınarak kurutulup tartılmış ve tam kuru yonga ağırlığına oranlanarak elek artığı miktarı belirlenmiştir. Elenen kısım suyunu bırakması için elle sıkılmış ve karıştırıldıktan sonra polietilen torbalara alınarak rutubetin dengelenmesi için 24 saat ağzı kapalı bir şekilde bekletilmiştir. Bu sürecin sonunda her pişirme için 3’er adet tesadüfi örnek alınıp, hamurun rutubet oranları belirlenerek elenmiş verim tayini yapılmıştır.

Deneme kağıtlarının yapılması için hamurlar TAPPI T 200 om-89 standardına göre konsantrasyonu ayarlanarak Valley tipi hollanderde 35 SR° ve 50 SR° serbestlik derecelerine kadar dövülmüştür. Hamurların 35 SR° ve 50 SR° serbestlik derecelerine kadar dövülme süreleri Tablo 2.4’de gösterilmiştir.

Her dövme kademesinden yeterli miktarda örnek alınarak ISO 5267-1 standardına göre Schopper-Riegler altında serbestlik dereceleri belirlenmiştir. Serbestlik dereceleri belirlenen hamurlardan Frank’ın Rapid Köthen laboratuvar deneme kağıdı makinesinde Zellcheming Marlbat 100 standardına göre 70 ±3 (g/cm<sup>3</sup>) ağırlığında 10’ar adet deneme kağıdı yapılmıştır.

Tablo 2.4 Farklı hamurların 35 °SR ve 50 °SR'e ulaşma süreleri.

Hamur Türü	Serbestlik Derecesi (°SR)	Dövme süresi (dak.)
Karaçam Öz	34	37
Karaçam Öz	50	43,5
Karaçam Diri	35	35
Karaçam Diri	50	41,5
Karaçam Tam	35	35
Karaçam Tam	50	44,5
Göknaar Öz	35	35
Göknaar Öz	50	47
Göknaar Diri	35	34,5
Göknaar Diri	50	43,5
Göknaar Tam	35	34,5
Göknaar Tam	50	44,5
Meşe Öz	35	15
Meşe Öz	50	19,5
Meşe Diri	35	10
Meşe Diri	50	15
Meşe Tam	35	14
Meşe Tam	50	19,5
Kayın Öz	35	12,5
Kayın Öz	50	17,5
Kayın Diri	35	11
Kayın Diri	50	15,5
Kayın Tam	35	10,5
Kayın Tam	50	14,5

#### 2.2.4.3 Kappa Numarasının Tayini

Kappa numarası 1 g tam kuru kağıt hamurunun belli şartlar altında tükettiği 0.1 N.  $KMnO_4$  çözeltisinin ml olarak miktarıdır. Genel bir kural olarak, Kappa numarası ile 0,13 faktörün çarpılması sonucu bulunan değer % olarak hamurda kalan Klosan ligninini vermektedir. Bu nedenle Kappa numarası kağıt hamurunda delignifikasyon hakkında fikir verir ki buda hamurun ağartılabilirlik derecesi için iyi bir göstergedir. Kalıntı lignin çıkarıldıktan sonra geriye kalan kısım karbohidratlardır (Rydholm 1965). Kappa numarası tayininde TAPPI T os-85 standardı kullanılmıştır.

#### 2.2.5 Kağıdın Fiziksel ve Optik Özelliklerini Belirlemede Kullanılan Yöntemler

Doğu Kayını, Süpü Meşe, Göknaar ve Karaçam'ın öz odun ve diri odunlarından yongalarından elde edilen kağıt hamurlarından dövülmemiş (15-16 °SR), 35°SR ve 50 °SR'e kadar

dövülmüş hamurlardan ISO 5269-2 standardına göre  $75\pm 2$  g/m<sup>2</sup> ağırlığında 10'ar adet deneme kağıdı yapılmıştır. Deneme kağıtları TAPPI T 402 sp-03 standardına göre ( $23\pm 2$  °C sıcaklık ve  $50\pm 2$  bağıl nem) 24 saat kondisyonlandıktan sonra aşağıda belirtilen testler yapılmıştır. Kağıtların kalınlığı TAPPI T 411 om-97, kopma indisi TAPPI T 494 om-01, patlama indisi TAPPI T 403 om-02, yırtılma indisi ise TAPPI T 414 om-98, opaklık TAPPI T 519 om-02, parlaklık TAPPI T 525 om-02, yüzey düzgünlüğü ISO 8791-2, hava geçirgenliği ise ISO 5636-3 standardına göre belirlenmiştir.

### **2.2.6 Verilerin Değerlendirilmesi**

Bu çalışmada elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 16.0 paket programı kullanılmıştır. Kağıtların fiziksel ve optiksel özellikleri arasında %95 güven aralığında ( $P<0.05$ ) farklılık olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) ve Duncan testiyle belirlenmiştir. Ağaçların öz odun ve diri odun arasındaki kimyasal farklılıklar ise aynı paket programın 't' testi ile belirlenmiştir.



## BÖLÜM 3

### BULGULAR VE İRDELEME

#### 3.1 KİMYASAL ANALİZLERE AİT BULGULAR

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarının kimyasal analizlerine ait tüm bulgular aşağıda Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Öz odun ve diri odunlarının kimyasal analiz sonuçları.

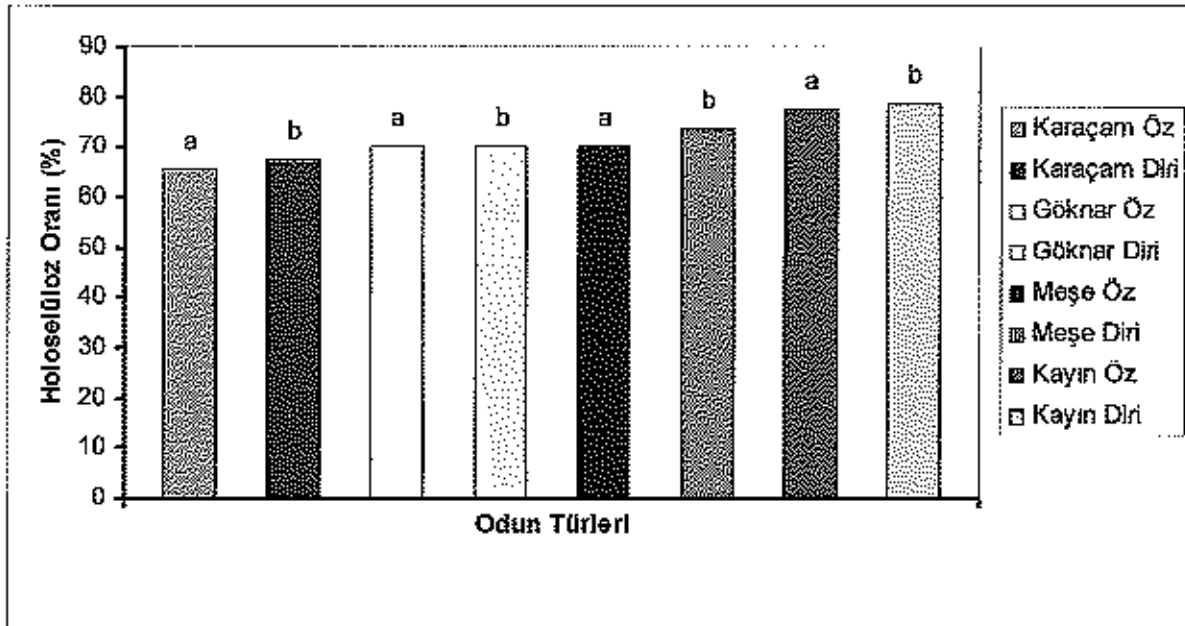
Odun Türleri	Holoselüloz Oranı (%)	$\alpha$ -selüloz Oranı (%)	Lignin Oranı (%)	Sıcak su Çöz. (%)	Soguk Su Çöz. (%)	Alkol Çöz. (%)	%1'lik NaOH Çöz. (%)
Karaçam Öz	65,42	41,84	26,57	4,29	2,40	16,64	22,30
Karaçam Diri	67,46	44,60	25,60	1,69	1,29	4,28	9,43
Göknaar Öz	70,02	46,37	26,64	2,32	1,50	1,78	7,57
Göknaar Diri	70,78	45,42	27,79	2,43	1,35	1,82	8,60
Meşe Öz	70,11	39,97	26,93	8,55	5,66	6,83	21,43
Meşe Diri	73,60	40,63	21,64	6,59	4,41	5,26	18,16
Kayın Öz	77,51	42,61	22,88	2,99	1,52	1,75	15,50
Kayın Diri	78,84	41,05	22,43	3,09	2,01	1,91	14,80

##### 3.1.1 Holoselüloz Tayini Sonuçları

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunları için 3'er adet holoselüloz deneyi yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.2'de, % 95 farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.2 Öz odun ve diri odunların holoselüloz deneyi sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odun Türü	N	Ortalama (%)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam Öz	3	65,42	0,49	65,07	65,76
Karaçam Diri	3	67,46	0,02	67,44	67,48
Göknar Öz	3	70,02	0,55	69,39	70,35
Göknar Diri	3	70,78	1,89	68,97	72,74
Meşe Öz	3	70,11	0,97	69,27	71,17
Meşe Diri	3	73,60	0,11	73,49	73,70
Kayın Öz	3	77,51	0,33	77,17	77,83
Kayın Diri	3	78,84	0,16	78,66	78,97



Şekil 3.1 Holoselüloz deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren T testine ait sonuçlar (Farklı harfler  $P < 0.05$  önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir).

Tablo 3.2 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre çalışmada kullanılan ağaçların öz odun kısımlarında holoselüloz oranının diri odun kısımlarına göre düşük oranda çıkmıştır. En yüksek holoselüloz oranı %78,84 ile Kayın diri odunda, en düşük holoselüloz oranı ise %65,42 ile Karaçam öz odununda belirlenmiştir.

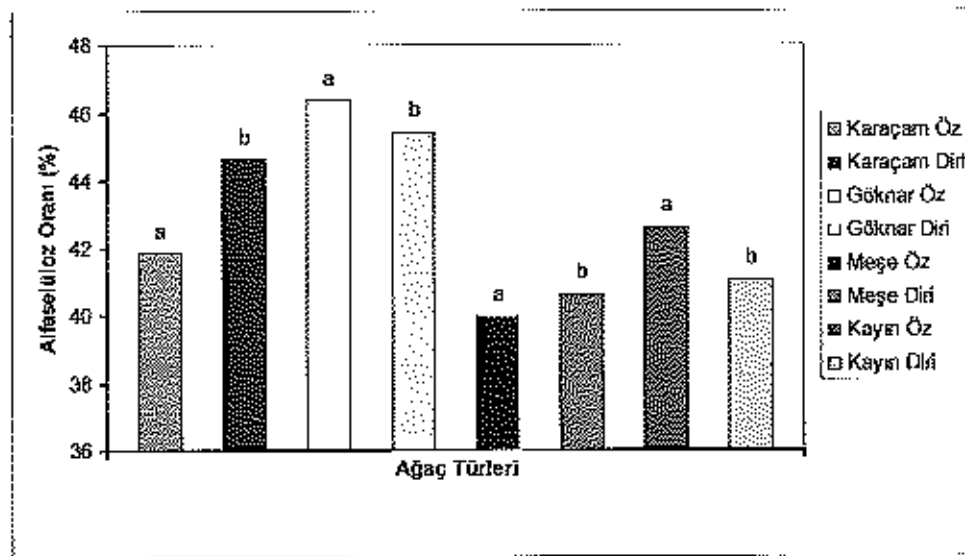
Şekil 3.1'de görüldüğü gibi *Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarının holoselüloz oranları arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

### 3.1.2 $\alpha$ -selüloz Tayini Sonuçları

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunları için 3'er adet  $\alpha$ -selüloz deneyi yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.3'de, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.2'da verilmiştir.

Tablo 3.3 Öz odun ve diri odunların  $\alpha$ -selüloz deneyi sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odon Türü	N	Ortalama (%)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam Öz	3	41,84	0,058	63,91	64,00
Karaçam Diri	3	44,60	0,34	65,84	66,50
Göknaar Öz	3	46,37	0,28	62,68	63,18
Göknaar Diri	3	45,42	7,53	64,17	77,22
Meşe Öz	3	39,97	0,50	56,50	57,50
Meşe Diri	3	40,63	0,64	54,50	55,72
Kayın Öz	3	42,61	0,66	54,22	55,50
Kayın Diri	3	41,05	0,51	51,50	52,50



Şekil 3.2  $\alpha$ -selüloz deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren T testine ait sonuçlar.

Tablo 3.3 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre; çalışmada kullanılan ağaçlardan Karaçam ve Meşe'nin öz odun kısımlarında  $\alpha$ -selüloz oranlarının diri odun kısımlarına göre düşük oranda, Göknaar ve Kayın'nın öz odun kısımlarında  $\alpha$ -selüloz oranlarının diri odun

kisimlarına göre yüksek çıkmıştır. En yüksek  $\alpha$ -selüloz oranı %46,32 ile Gökmar öz odunda, en düşük  $\alpha$ -selüloz oranı ise % 39,97 ile Meşe öz odununda belirlenmiştir.

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi *Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.’nın öz odun ve diri odunlarının  $\alpha$ -selüloz oranları arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

### 3.1.3 Lignin Tayini Sonuçları

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.’nın öz odun ve diri odunları için 3’er adet lignin deneyi yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.4’de, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Tukey testine ait sonuçlar ise Şekil 3.3’de verilmiştir.

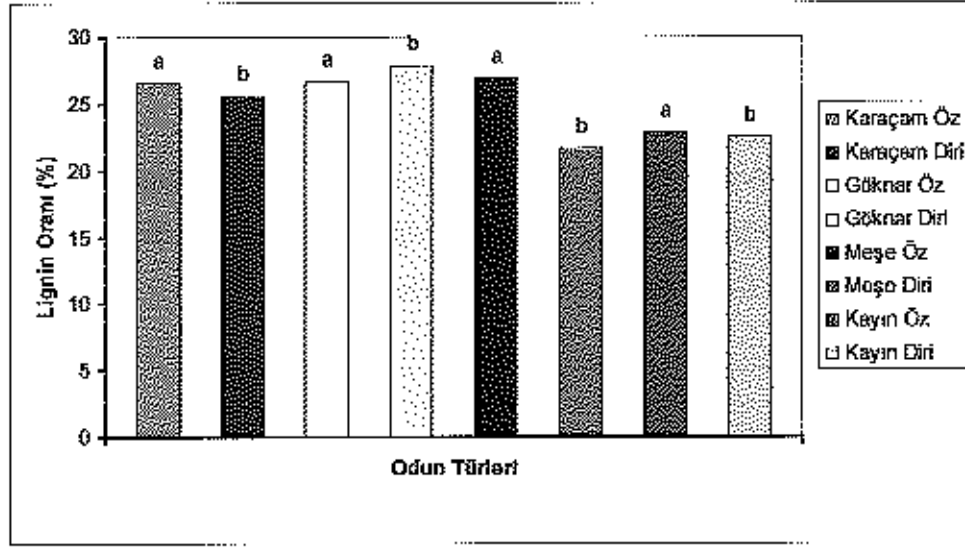
Tablo 3.4 Öz odun ve diri odunlarının lignin deneyi sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odun Türü	N	Ortalama (%)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam Öz	3	26,57	0,45	26,05	26,85
Karaçam Diri	3	25,60	0,25	25,31	25,76
Gökmar Öz	3	26,64	0,59	26,30	27,32
Gökmar Diri	3	27,79	0,27	27,49	28,02
Meşe Öz	3	26,93	1,38	25,76	28,45
Meşe Diri	3	21,64	1,14	20,32	22,38
Kayın Öz	3	22,88	2,07	21,29	25,22
Kayın Diri	3	22,43	0,11	22,31	22,53

Tablo 3.4 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre; çalışmada kullanılan ağaçlardan Karaçam, Kayın ve Meşe’nin öz odun kısımlarında lignin oranlarının diri odun kısımlarına göre yüksek oranda olduğu, Gökmar’ın ise öz odun kısmında lignin oranlarının diri odun kısımlarına göre az oranda çıkmıştır. En yüksek lignin oranı % 27,79 ile Gökmar diri odunda, en düşük lignin oranı ise % 21,64 ile meşe diri odununda belirlenmiştir.

Şekil 3.3’de görüldüğü gibi *Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.’nın öz odun ve diri odunlarının lignin oranları arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.





Şekil 3.3 Lignin deneyi sonuçlarının sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren T testine ait sonuçlar.

### 3.1.4 Sıcak Su Çözünürlüğü Deney Sonuçları

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Am.'nın öz odun ve diri odunları için 3'er adet sıcak su çözünürlüğü deneyi yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.5'de, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.4'de verilmiştir.

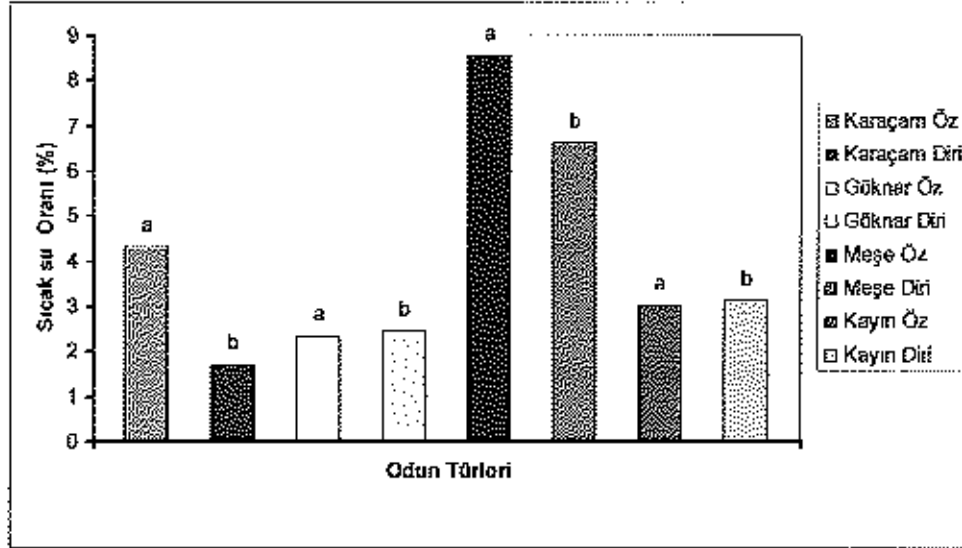
Tablo 3.5 Öz odun ve diri odunların sıcak su çözünürlüğü deneyi sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odun Türü	N	Ortalama (%)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam Öz	3	4,29	0,17	4,19	4,49
Karaçam Diri	3	1,69	0,17	1,56	1,88
Gökknar Öz	3	2,32	0,07	2,24	2,39
Gökknar Diri	3	2,43	0,11	2,30	2,49
Meşe Öz	3	8,55	0,16	8,36	8,64
Meşe Diri	3	6,59	0,18	6,46	6,79
Kayın Öz	3	2,99	0,43	2,54	3,40
Kayın Diri	3	3,09	0,08	3,00	3,15

Tablo 3.5 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre; çalışmada kullanılan ağaçlardan Karaçam, Meşe'nin öz odun kısımlarında yapılan sıcak su çözünürlüğü oranlarına diri odun

kisimlarına göre yüksek oranda olduğu, Göknar ve Kayın'ın ise öz odun kısmında yapılan sıcak su çözünürlüğü oranlarının diri odun kısımlarına göre az oranda çıkmıştır.

En yüksek sıcak su çözünürlüğü % 8,55 ile Meşe öz odununda bulunmuştur. Bunun nedeni Meşe odununda ekstraktiflerden tanen oranının yüksek olmasıdır. En düşük sıcak su çözünürlüğü ise % 1,69 ile Karaçam diri odununda belirlenmiştir.



Şekil 3.4 Sıcak su çözünürlük deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren T testine ait sonuçlar.

Şekil 3.4'de görüldüğü gibi *Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarının sıcak su çözünürlüğü oranları arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

### 3.1.5 Soğuk Su Çözünürlüğü Deneyi Sonuçları

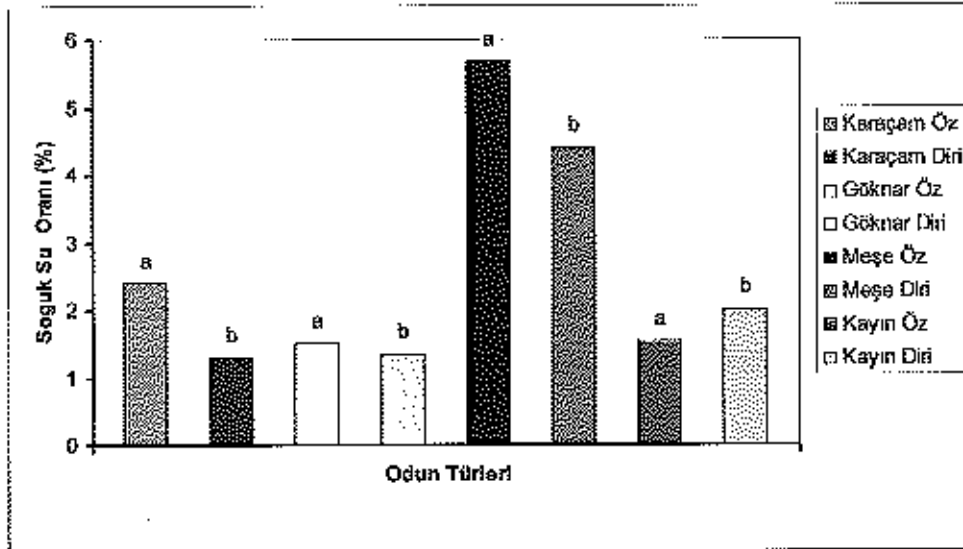
*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunları için 3'er adet soğuk su çözünürlüğü deneyi yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.6'da, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.5'de verilmiştir.

Tablo 3.6 Öz odun ve diri odunların soğuk su çözünürlüğü ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odun Türü	N	Ortalama (%)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam Öz	3	2,40	0,02	2,38	2,42
Karaçam Diri	3	1,29	0,08	1,21	1,37
Göknaar Öz	3	1,50	0,45	0,87	1,90
Göknaar Diri	3	1,35	0,07	1,29	1,41
Meşe Öz	3	5,66	0,49	5,19	6,18
Meşe Diri	3	4,41	0,36	4,04	4,76
Kayın Öz	3	1,52	0,38	1,06	1,89
Kayın Diri	3	2,01	0,60	1,46	2,77

Tablo 3.6 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre; çalışmada kullanılan ağaçlardan Karaçam, Göknaar ve Meşe'nin öz odun kısımlarında yapılan soğuk su çözünürlüğü oranlarının diri odun kısımlarına göre yüksek oranda olduğu, Kayın'ın ise öz odun kısmında yapılan soğuk su çözünürlüğü oranının diri odun kısmına göre az oranda çıkmıştır.

En yüksek soğuk su çözünürlük oranı Meşe öz ve diri odununda bulunmuştur. Meşe öz odununda bulunmuştur. Bunun nedeni Meşe odununda suda çözünen tanen oranının yüksek olmasıdır.



Şekil 3.5 Soğuk su çözünürlüğü deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıklar gösteren T testine ait sonuçlar.

Şekil 3.5'de görüldüğü gibi *Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarının soğuk su çözünürlüğü oranları arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

### 3.1.6 %1'lik NaOH Çözünürlüğü Deney Sonuçları

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunları için 3'er adet %1'lik NaOH çözünürlüğü deneyi yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.7'de, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Tukey testine ait sonuçlar ise Şekil 3.6'da verilmiştir.

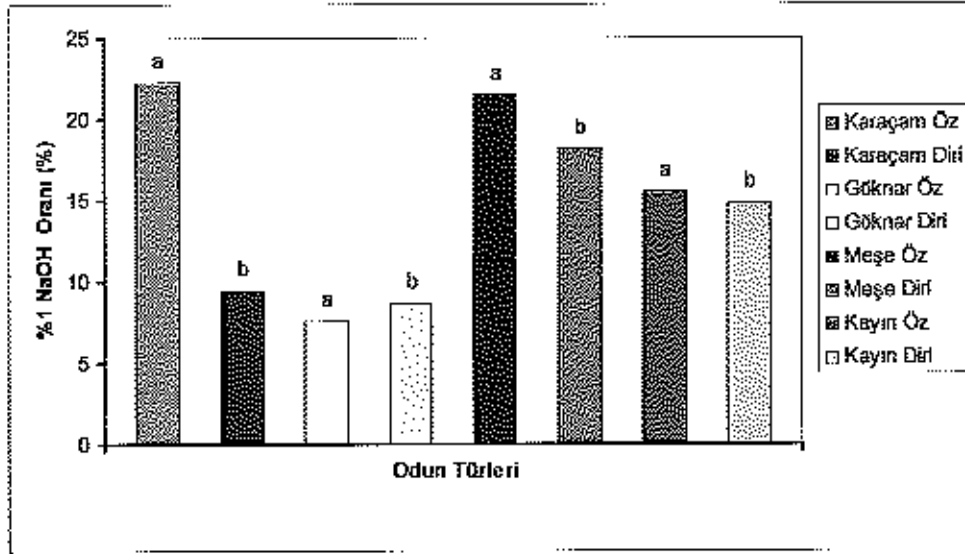
Tablo 3.7 Öz odun ve diri odunların %1'lik NaOH çözünürlüğü deneyi sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odun Türü	N	Ortalama (%)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam Öz	3	22,30	0,63	21,62	22,85
Karaçam Diri	3	9,43	0,47	8,99	9,89
Göknuar Öz	3	7,57	0,02	7,55	7,59
Göknuar Diri	3	8,60	0,16	8,42	8,71
Meşe Öz	3	21,43	0,38	21,01	21,72
Meşe Diri	3	18,16	0,20	17,92	18,29
Kayın Öz	3	15,50	0,19	15,30	15,67
Kayın Diri	3	14,80	0,13	14,65	14,89

Tablo 3.7 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre; çalışmada kullanılan ağaçlardan Karaçam, Kayın ve Meşe'nin öz odun kısımlarında yapılan %1'lik NaOH çözünürlüğü oranlarının diri odun kısımlarına göre yüksek oranda olduğu, Göknuar'ın ise öz odun kısmında yapılan %1'lik NaOH Çözünürlüğü oranının diri odun kısmına göre az oranda çıkmıştır.

En yüksek %1 NaOH çözünürlüğü % 22,30 ile Karaçam öz odununda bulunmuştur. Ayrıca, Meşe öz ve diri odununda da yüksek değerler bulunmuştur. Bu durum Karaçamda reçine oranının yüksek olması ve reçinenin NaOH ile sabunlaşması ve çözünmesi nedeniyle olabilir. Meşe ve Kayın da ise tanenlerin çözünmesinden dolayı olabilir.

Şekil 3.6'de görüldüğü gibi *Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf. ve *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarının %1 NaOH çözünürlüğü oranları arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.



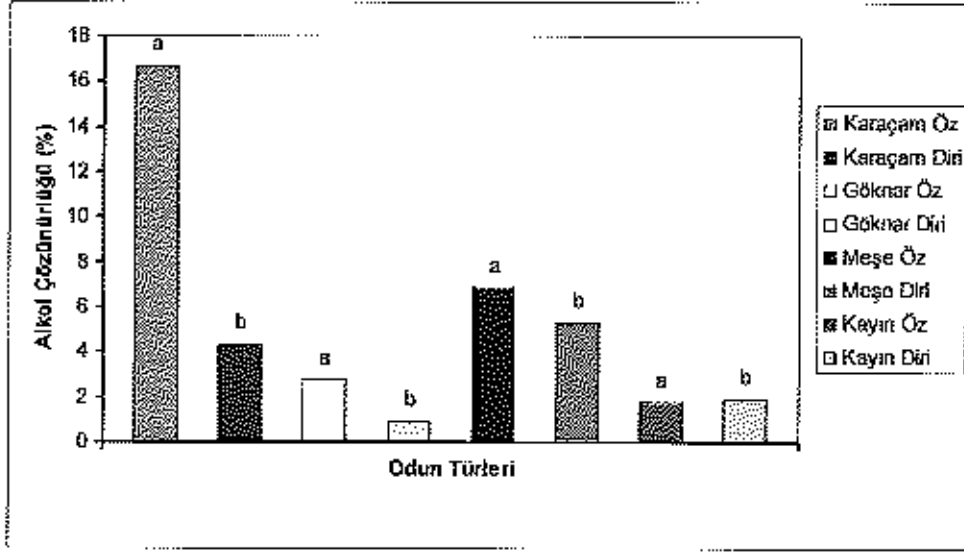
Şekil 3.6 %1 NaOH Çözünürlüğü deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıklar gösteren T testine ait sonuçlar.

### 3.1.7 Alkol Çözünürlüğü Dency Sonuçları

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf. ve *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunları için 3'er adet sıcak alkol çözünürlüğü deneyi yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.8'de, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.7'de verilmiştir.

Tablo 3.8 Öz odun ve Diri odunlarının alkol çözünürlüğü deneyi sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odun Türü	N	Ortalama (%)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam Öz	3	16,64	0,28	16,41	16,95
Karaçam Diri	3	4,28	0,32	4,10	4,65
Göknar Öz	3	2,77	0,03	2,74	2,80
Göknar Diri	3	0,94	0,14	0,79	1,07
Meşe Öz	3	6,83	0,05	6,80	6,88
Meşe Diri	3	5,26	0,32	4,90	5,51
Kayın Öz	3	1,75	0,49	1,25	2,24
Kayın Diri	3	1,90	0,50	1,40	2,40



Şekil 3.7 Alkol çözünürlüğü deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren T testine ait sonuçlar.

Tablo 3.8 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre; çalışmada kullanılan ağaçlardan Karaçam, Göknar ve Meşe'nin öz odun kısımlarında yapılan alkol çözünürlüğü oranlarının diri odun kısımlarına göre yüksek oranda olduğu, Kayın'ın ise öz odun kısmında yapılan alkol çözünürlüğü oranının diri odun kısmına göre az oranda çıkmıştır.

En yüksek alkol çözünürlüğü % 16,64 ile Karaçam öz odununda bulunmuştur. Bunun nedeni yüksek reçine oranı olabilir. En düşük alkol çözünürlüğü oranı ise % 1,75 ile Kayın öz odununda bulunmuştur.

Şekil 3.7'de görüldüğü gibi *Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf. ve *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarının alkol çözünürlüğü oranları arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

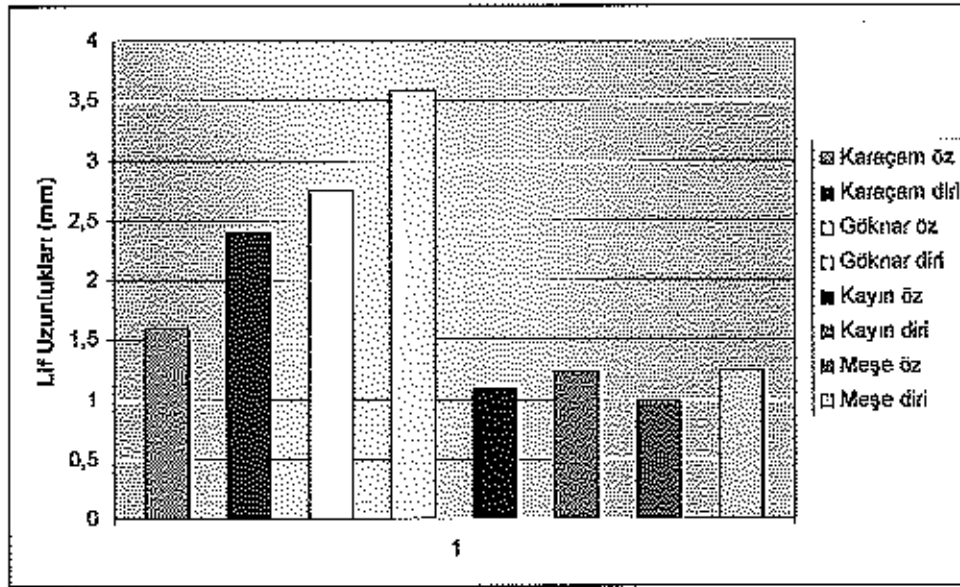
### 3.2 LİF UZUNLUKLARINA AİT BULGULAR

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odun odunlarından elde edilen liflerin morfolojik özelliklerini belirlemek amacıyla her bir odun türünün lif uzunluğu, lif genişliği, lif lümen genişliği, lif çeper kalınlığı ve trake hücre uzunluğu ölçülmüştür. Tüm ölçüm sonuçlarının ortalama değerleri Tablo 3.9'da, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testiye ait sonuçlar ise Şekil 3.8'de verilmiştir.

Tablo 3.9 Öz odun ve diri odunlarının lif morfolojik özellikleri.

Odun türü	Lif Uzunluğu (mm)	Lif Genişliği (µm)	Lümen Çapı (µm)	Ç.Ç.K. (µm)	Trahe uzunluğu (mm)
Karaçam öz	1,582	36,50	25,00	4,800	-
Karaçam diri	2,399	42,00	30,40	11,60	-
Göknaar öz	2,749	41,33	31,72	10,55	-
Göknaar diri	3,583	49,58	39,50	10,08	-
Kayın öz	1,083	22,36	6,140	16,21	0,590
Kayın diri	1,229	23,75	6,040	17,71	0,710
Meşe öz	0,974	18,40	9,400	9,000	0,470
Meşe diri	1,240	22,50	9,800	12,70	0,580

Tablo 3.9 incelendiğinde çalışmada kullanılan ağaçların öz odunlarından elde edilen lif boyutlarının diri odunlarından elde edilen liflere göre kısa çıktığı tespit edilmiştir. En uzun lif uzunluğu 2,399 mm ile Karaçam diri odununda en küçük lif uzunluğu ise 0,974 mm ile Meşe öz odununda bulunmuştur.



Şekil 3.8 Lif uzunluğu ölçüm sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.

Şekil 3.8'de görüldüğü gibi *Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf. ve *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarının lif uzunlukları arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

### 3.3 SİYAHİ ÇÖZELTİ ANALİZLERİ VE VERİMLE İLGİLİ BULGULAR

Siyahî çözelti üzerinde yapılan PII analizinin sonuçları ile çalışmada kullanılan Karaçam, Gökmar, Meşe ve Kayın ağaçlarının öz odun, diri odun ve tamından elde edilen kağıt hamurların verimlerine ait sonuçlar Tablo 3.10'da verilmiştir. Tablo 3.10'da görüldüğü gibi, ağaçların öz odun, diri odun ve tamından elde edilen hamurlar içerisinde en yüksek verim ibrelî ağaç türlerine ait çıkmıştır.

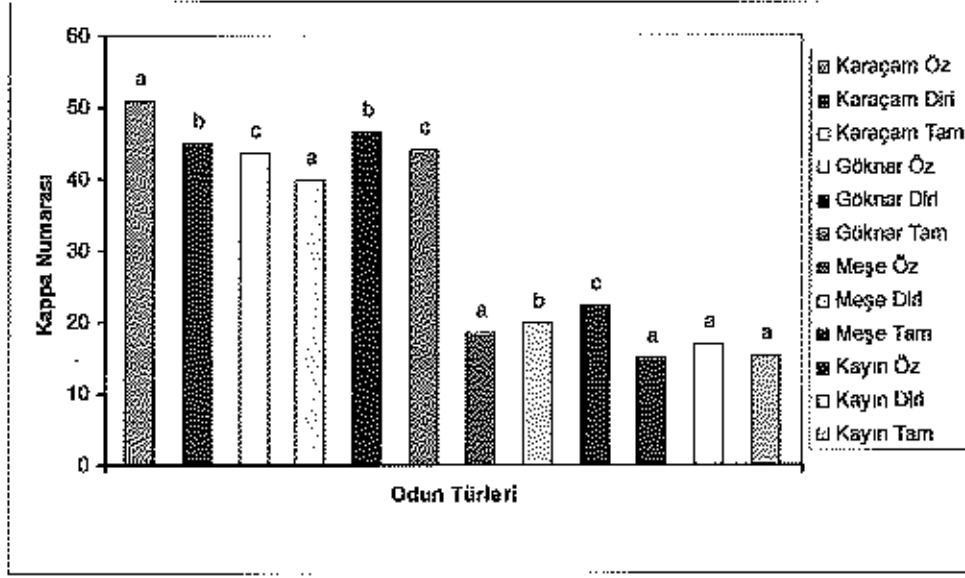
Belirli koşullar altında 1 g hamur tarafından tüketilen 0,1 N  $KMnO_4$  çözeltisinin ml cinsinden ifadesi olan Kappa numarası hamurda kalan lignin miktarı ile ilgili olup pişirmede hamurdan ligninin uzaklaşma derecesini gösterir (Kırcı 2003). Tablo 3.10 incelendiğinde Kappa numarası en yüksek Karaçam öz'den elde edilen hamurda olduğu, Kappa numarası en düşük ise Kayın öz'den elde edilen hamurda olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, Kappa numaralarına ait % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar Şekil 3.9'da verilmiştir.

Tablo 3.10 Siyahî çözelti analizlerinin ve kağıt hamuru verimlerinin sonuçları.

Odun Türleri ve Analizler	Kappa Numarası	PH Değeri	Kuru Madde miktarı (%)	Elenmiş Verim (%)	Elek atığı (%)	Toplam Verim (%)
Karaçam öz	50,90	13,13	20,1	38,71	1,93	40,64
Karaçam diri	44,96	13,25	23,85	43,86	2,66	46,52
Karaçam tam	43,60	13,27	23,56	43,45	2,27	45,72
Gökmar öz	39,80	13,28	20,83	48,08	0,43	48,51
Gökmar diri	46,40	13,14	23,32	44,21	2,62	46,83
Gökmar tam	44,02	13,29	24,15	46,22	1,72	46,94
Meşe öz	18,52	13,03	24,69	33,18	0,275	33,46
Meşe diri	19,75	13,27	21,98	30,83	0,02	30,85
Meşe tam	22,25	13,24	22,50	35,10	1,77	36,87
Kayın öz	14,99	13,44	23,83	37,87	0,73	38,6
Kayın diri	16,95	13,34	22,01	36,52	0,10	36,53
Kayın tam	15,34	13,46	23,68	34,17	0,10	34,18

İbrelî ağaçlarda Kappa numaraları 40-50 civarında, yapraklı ağaçlarda ise 15-22 arasında değişmektedir. Bunun nedeni ibrelî ağaçlarda lignin oranının yüksek, yapraklı ağaçlarda ise düşük olmasıdır. En yüksek Kappa numarası 50,9 ile Karaçam öz odununda en düşük Kappa numarası ise 14,99 ile Kayın öz odununda bulunmuştur.

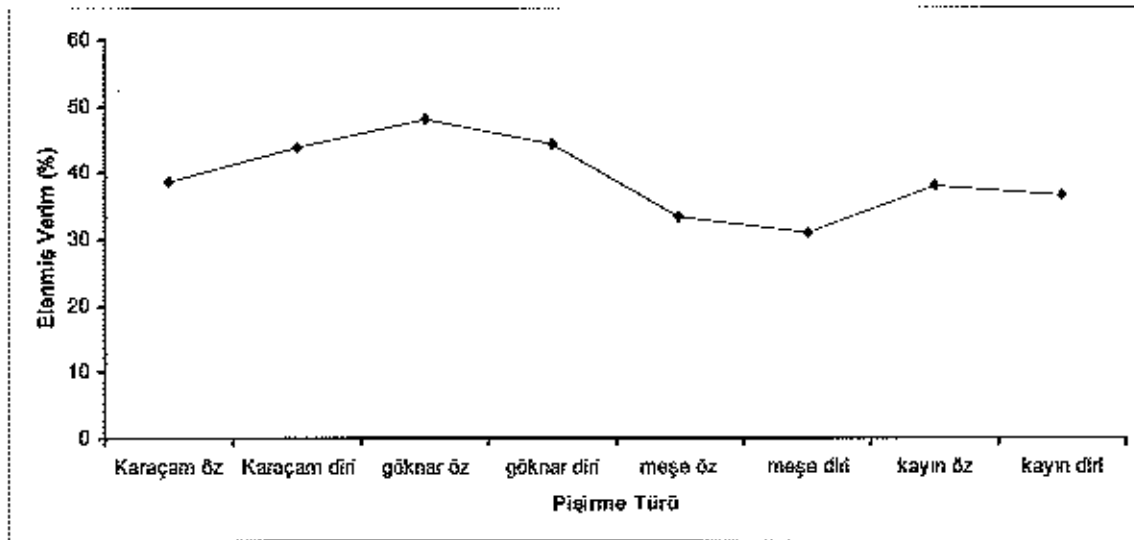




Şekil 3.9 Hamurların Kappa numaralarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.

Şekil 3.9'da görüldüğü gibi;

- Kayın'ın öz odun, diri odun ve tamından elde edilen hamurların Kappa numaraları arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olmadığı tespit edilmiştir.
- Karaçam, Göknar ve Meşe'nin öz odun, diri odun ve tamından elde edilen hamurların Kappa numaraları arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.10 Hamurların elenmiş verimlerinde meydana gelen değişim.

Şekil 3.10 incelendiğinde Göknaş haric diğer odun türlerinin pişirmesiyle elde edilen hamurların elenmiş verimlerinin diri odunlarda artmış oldukları tespit edilmiştir. En düşük elenmiş verim %30,83 ile Meşe diri odunundan elde edilmiş hamurdan, en yüksek elenmiş verim ise Göknaş öz odununun hamurundan elde edilmiştir.

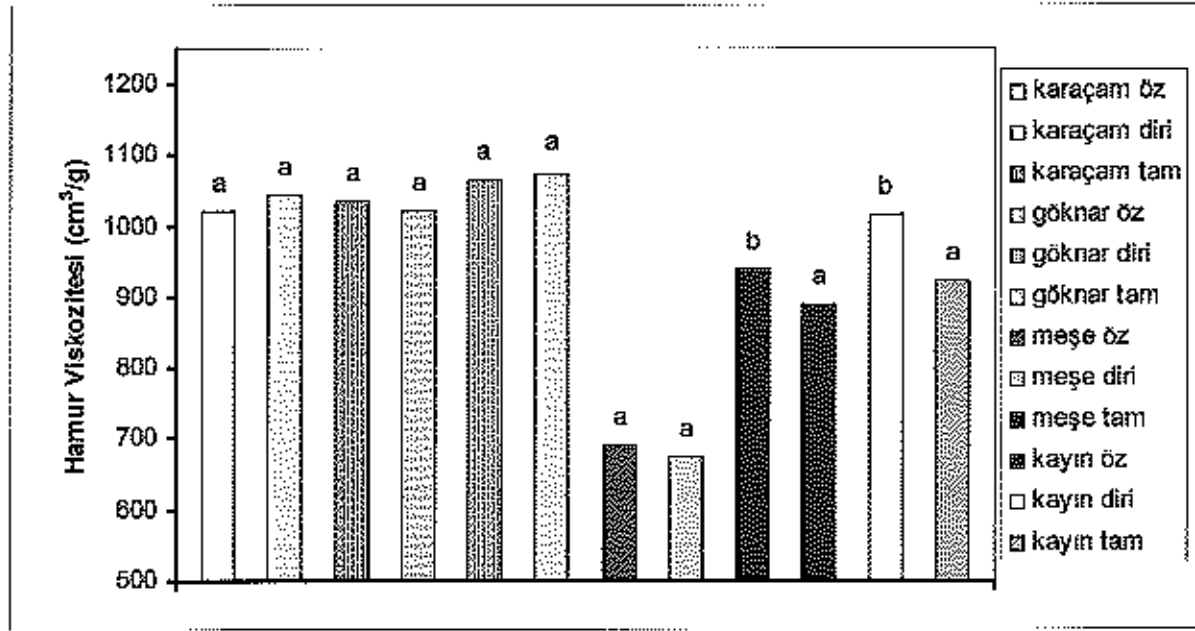
### 3.4 HAMURLARIN VİSKOZİTE ÖLÇÜMLERİ İLE İLGİLİ BULGULAR

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun, diri odun ve tam odunlarından Kraft ve soda metotları kullanılarak elde edilen hamurların 3'er adet viskozite ölçümleri ile ilgili sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.11'de, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.11'de verilmiştir.

Tablo 3.11 Hamurların viskozite ölçüm sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odun Türü	N	Ortalama (cm <sup>3</sup> /gr)	Standart Sapma	Maksimum Değer	Minimum Değer
Karaçam öz	3	1021,08	14,82	1036,39	1006,80
Karaçam diri	3	1042,19	22,73	1064,74	1019,27
Karaçam tam	3	1034,50	23,61	1057,68	1010,47
Göknaş öz	3	1020,61	41,28	1061,48	978,922
Göknaş diri	3	1065,92	25,80	1092,29	1040,72
Göknaş tam	3	1072,27	20,50	1093,19	1052,21
Meşe öz	3	689,58	28,03	715,698	659,964
Meşe diri	3	673,94	24,51	698,683	649,651
Meşe tam	3	938,23	18,43	956,977	920,126
Kayın öz	3	887,91	1,900	890,110	886,615
Kayın diri	3	1015,70	26,43	1037,70	986,302
Kayın tam	3	921,06	22,82	946,46	902,261

İbrcli ağaçların hamurlarının viskoziteleri yapraklı ağaçlarda daha yüksek bulunmuştur. En yüksek viskozite 1072 ve 1065 cm<sup>3</sup>/gr ile Göknaş tam odununda ve Göknaş diri odununda bulunmuştur. En düşük viskozite 689 ve 673 cm<sup>3</sup>/gr ile Meşe öz ve diri odununda bulunmuştur.



Şekil 3.11 Hamurların viskozite ölçümlerinin % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.

Şekil 3.11’de görüldüğü gibi;

- Karaçam ve Göknar’ın öz odun, diri odun ve tamından elde edilen hamurların viskoziteleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olmadığı tespit edilmiştir.
- Meşe’nin öz odun ve diri hamurlarının viskozitelerinin, Meşe’nin tamından elde edilen hamurların viskoziteleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Kayın’ın öz ve tamamının hamurlarının viskozitelerinin, Kayın’ın diri odunundan elde edilen hamurların viskoziteleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

### 3.5 KAĞITLARIN FİZİKSEL VE OPTİK TESTLERİNE AİT BULGULAR

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.’nın öz odun ve diri odunlarında Kraft ve soda metotları kullanılarak elde edilen dövülmemiş, 35-50 °SR’lik kağıtların, patlama, yırtılma, gerilme, kopma, yüzey düzgünlüğü, opaklık ve parlaklık testlerinin sonuçlarına ait bulgular aşağıda verilmiştir.

### 3.5.1 Dövülmemiş Hamurdan Yapılan Kağıtların Fiziksel ve Optik Testlerine Ait Bulgular

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies hornmülleriana* Matf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarında Kraft ve soda metotları kullanılarak elde edilen dövülmemiş (15 °SR'lik) hamurlardan yapılan kağıtların, patlama, yırtılma, gerilme, kopma, hava geçirgenliği, yüzey düzgünlüğü, opaklık ve parlaklık testlerinin sonuçlarına ait tüm bulgular aşağıda Tablo 3.12'de verilmiştir.

Tablo 3.12 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların fiziksel ve optik test sonuçları.

Odon Türü	Patlama İndisi (kPa.m <sup>2</sup> /g)	Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /g)	Gerilme (mm)	Kopma Direnci (Newton)	Yüzey Düzgünlüğü (ml/dak)	Parlaklık (%)	Opaklık (%)
Karaçam Öz	3,28	1,03	2,60	58,48	560,4	20,808	99,795
Karaçam Diri	2,44	1,34	1,54	46,78	962,6	18,873	99,532
Karaçam Tam	2,46	1,45	1,79	45,37	814,4	18,352	99,701
Göknaar Öz	2,90	1,39	1,94	59,06	597,8	21,352	99,739
Göknaar Diri	2,18	1,58	1,38	43,88	932,2	18,812	99,471
Göknaar Tam	2,49	1,48	1,52	47,89	842,2	20,569	99,606
Meşe Öz	0,74	0,19	0,57	20,04	910,9	15,605	99,183
Meşe Diri	0,68	0,12	0,42	15,43	747,1	21,815	99,98
Meşe Tam	0,77	0,20	0,43	20,62	815,3	17,311	99,961
Kayın Öz	0,80	0,26	0,49	24,44	835,7	25,548	99,929
Kayın Diri	0,81	0,32	0,81	31,70	711,9	24,333	99,912
Kayın Tam	0,86	0,27	0,53	26,60	781	25,580	99,909

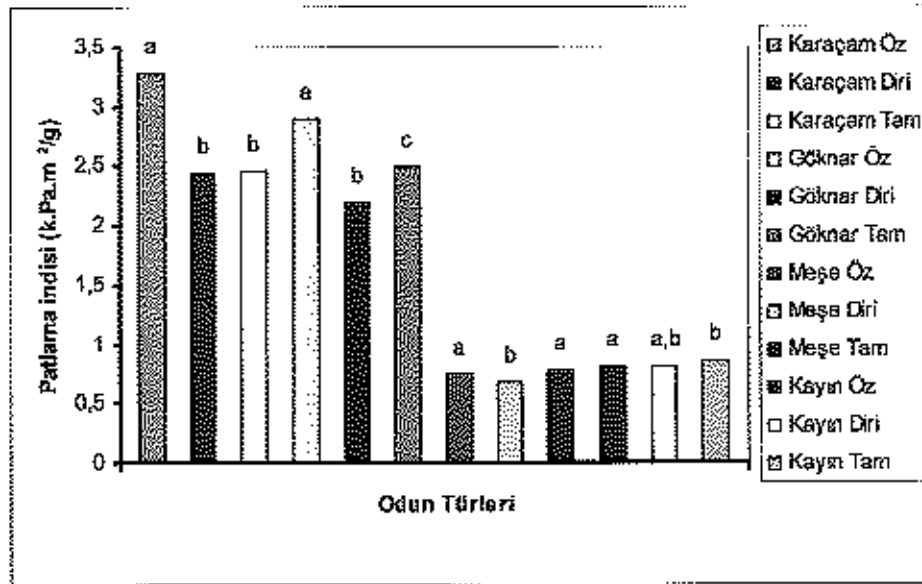
#### 3.5.1.1 Dövülmemiş Hamurdan Yapılan Kağıtların Patlama İndisi Test Sonuçları

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies hornmülleriana* Matf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarından Kraft ve soda metotları kullanılarak elde edilen dövülmemiş hamurdan yapılan kağıtların 10'ar adet patlama indisi testleri yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.13'de, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçları gösteren Şekil ise Şekil 3.12'de verilmiştir.

Tablo 3.13 Dövülmemiş hamurdan yapılan kağıtların patlama indisi sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odun Türü	N	Ortalama (kPa.m <sup>2</sup> /g)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam Öz	10	3,28	0,11	3,06	3,33
Karaçam Diri	10	2,44	0,11	2,26	2,53
Karaçam Tam	10	2,46	0,14	2,26	2,66
Göknaar Öz	10	2,90	0,14	2,80	3,06
Göknaar Diri	10	2,18	0,11	2,13	2,40
Göknaar Tam	10	2,49	0,22	2,26	2,80
Meşe Öz	10	0,74	0,02	0,73	0,80
Meşe Diri	10	0,68	0,02	0,66	0,73
Meşe Tam	10	0,77	0,03	0,73	0,80
Kayın Öz	10	0,80	0	0,80	0,80
Kayın Diri	10	0,81	0,02	0,80	0,86
Kayın Tam	10	0,86	0,06	0,80	0,93

Tablo 3.13 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre çalışmada kullanılan ağaçların öz odun kısımların dövülmemiş hamurlarından elde edilen kağıtların patlama indisi özelliğinin diri odun kısımlarına göre yüksek çıkmıştır. İbrelili ağaçların patlama indisi yapraklı ağaçlara göre % 200-300 fazla çıkmıştır. Bunun nedeni ibrelili ağaçların liflerinin çok daha uzun olmasıdır. Çalışmada kullanılan ağaçların öz odun ve diri odunlarının kullanım oranlarına göre ağaç türünün tamamından elde edilen dövülmemiş kağıtların patlama indisi özelliği öz yada diri odun oran miktarı yüksek olanla aynı özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. En yüksek patlama indisi Karaçam'da gözlemlenmiştir.



Şekil 3.12 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indisi deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait.

Şekil 3.12’de görüldüğü gibi;

- Karaçam’ın öz odunundan elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının patlama indisi özelliğinin, Karaçam’ın diri odunu ve tamamından elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının patlama indisi özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Gökmar’ın öz odun, diri odun ve tamamından elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının patlama indisi özellikleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Meşenin diri odunundan elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının patlama indisi özelliğinin, Meşe’nin öz odunu ve tamamından elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının patlama indisi özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Kayın’ın öz odunundan elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının patlama indisi özelliğinin, Kayın’ın diri odunundan elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının patlama indisi özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

### 3.5.1.2 Dövülmemiş Hamurdan Yapılan Kağıtların Yırtılma İndisi Test Sonuçları

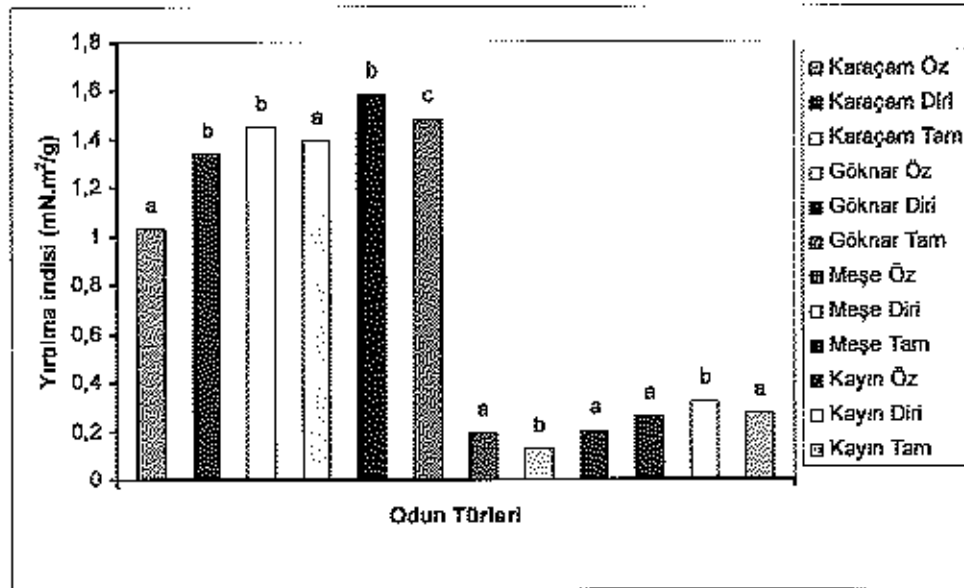
*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.’nın öz odun ve diri odunlarından Kraft ve soda metotları kullanılarak elde edilen dövülmemiş hamurdan yapılan kağıtların 10’ar adet yırtılma indisi testleri yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.14’de, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçları ise Şekil 3.13’de verilmiştir.

Tablo 3.14 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre çalışmada kullanılan Karaçam, Gökmar ve Kayın’ın öz odun kısımların dövülmemiş hamurlarından elde edilen kağıtların yırtılma indisi özelliğinin diri odun kısımlarına göre düşük, Meşe’nin öz kısmının dövülmemiş hamurlarından elde edilen kağıtların yırtılma indisi özelliğinin diri odun kısmına göre yüksek çıkmıştır.

Tablo 3.14 Dövülmemiş hamurdan yapılan kağıtların yırtılma indisi sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odan Türü	N	Ortalama (mN.m <sup>2</sup> /g)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam Öz	10	1,03	0,03	1,00	1,06
Karaçam Diri	10	1,34	0,08	1,20	1,41
Karaçam Tam	10	1,45	0,12	1,30	1,60
Gökmar Öz	10	1,39	0,13	1,33	1,62
Gökmar Diri	10	1,58	0,14	1,44	1,76
Gökmar Tam	10	1,48	0,22	1,33	1,86
Meşe Öz	10	0,19	0,02	0,16	0,21
Meşe Diri	10	0,12	0,02	0,10	0,16
Meşe Tam	10	0,20	0,01	0,18	0,21
Kayın Öz	10	0,26	0,01	0,24	0,29
Kayın Diri	10	0,32	0	0,32	0,32
Kayın Tam	10	0,27	0,04	0,21	0,32

Liflerin uzun olması nedeniyle Karaçam ve Gökmar'da yırtılma indisi yüksek çıkmıştır. En yüksek yırtılma indisi 1,58 mN.m<sup>2</sup>/g ile Gökmar diri odunundan elde edilmiştir. En düşük yırtılma indisi ise 0,12 mN.m<sup>2</sup>/g ile Meşe diri odunundan elde edilmiştir. Bu da Meşe odununun kağıt yapımına uygun olmadığını göstermektedir. Ancak, düzgeın yüzey verdiğiinden MDF yapımında kullanılabilir.



Şekil 3.13 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların yırtılma deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıklar.

Çalışmada kullanılan ağaçların öz odun ve diri odunlarının kullanım oranlarına göre ağaç türünün tamamından elde edilen dövülmemiş kağıtların yırtılma indisi özelliği öz yada dirinin oran miktarı yüksek olanla aynı özelliği gösterdiği tespit edilmiştir.

Şekil 3.13’de görüldüğü gibi;

- Karaçam’ın öz odunundan elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının yırtılma indisi özelliğinin, Karaçam’ın diri odunu ve tamamından elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının yırtılma indisi özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Göknar’ın öz odun, diri odun ve tamamından elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının yırtılma indisi özellikleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Meşe ve Kayın’ın diri odunundan elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının yırtılma indisi özelliğinin, Meşe’nin öz odunu ve tamamından elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının yırtılma indisi özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

Öz odunlarda lif uzunluğu diri odunlardan daha düşük olduğundan ve bağlama yeteneği zayıflığından dolayı yırtılma indisi öz odundan yapılan kağıtlarda düşmektedir.

### 3.5.1.3 Dövülmemiş Hamurdan Yapılan Kağıtların Gerilme Direnci Test Sonuçları

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.’nın öz odun ve diri odunlarından Kraft ve soda metotları kullanılarak elde edilen dövülmemiş hamurdan yapılan kağıtlardan 10’ar adet gerilme direnç testleri yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.15’de, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testi ait sonuçlar ise Şekil 3.14’de verilmiştir.

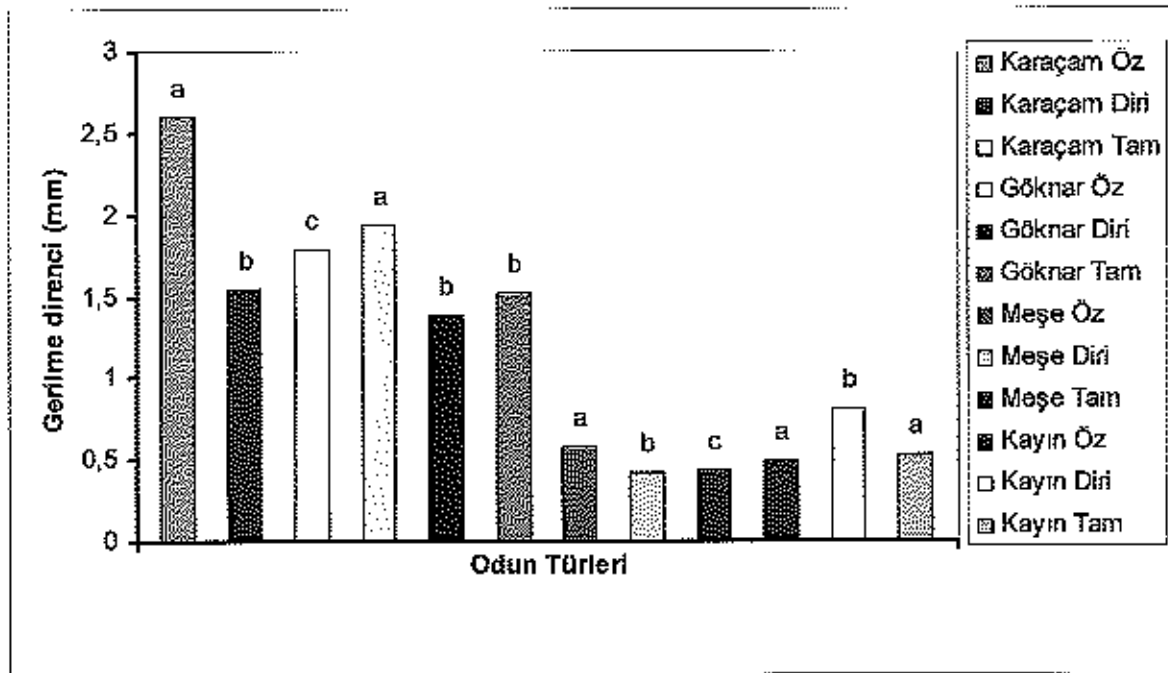
Tablo 3.15 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre çalışmada kullanılan Karaçam, Göknar ve Kayın’ın öz odun kısımların dövülmemiş hamurlarından elde edilen kağıtların gerilme direnç özelliğinin diri odun kısımlarına göre yüksek, Meşe’nin öz kısmının dövülmemiş hamurlarından elde edilen kağıtların gerilme direnç özelliğinin diri odun kısmına göre düşük çıkmıştır.



Tablo 3.15 Dövülmemiş hamurdan yapılan kağıtların gerilme direnci sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Oduun Türü	N	Ortalama (mm)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam Öz	10	2,60	0,164	2,32	2,72
Karaçam Diri	10	1,54	0,387	1,27	2,20
Karaçam Tam	10	1,79	0,201	1,55	2,00
Gökknar Öz	10	1,94	0,211	1,62	2,15
Gökknar Diri	10	1,38	0,023	1,35	1,40
Gökknar Tam	10	1,52	0,324	1,17	1,90
Meşe Öz	10	0,57	0,145	0,34	0,70
Meşe Diri	10	0,42	0,155	0,25	0,64
Meşe Tam	10	0,43	0,096	0,33	0,58
Kayın Öz	10	0,49	0,111	0,40	0,67
Kayın Diri	10	0,81	0,193	0,61	1,07
Kayın Tam	10	0,53	0,205	0,35	0,84

En yüksek gerilme direnci 2,60 mm ile Karaçam öz odunundan elde edilen kağıtlarda, en düşük gerilme direnci ise 0,42 mm ile Meşe diri odunundan elde edilen kağıtlarda tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan ağaçların öz odun ve diri odunlarının kullanım oranlarına göre ağaç türünün tamamından elde edilen dövülmemiş kağıtların yırtılma indisi özelliği öz yada dirinin oran miktarı yüksek olanla aynı özelliği gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 3.14 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların gerilme deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.

Şekil 3.14'de görüldüğü gibi;

- Karaçam ve Meşe'nin öz odun, diri odun ve tamamından elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının gerilme direnç özellikleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Göknaar'ın öz odunundan elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının gerilme direnç özelliğinin, Göknaar'ın diri odunu ve tamamından elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının gerilme direnç özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Kayın'ın diri odunundan elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının gerilme direnç özelliğinin, Meşe'nin öz odunu ve tamamından elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının gerilme direnç özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

#### 3.5.1.4 Dövülmemiş Hamurdan Yapılan Kağıtların Kopma Direnci Test Sonuçları

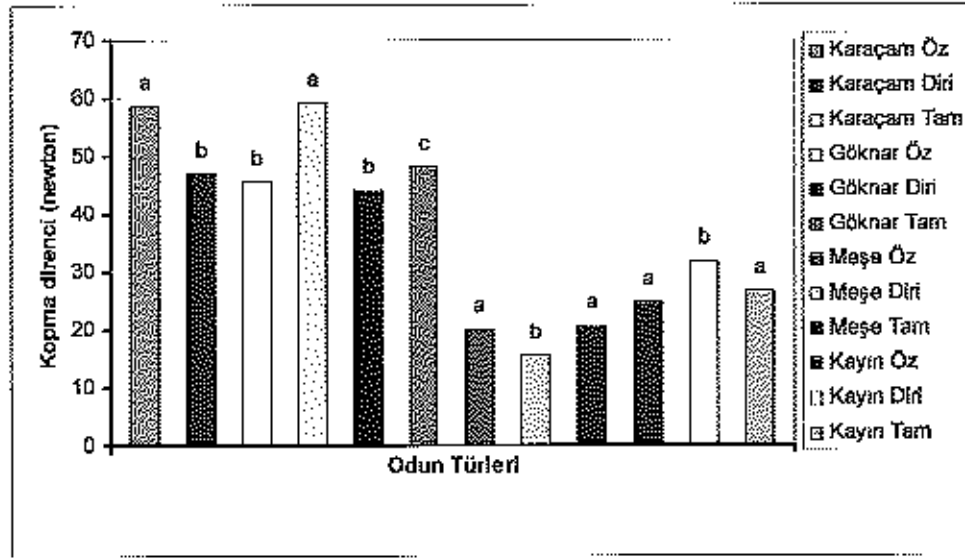
*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarından Kraft ve soda metotları kullanılarak elde edilen dövülmemiş hamurdan yapılan kağıtlardan 10'ar adet kopma direnci testleri yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.16'da, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.15'de verilmiştir.

Tablo 3.16 Dövülmemiş hamurdan yapılan kağıtların kopma direnci sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odun Türü	N	Ortalama (newton)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam Öz	10	58,48	0,786	57,75	59,70
Karaçam Diri	10	46,78	4,728	40,40	50,25
Karaçam Tam	10	45,37	4,945	40,90	52,10
Göknaar Öz	10	59,06	2,619	56,95	63,60
Göknaar Diri	10	43,88	0,938	42,80	45,00
Göknaar Tam	10	47,89	3,084	43,85	51,88
Meşe Öz	10	20,04	1,390	18,90	22,02
Meşe Diri	10	15,43	1,694	12,50	16,87
Meşe Tam	10	20,62	1,172	19,25	21,85
Kayın Öz	10	24,44	2,384	20,42	26,02
Kayın Diri	10	31,70	0,996	30,17	32,90
Kayın Tam	10	26,60	2,327	23,05	29,12

Tablo 3.16 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre çalışmada kullanılan Karaçam, Gökmar ve Meşe'nın öz odun kısımların dövülmemiş hamurlarından elde edilen kağıtların kopma direnç özelliğinin diri odun kısımlarına göre yüksek, Kayın'ın öz odununun dövülmemiş hamurlarından elde edilen kağıtların kopma direnç özelliğinin diri odun kısmına göre düşük çıkmıştır.

En yüksek kopma direnci 59,06 Newton ile Gökmar öz odunundan elde edilmiştir. Bunun nedeni liflerinin uzun ve homojen yapıda olmasıdır. Kopma direnci ibrelili ağaçlarda yapraklılardan yaklaşık %100 daha yüksek çıkmıştır.



Şekil 3.15 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların kopma direnci deney sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.

Çalışmada kullanılan ağaçların öz odun ve diri odunlarının kullanım oranlarına göre ağaç türünün tamamından elde edilen dövülmemiş kağıtların kopma direnç özelliği öz yada dirinin oran miktarı yüksek olanla aynı özelliği gösterdiği tespit edilmiştir.

Şekil 3.15'de görüldüğü gibi;

- Gökmar'ın öz odun, diri odun ve tamamından elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının kopma direnç özellikleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Karaçam, Meşe ve Kayın'ın öz odunundan elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının kopma direnç özelliğinin, Karaçam, Meşe ve Kayın'ın diri odunundan ve

tamından elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının kopma direnç özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

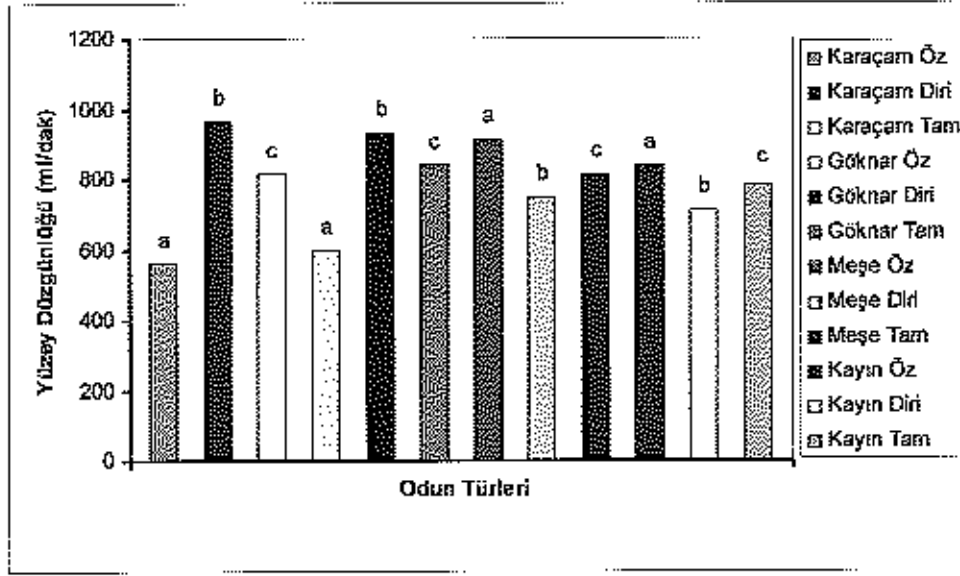
### 3.5.1.5 Dövülmemiş Hamurdan Yapılan Kağıtların Yüzey Düzgünlüğü Test Sonuçları

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Matf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarından Kraft ve soda metotları kullanılarak elde edilen dövülmemiş hamurdan yapılan kağıtlardan 10'ar adet yüzey düzgünlüğü testleri yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.17'de, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.16'da verilmiştir.

Tablo 3.17 Dövülmemiş hamurdan yapılan kağıtların yüzey düzgünlüğü sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Oduun Türü	N	Ortalama (ml/dak)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam öz	10	560,4	26,23	532	598
Karaçam diri	10	962,6	66,08	853	1064
Karaçam tam	10	814,4	57,58	727	910
Göknaar öz	10	597,8	49,85	529	671
Göknaar diri	10	932,2	61,32	857	1023
Göknaar tam	10	842,2	34,77	794	882
Meşe öz	10	910,9	26,31	854	936
Meşe diri	10	747,1	46,62	617	781
Meşe tam	10	815,3	33,27	764	858
Kayın öz	10	835,7	42,66	915	777
Kayın diri	10	711,9	61,46	786	615
Kayın tam	10	781,0	27,31	824	743

Tablo 3.17 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre çalışmada kullanılan Karaçam ve Göknaar'ın diri odun kısımların dövülmemiş hamurlarından elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüğü özelliğinin öz odun kısımlarına göre yüksek, Kayın ve Meşe'nin öz kısmının dövülmemiş hamurlarından elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüğü özelliğinin diri odun kısmına göre yüksek çıkmıştır.



Şekil 3.16 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüğü deney sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.

Şekil 3.16'da görüldüğü gibi çalışmada kullanılan Karaçam, Göknar, Meşe ve Kayın'ın öz odun, diri odun ve tamamından elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının yüzey düzgünlüğü özellikleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

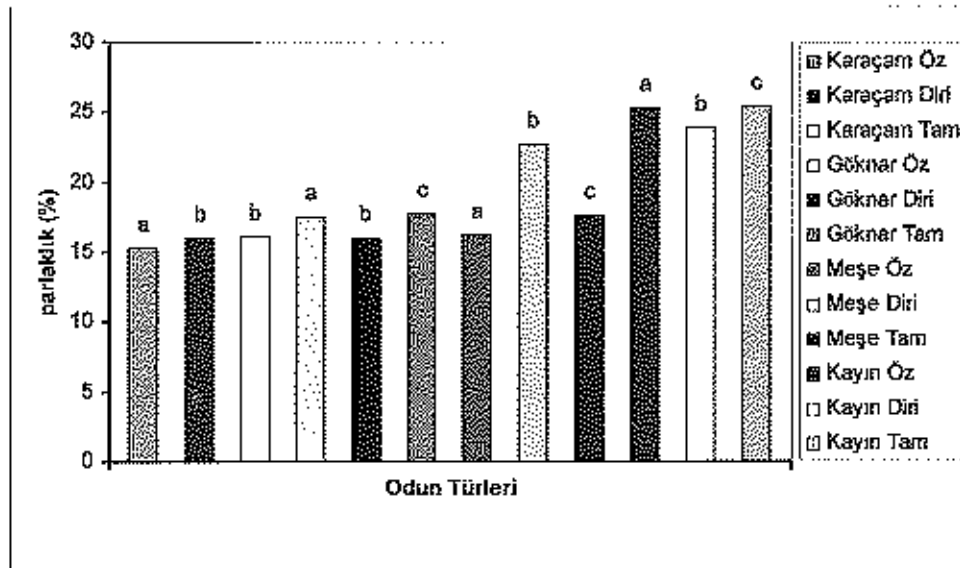
### 3.5.1.6 Dövülmemiş Hamurdan Yapılan Kağıtların Parlaklık Test Sonuçları

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Matf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarından Kraft ve soda metotları kullanılarak elde edilen dövülmemiş hamurdan yapılan kağıtlardan 10'ar adet parlaklık testleri yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.18'de, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.17'de verilmiştir.

Tablo 3.18 Dövülmemiş hamurdan yapılan kağıtların parlaklık sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odun Türü	N	Ortalama (%)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam öz	10	20,808	0,050	20,73	20,88
Karaçam diri	10	18,873	0,119	18,72	19,05
Karaçam tam	10	18,352	2,805	10,37	19,40
Göknar öz	10	21,352	0,077	21,28	21,51
Göknar diri	10	18,812	0,062	18,70	18,90
Göknar tam	10	20,569	0,148	20,47	20,86
Meşe öz	10	15,605	0,038	15,55	15,66
Meşe diri	10	21,815	0,050	21,74	21,90
Meşe tam	10	17,311	0,090	17,23	17,56
Kayın öz	10	25,548	0,118	25,46	25,87
Kayın diri	10	24,333	0,032	24,39	24,27
Kayın tam	10	25,580	0,038	25,53	25,64

Tablo 3.18 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre çalışmada kullanılan Karaçam, Göknar ve Kayın'ın öz odun kısımların dövülmemiş hamurlarından elde edilen kağıtların parlaklık özelliğinin diri odun kısımlarına göre yüksek, Meşe'nin öz kısmının dövülmemiş hamurlarından elde edilen kağıtların parlaklık özelliğinin diri odun kısmına göre düşük çıkmıştır. Bu da öz odununda bulunan ekstraktif maddelerin oksidasyonundan ileri gelebilir.



Şekil 3.17. Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklık deney sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıklar.

Şekil 3.17’de görüldüğü gibi;

- Gök nar ve Meşe’nin öz odun, diri odun ve tamamından elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının parlaklık özellikleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Karaçam’ın öz odunundan elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının parlaklık özelliğinin, Karaçam’ın diri odunu ve tamamından elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının parlaklık özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Kayın’ın diri odunundan elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının parlaklık özelliğinin, Kayın’ın öz odunu ve tamamından elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının parlaklık özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

### 3.5.1.7 Dövülmemiş Hamurdan Yapılan Kağıtların Opaklık Test Sonuçları

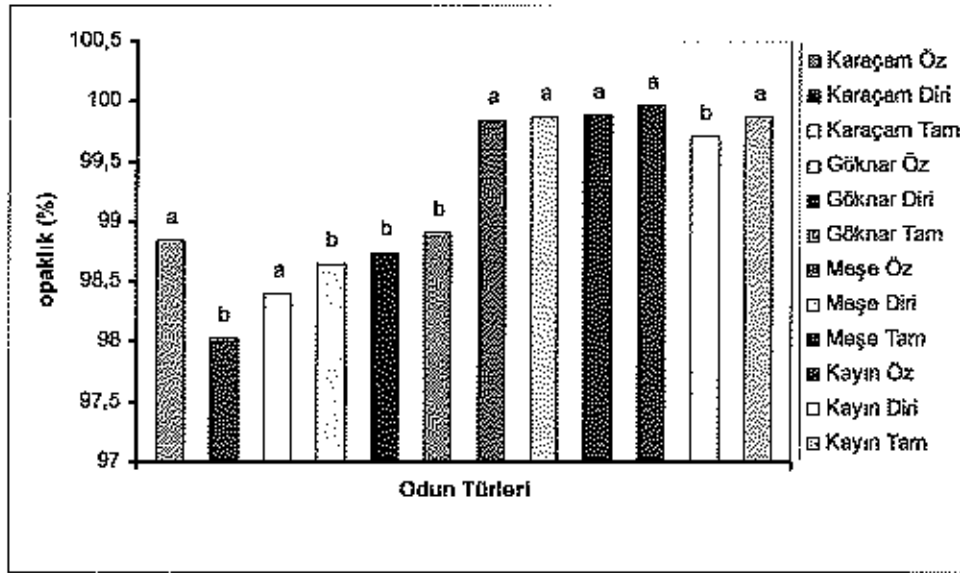
*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.’nın öz odun ve diri odunlarından Kraft ve soda metotları kullanılarak elde edilen dövülmemiş hamurdan yapılan kağıtlardan 10’ar adet opaklık testleri yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.19’da, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.18’de verilmiştir.

Tablo 3.19 Dövülmemiş hamurdan yapılan kağıtların opaklık sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odun Türü	N	Ortalama (%)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam öz	10	99,790	0,164	99,48	99,99
Karaçam diri	10	99,532	0,153	99,29	99,83
Karaçam tam	10	99,701	0,215	99,24	99,97
Gök nar öz	10	99,739	0,110	99,64	99,98
Gök nar diri	10	99,471	0,125	99,24	99,61
Gök nar tam	10	99,606	0,136	99,42	99,83
Meşe öz	10	99,183	2,191	92,95	99,99
Meşe diri	10	99,980	0,014	99,95	99,99
Meşe tam	10	99,961	0,039	99,88	99,99
Kayın öz	10	99,929	0,076	99,80	100,0
Kayın diri	10	99,912	0,066	99,83	99,99
Kayın tam	10	99,909	0,043	99,85	99,99

Tablo 3.19 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre çalışmada kullanılan Karaçam, Göknaar ve Kayın'ın öz odun kısımların dövülmemiş hamurlarından elde edilen kağıtların opaklık özelliğinin diri odun kısımlarına göre yüksekk, Meşe'ninin öz kısmının dövülmemiş hamurlarından elde edilen kağıtların opaklık özelliğinin diri odun kısmına göre düşük çıkmıştır.

Çalışmada kullanılan hamurlar koyu renkli oldukları için, opaklık değeri hem öz hem de diri odunlardan yapılan kağıtlarda yüksekk çıkmaktadır.



Şekil 3.18 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların opaklık deney sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.

Şekil 3.18'de görüldüğü gibi;

- Göknaar ve Karaçam'ın öz odun, diri odun ve tamamından elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının opaklık özellikleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Meşe'nin öz odunundan elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının opaklık özelliğinin, Meşe'nin diri odunu ve tamamından elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının opaklık özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Kayın'ın öz odun, diri odun ve tamamından elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının opaklık özellikleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olmadığı tespit edilmiştir.



### 3.5.2 Serbestlik Derecesi 35 °SR Olan Kağıtların Fiziksel ve Optik Testlerine Ait Bulgular

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarında Kraft ve soda metotları kullanılarak elde edilen serbestlik derecesi 35 °SR'lik hamurlardan elde edilen kağıtların, patlama, yırtılma, gerilme, kopma, hava geçirgenliği, yüzey düzgünlüğü, opaklık ve parlaklık testlerinin sonuçlarına ait tüm bulgular aşağıda Tablo 3.17'de verilmiştir.

Tablo 3.20 Serbestlik derecesi 35 °SR olan hamurlardan elde edilen kağıtların Fiziksel ve optik test sonuçları.

Odan Türü	Patlama İndisi (kPa.m <sup>2</sup> /g)	Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /g)	Gerilme (mm)	Kopma Direnci (Newton)	Hava Geçirgenliği	Yüzey Düzgünlüğü (ml/dak.)	Parlaklık (%)	Opaklık (%)
Karaçam Öz	6,53	0,79	2,92	115,24	25,4	383,9	15,293	98,835
Karaçam Diri	6,34	1,34	2,27	105,82	31,7	588,1	15,914	98,014
Karaçam Tam	6,24	0,88	2,66	109,92	45,3	596,2	16,056	98,392
Göknaar Öz	7,25	0,96	2,19	119,56	44,2	409,2	17,461	98,635
Göknaar Diri	6,4	1,09	1,99	114,52	54,3	533,1	15,903	98,732
Göknaar Tam	6,88	1,09	2,01	107,13	52,6	461,9	17,716	98,898
Meşe Öz	2,01	0,34	2,30	51,97	1059,3	351,4	16,136	99,842
Meşe Diri	1,06	0,23	1,48	35,96	2079,3	370,1	22,622	99,871
Meşe Tam	2,01	0,34	2,12	50,51	988,5	338,8	17,572	99,876
Kayın Öz	1,88	0,44	2,22	53,67	710,4	375,7	25,303	99,967
Kayın Diri	2,09	0,45	2,16	62,24	669,8	343,1	23,827	99,703
Kayın Tam	1,86	0,42	1,68	54,97	839,6	339,1	25,418	99,871

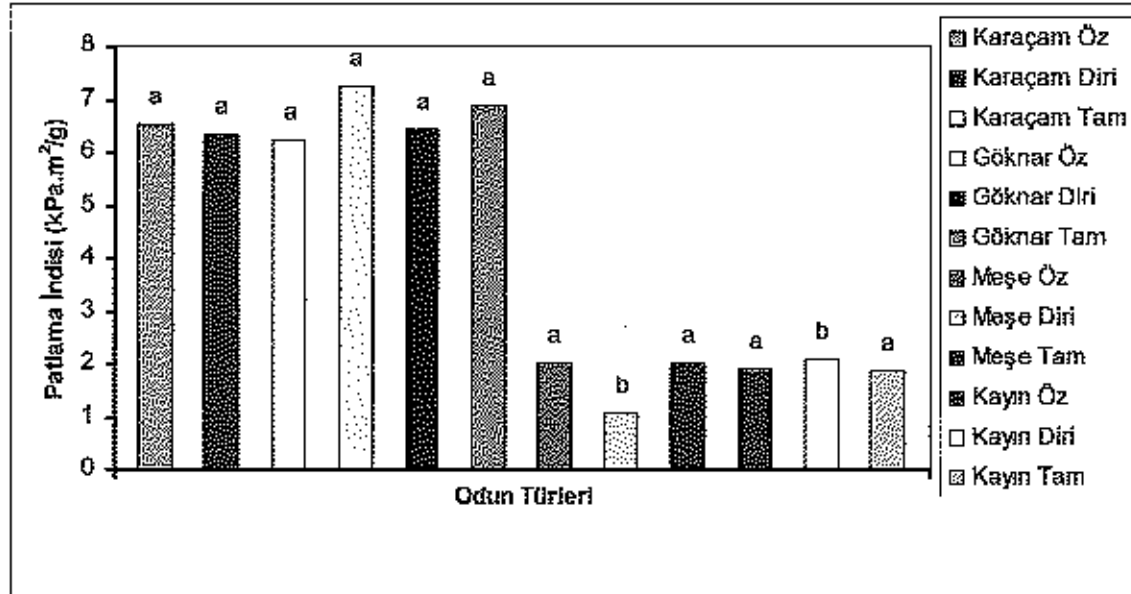
#### 3.5.2.1 Serbestlik Derecesi 35 Olan Kağıtların Patlama İndisi Test Sonuçları

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarından Kraft ve soda metodu kullanılarak elde edilen 35 °SR'lik kağıtların 10'ar adet patlama indisi testleri yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.21'de, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.19'da verilmiştir.

Tablo 3.21 Serbestlik derecesi 35<sup>0</sup>SR olan kağıtların patlama indisi sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odun Türü	N	Ortalama (kPa.m <sup>2</sup> /g)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam Öz	10	6,53	0,85	5,33	7,46
Karaçam Diri	10	6,34	0,56	5,60	7,06
Karaçam Tam	10	6,24	0,13	6,00	6,33
Göknaar Öz	10	7,25	0,90	6,26	8,53
Göknaar Diri	10	6,40	0,54	5,86	7,20
Göknaar Tam	10	6,88	0,36	6,53	7,46
Meşe Öz	10	2,01	0,07	1,93	2,13
Meşe Diri	10	1,06	0	1,06	1,06
Meşe Tam	10	2,01	0,16	1,86	2,26
Kayın Öz	10	1,88	0,02	1,86	1,93
Kayın Diri	10	2,09	0,12	1,93	2,20
Kayın Tam	10	1,86	0,04	1,80	1,93

Tablo 3.21 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre çalışmada kullanılan Karaçam, Göknaar ve Meşe ağaçların öz odun kısımların 35<sup>0</sup>SR hamurlarından elde edilen kağıtların patlama indisi özelliğinin diri odun kısımlarına göre yüksek, Kayın ağacının öz kısmının 35<sup>0</sup>SR hamurlarından elde edilen kağıtların patlama indisi özelliğinin diri kısmına göre düşük çıkmıştır.



Şekil 3.19 Serbestlik derecesi 35 SR hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indisi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.

Şekil 3.19’da görüldüğü gibi;

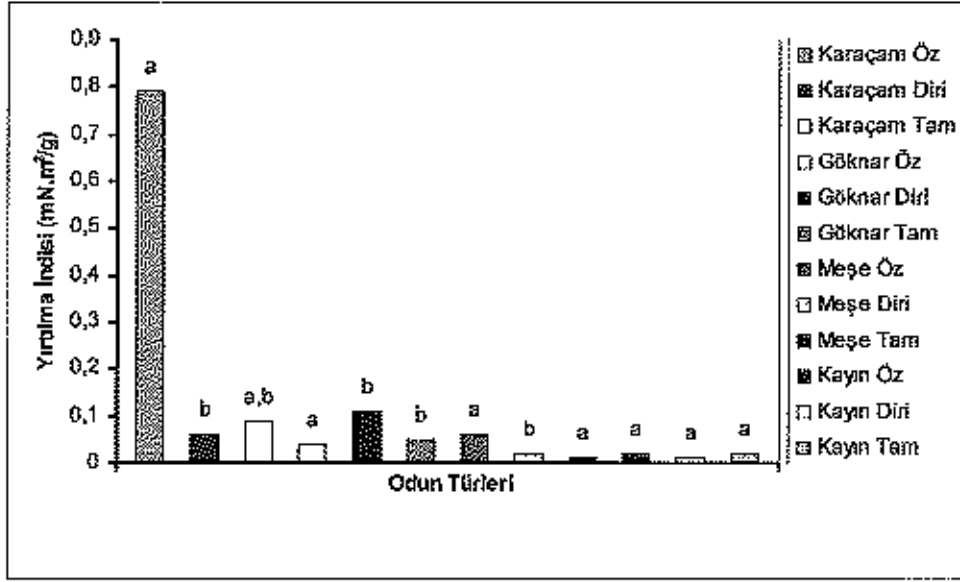
- Meşe ve Kayın’ın diri odunundan elde edilen 35 SR<sup>0</sup> hamurların kağıtlarının patlama indisi özelliğinin, Karaçam’ın diri odunu ve tamından elde edilen 35 SR<sup>0</sup> hamurların kağıtlarının patlama indisi özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Karaçam ve Göknaar’ın öz odun, diri odun ve tamamından elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının patlama indisi özellikleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olmadığı tespit edilmiştir.

### 3.5.2.2 Serbestlik Derecesi 35 Olan Kağıtların Yırtılma İndisi Test Sonuçları

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.’nın öz odun ve diri odunlarından Kraft ve soda metotları kullanılarak elde edilen 35 °SR’lik kağıtların 10’ar adet yırtılma indisi testleri yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.22’de, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.20’de verilmiştir.

Tablo 3.22 Serbestlik derecesi 35 OSR olan kağıtların yırtılma indisi sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odun Türü	N	Ortalama (mN.m <sup>2</sup> /g)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam Öz	10	0,79	0,06	0,74	0,89
Karaçam Diri	10	1,34	0,08	1,20	1,41
Karaçam Tam	10	0,88	0,03	0,82	0,93
Göknaar Öz	10	0,96	0,10	0,81	1,12
Göknaar Diri	10	1,09	0,04	1,06	1,17
Göknaar Tam	10	1,09	0,06	1,01	1,17
Meşe Öz	10	0,34	0,01	0,32	0,37
Meşe Diri	10	0,23	0,01	0,21	0,24
Meşe Tam	10	0,34	0,01	0,32	0,37
Kayın Öz	10	0,44	0,01	0,42	0,45
Kayın Diri	10	0,45	0,01	0,42	0,48
Kayın Tam	10	0,42	0,03	0,37	0,48



Şekil 3.20 Serbestlik derecesi 35 SR hamurlardan elde edilen kağıtların yırtılma indisi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Duncan testine ait sonuçlar.

Tablo 3.22 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre çalışmada kullanılan Karaçam, Gökmar ve Meşe ağaçların öz odun kısımların 35<sup>o</sup>SR hamurlarından elde edilen kağıtların yırtılma indisi özelliğinin diri odun kısımlarına göre düşük, Kayın ağacının öz kısmının 35<sup>o</sup>SR hamurlarından elde edilen kağıtların yırtılma indisi özelliğinin diri kısmına göre yüksek çıkmıştır.

Şekil 3.20’de görüldüğü gibi;

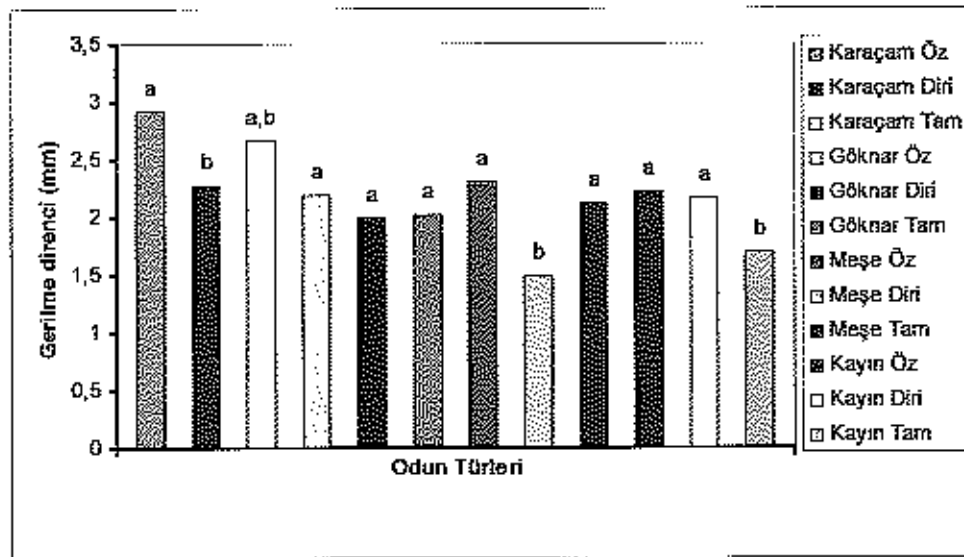
- Karaçam ve Gökmar’ın öz odunundan elde edilen 35<sup>o</sup>SR hamurların kağıtlarının yırtılma indisi özelliğinin, Karaçam ve Gökmar’ın diri odunu ve tamamından elde edilen 35<sup>o</sup>SR hamurların kağıtlarının yırtılma indisi özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Kayın’ın öz odun, diri odun ve tamamından elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının patlama indisi özellikleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olmadığı tespit edilmiştir.
- Meşe’nin diri odunundan elde edilen 35<sup>o</sup>SR hamurların kağıtlarının yırtılma indisi özelliğinin, Meşe’nin öz ve tamamından elde edilen 35<sup>o</sup>SR hamurların kağıtlarının yırtılma indisi özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

### 3.5.2.3 Serbestlik Derecesi 35<sup>o</sup>SR Olan Kağıtların Gerilme Direnci Test Sonuçları

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies hornmülleriana* Matff., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarından Kruft ve soda metotları kullanılarak elde edilen 35 °SR'lik kağıtların 10'ar adet gerilme direnci testleri yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.23'de, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.21'de verilmiştir.

Tablo 3.23 Serbestlik derecesi 35 °SR olan kağıtların gerilme direnci sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odun Türü	N	Ortalama (mm)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam Öz	10	2,92	0,38	2,50	3,35
Karaçam Diri	10	2,27	0,54	1,70	2,90
Karaçam Tam	10	2,66	0,35	2,25	3,00
Göknaar Öz	10	2,19	0,41	1,70	2,60
Göknaar Diri	10	1,99	0,23	1,68	2,30
Göknaar Tam	10	2,01	5,57	1,27	2,70
Meşe Öz	10	2,30	0,56	1,52	2,92
Meşe Diri	10	1,48	0,08	1,41	1,60
Meşe Tam	10	2,12	0,43	1,71	2,80
Kayın Öz	10	2,22	0,22	1,85	2,40
Kayın Diri	10	2,16	0,34	1,60	2,47
Kayın Tam	10	1,68	0,17	1,40	1,87



Şekil 3.21 Serbestlik derecesi 35 olan hamurlardan elde edilen kağıtların gerilme direnci sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.

Tablo 3.23 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre çalışmada kullanılan Karaçam, Gökmar, Meşe ve Kayın'ın öz odun kısımların 35 °SR'lik hamurlarından elde edilen kağıtların gerilme direnç özelliğinin diri odun kısımlarına göre yüksek çıkmıştır.

Şekil 3.21'de görüldüğü gibi;

- Gökmar'ın öz odun, diri odun ve tamamından elde edilen 35 °SR'lik hamurların kağıtlarının gerilme direnç özellikleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olmadığı tespit edilmiştir.
- Karaçam ve Meşe'nin öz odunundan elde edilen 35 °SR'lik hamurların kağıtlarının gerilme direnç özelliğinin, Karaçam ve Meşe'nin diri odunundan elde edilen 35 °SR'lik hamurların kağıtlarının gerilme direnç özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu, ancak tamamından elde edilen 35 °SR'lik hamurların kağıtlarının gerilme direnç özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olmadığı tespit edilmiştir.
- Kayın'ın öz odun ve diri odunundan elde edilen 35 °SR'lik hamurların kağıtlarının gerilme direnç özelliğinin, Kayın'ın tamamından elde edilen 35 °SR'lik hamurların kağıtlarının gerilme direnç özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

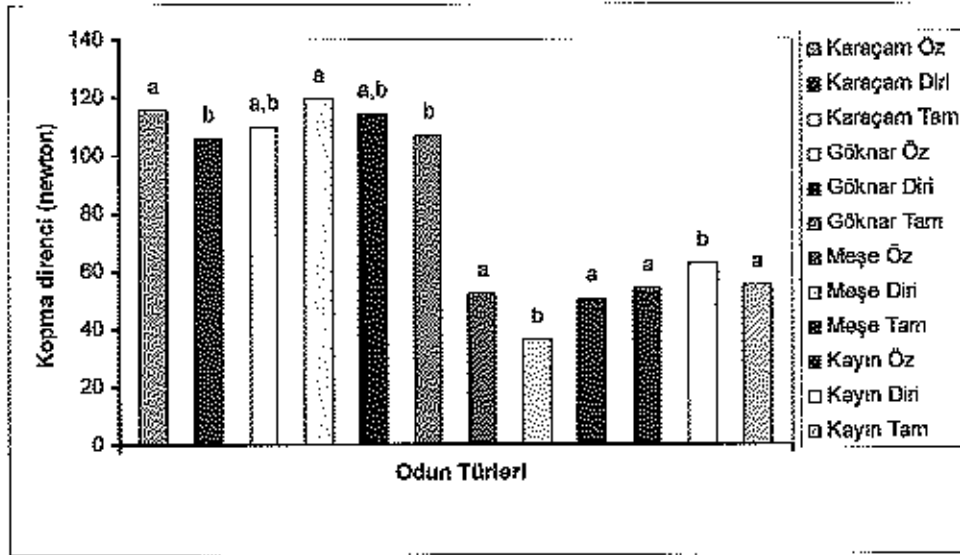
#### 3.5.2.4 Serbestlik Derecesi 35 °SR'olan Kağıtların Kopma Direnci Test Sonuçları

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarından Kraft ve soda metotları kullanılarak elde edilen 35 °SR'lik kağıtların 10'ar adet kopma direnci testleri yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.24'de, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.22'de verilmiştir.

Tablo 3.24 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre çalışmada kullanılan Karaçam, Gökmar, Meşe'nin öz odun kısımların 35 SR<sup>0</sup>'lik hamurlarından elde edilen kağıtların kopma direnç özelliğinin diri odun kısımlarına göre yüksek, Kayın'ın ise öz kısmının 35 SR<sup>0</sup>'lik hamurlarından elde edilen kağıtların kopma direnç özelliğinin diri odun kısımlarına göre düşük çıkmıştır.

Tablo 3.24 Serbestlik derecesi 35 OSR olan kağıtların kopma direnci sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odun Türü	N	Ortalama (newton)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam Öz	10	115,24	5,08	110,0	120,6
Karaçam Diri	10	105,82	3,57	101,2	108,7
Karaçam Tam	10	109,92	7,59	101,4	118,5
Göknaar Öz	10	119,56	6,93	110,1	126,9
Göknaar Diri	10	114,52	4,10	108,5	118,7
Göknaar Tam	10	107,13	7,04	96,95	115,6
Meşe Öz	10	51,970	2,01	48,90	53,95
Meşe Diri	10	35,960	0,61	34,97	36,47
Meşe Tam	10	50,510	1,82	48,92	53,45
Kayın Öz	10	53,670	1,66	52,10	56,10
Kayın Diri	10	62,240	2,36	59,50	65,85
Kayın Tam	10	54,970	1,42	53,25	57,05



Şekil 3.22 Serbestlik derecesi 35 olan hamurlardan elde edilen kağıtların kopma deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.

Şekil 3.22’de görüldüğü gibi;

- Karaçam, Meşe ve Kayın’ın öz odunundan elde edilen 35<sup>0</sup>SR’lik hamurların kağıtlarının kopma direnç özelliğinin, diri odunundan elde edilen 35<sup>0</sup>SR’lik hamurların kağıtlarının kopma direnç özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu, ancak tamından elde edilen edilen<sup>0</sup> 35 SR’lik hamurların kağıtlarının

kopma direnç özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

- Göknaş'ın öz odunundan elde edilen 35<sup>0</sup>SR'lik hamurların kağıtlarının kopma direnç özelliğinin, Göknaş'ın tamından elde edilen 35<sup>0</sup>SR'lik hamurların kağıtlarının kopma direnç özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu, ancak Göknaş'ın diri odunundan elde edilen 35<sup>0</sup>SR'lik hamurların kağıtlarının kopma direnç özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olmadığı tespit edilmiştir.

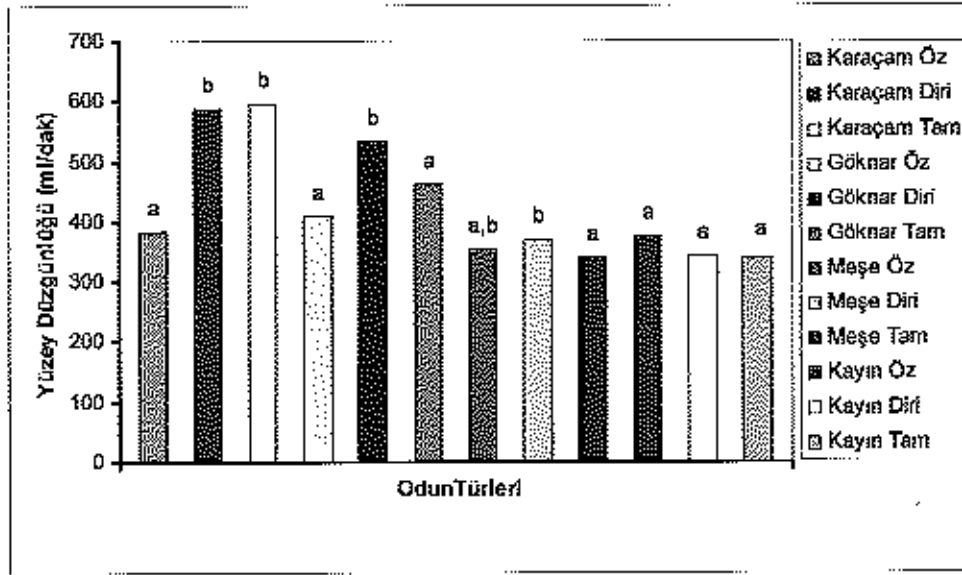
### 3.6.2.5 Serbestlik Derecesi 35<sup>0</sup>SR Olan Kağıtların Yüzey Düzgünlüğü Test Sonuçları

*Lagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattl., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarından Kraft ve soda metotları kullanılarak elde edilen serbestlik derecesi 35<sup>0</sup>SR olan kağıtlardan 10'ar adet yüzey düzgünlüğü testleri yapılmıştır. Sonuçlarını; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.25'de, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testi ait sonuçlar ise Şekil 3.23'de verilmiştir.

Tablo 3.25 Serbestlik derecesi 35<sup>0</sup>SR olan kağıtların yüzey düzgünlüğü sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odun Türü	N	Ortalama (%)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam öz	10	383,9	54,86	299	456
Karaçam diri	10	588,1	40,41	437	765
Karaçam tam	10	596,2	23,91	474	773
Göknaş öz	10	409,2	41,76	338	471
Göknaş diri	10	533,1	24,40	364	689
Göknaş tam	10	461,9	67,73	389	595
Meşe öz	10	351,4	25,91	319	385
Meşe diri	10	370,1	25,74	313	395
Meşe tam	10	338,8	23,19	310	382
Kayın öz	10	375,7	43,82	319	436
Kayın diri	10	343,1	46,40	301	425
Kayın tam	10	339,1	24,36	312	396





Şekil 3.23 Serbestlik derecesi 35<sup>0</sup>SR olan hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüğü deney sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.

Tablo 3.25 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre çalışmada kullanılan Karaçam, Meşe ve Göknar'ın diri kısımların dövülmemiş hamurlarından elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüğü özelliğinin öz odun kısımlarına göre yüksek, Kayın'ın öz kısmının dövülmemiş hamurlarından elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüğü özelliğinin diri odun kısmına göre yüksek çıkmıştır.

Şekil 3.23'de görüldüğü gibi;

- Karaçam, Meşe ve Göknar'ın öz odunundan elde edilen serbestlik derecesi 35<sup>0</sup>SR olan kağıtların yüzey düzgünlüğü, Karaçam'ın diri odunu ve tamamından elde edilmiş serbestlik derecesi 35<sup>0</sup>SR olan kağıtların yüzey düzgünlüğü özellikleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Kayın'ın öz odun, diri odun ve tamamından elde edilen 35<sup>0</sup>SR'lik hamurların kağıtlarının yüzey düzgünlüğü özellikleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olmadığı tespit edilmiştir.

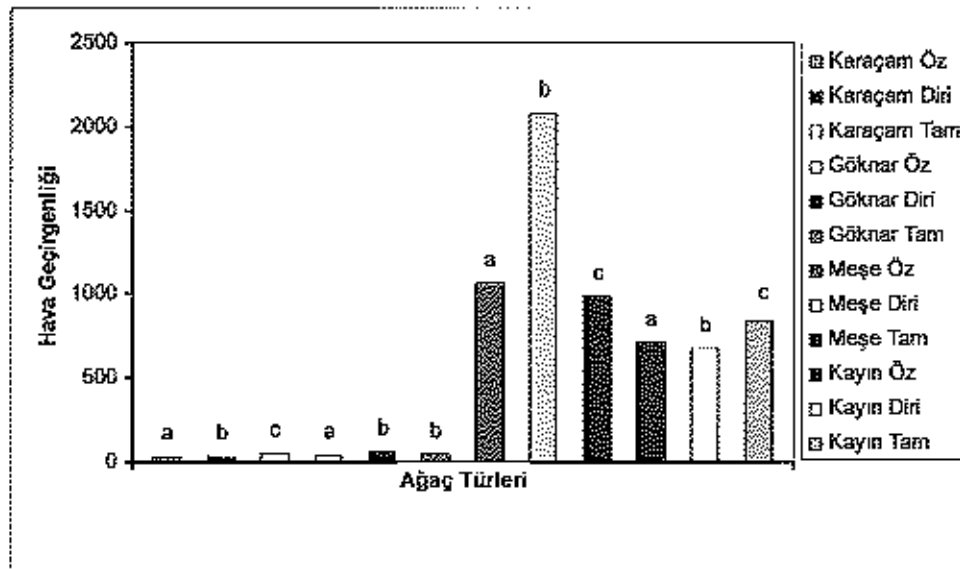
### 3.5.2.6 Serbestlik Derecesi 35<sup>0</sup>SR Olan Kağıtların Hava Geçirgenliği Test Sonuçları

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarından Kraft ve soda metotları kullanılarak elde edilen

serbestlik derecesi 35 olan kağıtlardan 10'ar adet hava geçirgenliği testleri yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.26'da, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.24'de verilmiştir.

Tablo 3.26 Serbestlik derecesi 35 OSR olan kağıtların hava geçirgenliği sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odun Türü	N	Ortalama (%)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam öz	10	25,40	3,50	20	30
Karaçam diri	10	31,70	5,03	25	42
Karaçam tam	10	45,30	2,35	42	48
Gök nar öz	10	44,20	3,39	40	52
Gök nar diri	10	54,30	5,49	47	63
Gök nar tam	10	52,60	6,39	40	60
Meşe öz	10	1059,3	61,12	973	1146
Meşe diri	10	2079,3	110,80	1900	2245
Meşe tam	10	988,5	27,57	940	1022
Kayın öz	10	710,4	35,60	647	758
Kayın diri	10	669,8	23,91	633	707
Kayın tam	10	839,6	47,07	780	897



Şekil 3.24 Serbestlik derecesi 35 OSR olan hamurlardan elde edilen kağıtların hava geçirgenliği deney sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.

Tablo 3.26 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre çalışmada kullanılan Karaçam, Meşe ve Gök nar'ın diri odun kısımların serbestlik derecesi 35 olan hamurlarından elde edilen

kağıtların hava geçirgenliği özelliğinin öz odun kısımlarına göre yüksek, Kayın'ın öz odun kısmının serbestlik derecesi 35 olan hamurlarından elde edilen kağıtların hava geçirgenliği özelliğinin diri odun kısmına göre yüksek çıkmıştır.

Şekil 3.24'de görüldüğü gibi;

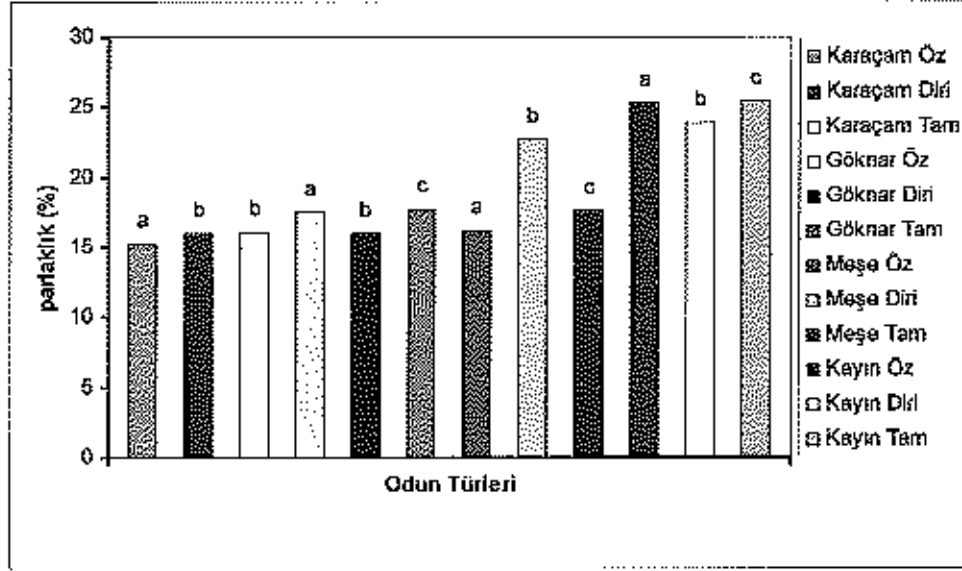
- Karaçam, Kayın ve Meşe'nin öz odunundan elde edilen serbestlik derecesi 35 olan kağıtların hava geçirgenliği, diri odunu ve tanısından elde edilmiş serbestlik derecesi 35 olan kağıtların yüzey düzgünlüğü özellikleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Gökknar'ın öz odun, diri odun ve tanısından elde edilen 35 °SR'lik hamurların kağıtlarının yüzey düzgünlüğü özellikleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

### 3.5.2.7 Serbestlik Derecesi 35 °SR Olan Kağıtların Parlaklık Direnci Test Sonuçları

*Fagus orientalis* Tápsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarından Kraft ve soda metotları kullanılarak elde edilen 35 °SR'lik kağıtların 10'ar adet parlaklık testleri yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.27'de, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.25'de verilmiştir.

Tablo 3.27 Serbestlik derecesi 35 °SR olan kağıtların parlaklık sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odun Türü	N	Ortalama (%)	Standart Sapma	Maksimum Değer	Minimum Değer
Karaçam öz	10	15,293	0,228	15,59	14,89
Karaçam diri	10	15,914	0,139	16,12	15,71
Karaçam tam	10	16,056	0,156	16,31	15,76
Gökknar öz	10	17,461	0,161	17,71	17,23
Gökknar diri	10	15,903	0,236	16,26	15,37
Gökknar tam	10	17,716	0,320	18,07	16,88
Meşe öz	10	16,136	0,070	16,22	16,01
Meşe diri	10	22,622	0,132	22,86	22,45
Meşe tam	10	17,572	0,101	17,78	17,43
Kayın öz	10	25,303	0,143	25,5	25,13
Kayın diri	10	23,827	0,152	23,97	23,56
Kayın tam	10	25,418	0,090	25,54	25,25



Şekil 3.25 Serbestlik derecesi 35 °SR olan hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklık deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.

Tablo 3.27 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre çalışmada kullanılan Karaçam ve Meşe'nin öz odun kısımların 35 °SR'lik hamurlarından elde edilen kağıtların parlaklık özelliğinin diri odun kısımlarına göre düşük, Gökknar ve Kayın'ın ise öz kısmının 35 SR'lik hamurlarından elde edilen kağıtların parlaklık özelliğinin diri odun kısımlarına göre yüksek çıkmıştır.

Şekil 3.25'de görüldüğü gibi;

- Karaçam'ın öz odunundan elde edilen 35 °SR'lik hamurların kağıtlarının parlaklık özelliğinin, diri ve tamından elde edilen 35 °SR'lik hamurların kağıtlarının parlaklık özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Gökknar, Meşe ve Kayın'ın öz odun, diri odun ve tamından elde edilen 35 °SR'lik hamurların kağıtlarının parlaklık özelliklerinin arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

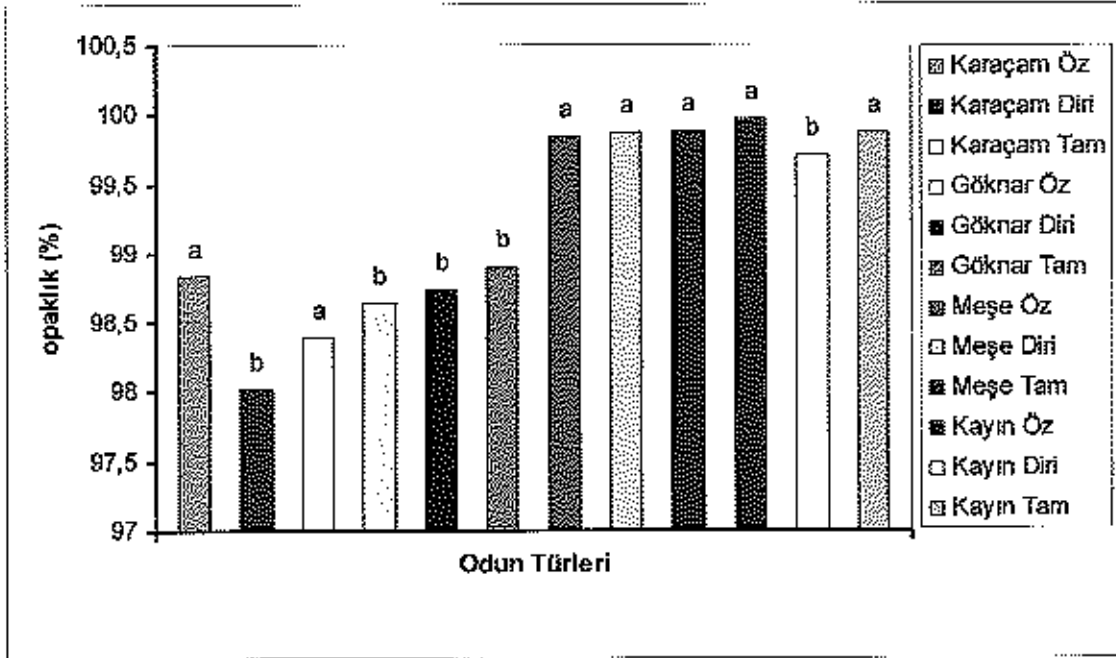
### 3.5.2.8 Serbestlik Derecesi 35 °SR Olan Kağıtların Opaklık Test Sonuçları

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarından Kraft ve soda metotları kullanılarak elde edilen 35 °SR'lik kağıtların 10'ar adet opaklık testleri yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart

sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.28’de, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.26’da verilmiştir.

Tablo 3.28 Serbestlik derecesi 35<sup>0</sup>SR olan kağıtların opaklık sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odon Türü	N	Ortalama (%)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam öz	10	98,83	0,49	99,67	97,94
Karaçam diri	10	98,01	0,55	98,78	97,06
Karaçam tam	10	98,39	0,37	98,9	97,79
Göknaar öz	10	98,63	0,23	99,00	98,37
Göknaar diri	10	98,73	0,52	99,51	97,71
Göknaar tam	10	98,89	0,18	99,18	98,46
Meşe öz	10	99,84	0,15	99,99	99,57
Meşe diri	10	99,87	0,09	100,0	99,67
Meşe tam	10	99,87	0,17	99,99	99,52
Kayın öz	10	99,96	0,020	99,99	99,94
Kayın diri	10	99,70	0,20	99,96	99,44
Kayın tam	10	99,87	0,08	99,99	99,75



Şekil 3.26 Serbestlik derecesi 35<sup>0</sup>SR olan hamurlardan elde edilen kağıtların opaklık deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.

Tablo 3.28 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre çalışmada kullanılan Karaçam, Gökmar, Kayın ve Meşe'nin öz odun kısımların 35 °SR'lik hamurlarından elde edilen kağıtların opaklık özelliğinin diri odun kısımlarına göre yüksek çıkmıştır.

Şekil 3.26'da görüldüğü gibi;

- Karaçam'ın öz odunundan elde edilen 35 °SR'lik hamurların kağıtlarının opaklık özelliğinin, diri odunundan elde edilen 35 °SR'lik hamurların kağıtlarının opaklık özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu, ancak Karaçam'ın tamından elde edilen 35 °SR'lik hamurların kağıtlarının opaklık özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olmadığı tespit edilmiştir.
- Gökmar ve Meşe'nin öz odun, diri odun ve tamından elde edilen 35 °SR'lik hamurların kağıtlarının opaklık özelliklerinin arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olmadığı tespit edilmiştir.
- Kayın'ın öz ve tamından elde edilen 35 °SR'lik hamurların kağıtlarının opaklık özelliğinin, diri odunundan elde edilen 35 °SR'lik hamurların kağıtlarının opaklık özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

### 3.5.3 Serbestlik Derecesi 50 °SR Olan Kağıtların Fiziksel ve Optik Testlerine Ait Bulgular

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Matf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarında Kraft ve soda metotları kullanılarak elde edilen serbestlik derecesi 50 °SR'lik hamurlardan elde edilen kağıtların, patlama, yırtılma, gerilme, kopma, hava geçirgenliği, yüzey düzgünlüğü, opaklık ve parlaklık testlerinin sonuçlarına ait tüm bulgular aşağıda Tablo 3.29'da verilmiştir.

Tablo 3.29 Serbestlik derecesi 50 °SR olan hamurlardan elde edilen kağıtların fiziksel ve optik test sonuçları.

Oduun Türü	Patlama İndisi (kPa.m <sup>2</sup> /g)	Yırtılma indisi (mN.m <sup>2</sup> /g)	Gerilme (mm)	Kopma Direnci (Newton)	Hava Geçirgenliği	Yüzey Düzgünlüğü (ml/dak)	Parlaklık (%)	Opaklık (%)
Karaçam Öz	7,20	0,60	3,04	118,50	6,80	402,8	14,102	98,112
Karaçam Diri	6,45	0,83	2,24	128,16	10,4	851,3	14,681	97,078
Karaçam Tam	6,74	0,83	2,38	110,12	7,60	665,4	14,443	97,881
Göknaar Öz	6,90	0,95	2,2	131,64	4,60	414,7	16,92	98,369
Göknaar Diri	6,58	0,96	1,81	116,16	10,60	467,9	14,804	98,22
Göknaar Tam	7,62	1,00	1,94	121,14	8,70	494,2	16,441	98,043
Meşe Öz	2,26	0,32	2,46	57,340	361,8	327,9	15,39	90,951
Meşe Diri	1,28	0,25	1,43	37,560	1421	366,2	22,287	99,961
Meşe Tam	2,08	0,33	1,59	52,770	301,4	328,7	16,338	99,874
Kayın Öz	2,01	0,37	1,76	59,320	163,3	346,8	23,225	99,655
Kayın Diri	2,38	0,43	2,17	64,840	184,1	366,4	22,495	99,753
Kayın Tam	2,10	0,36	1,85	57,170	264,8	337,9	23,93	99,74

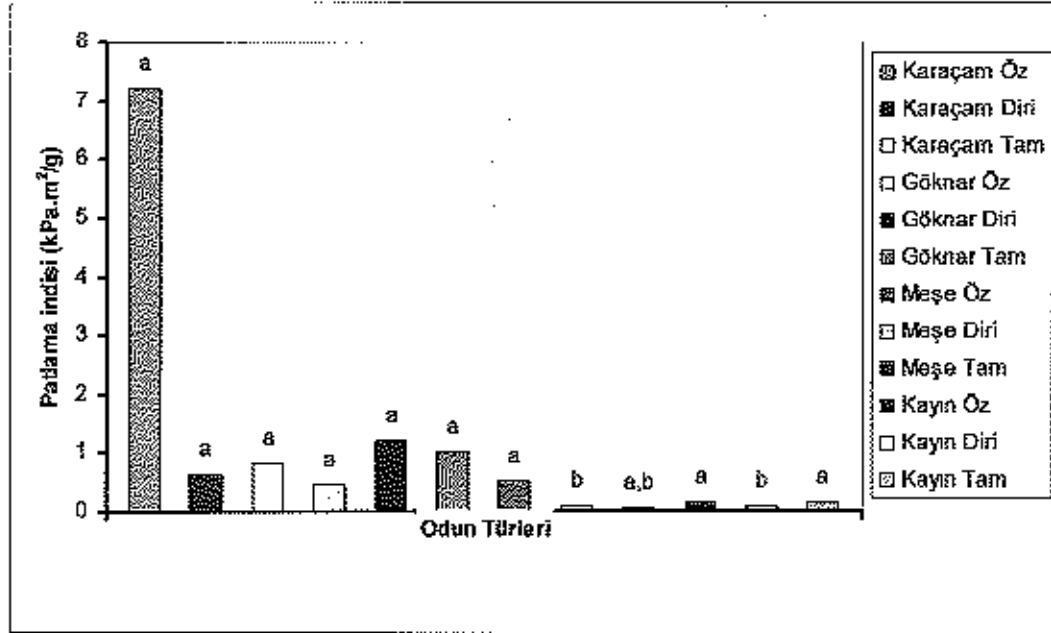
### 3.5.3.1 Serbestlik Derecesi 50 °SR Olan Kağıtların Patlama İndisi Test Sonuçları

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarından Krafl ve soda metodu kullanılarak elde edilen 50 °SR'lik kağıtların 10'ar adet patlama indisi testleri yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.30'da, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.27'de verilmiştir.

Tablo 3.30 Serbestlik derecesi 50 °SR olan kağıtların patlama indisi sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Oduun Türü	N	Ortalama (kPa.m <sup>2</sup> /g)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam Öz	10	7,20	0,64	6,26	7,86
Karaçam Diri	10	6,45	0,82	5,33	7,33
Karaçam Tam	10	6,74	0,44	6,26	7,20
Göknaar Öz	10	6,90	1,20	5,46	8,80
Göknaar Diri	10	6,58	1,00	5,06	7,73
Göknaar Tam	10	7,62	0,49	6,80	8,13
Meşe Öz	10	2,26	0,08	2,20	2,40
Meşe Diri	10	1,28	0,07	1,20	1,33
Meşe Tam	10	2,08	0,15	1,86	2,26
Kayın Öz	10	2,01	0,10	1,86	2,13
Kayın Diri	10	2,38	0,14	2,13	2,46
Kayın Tam	10	2,10	0,11	2,00	2,26

Tablo 3.30 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre çalışmada kullanılan Karaçam, Gökmar ve Meşe ağaçların öz odun kısımların 50 °SR hamurlarından elde edilen kağıtların patlama indisi özelliğinin diri odun kısımlarına göre yüksek, Kayın ağacının öz kısmının 50 °SR hamurlarından elde edilen kağıtların patlama indisi özelliğinin diri kısmına göre düşük çıkmıştır. İbrelili ve yapraklı ağaçların patlama indisleri dövme ile % 100-300 arasında artmaktadır.



Şekil 3.27 Serbestlik derecesi 50 °SR hamurlardan elde edilen kağıtların patlama deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.

Şekil 3.27'de görüldüğü gibi;

- Meşe'nin öz odunundan elde edilen 50 °SR hamurların kağıtlarının patlama indisi özelliğinin, Meşe'nin diri odunu ve tamamından elde edilen 50 °SR hamurların kağıtlarının patlama indisi özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Karaçam ve Gökmar'ın öz odun, diri odun ve tamamından elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının patlama indisi özellikleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olmadığı tespit edilmiştir.
- Kayın'ın diri odunundan elde edilen 50 °SR hamurların kağıtlarının patlama indisi özelliğinin, Kayın'ın öz ve tamamından elde edilen 50 °SR hamurların kağıtlarının patlama indisi özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.



### 3.5.3.2 Serbestlik Derecesi 50 °SR Olan Kağıtların Yırtılma İndisi Test Sonuçları

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarından Kraft ve soda metotları kullanılarak elde edilen 50 °SR'lik kağıtların 10'ar adet yırtılma indisi testleri yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.31'de, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.28'de verilmiştir.

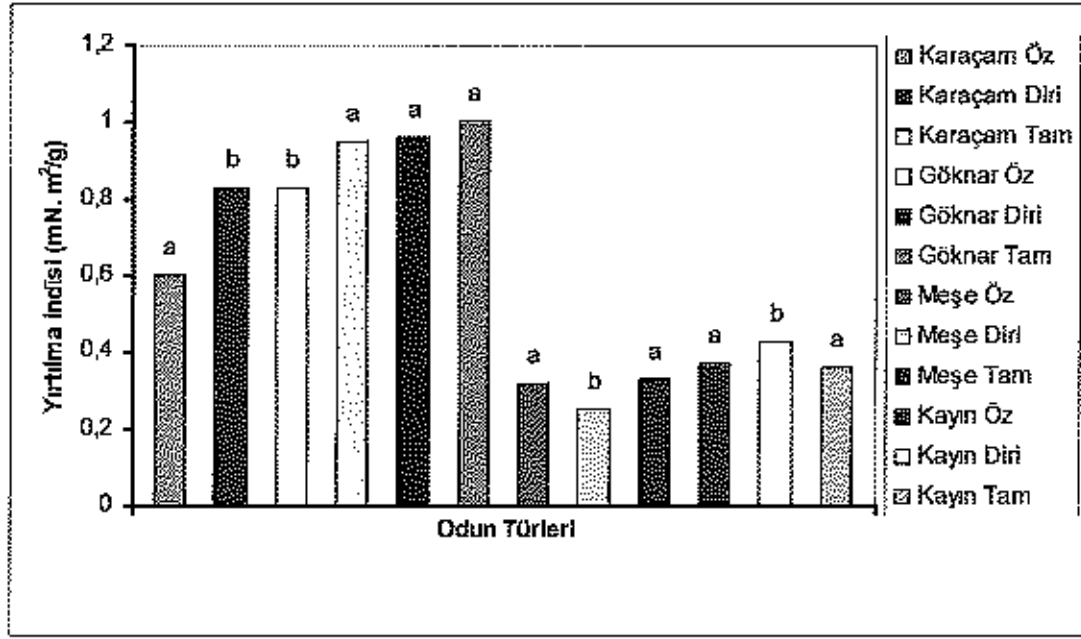
Tablo 3.31 Serbestlik derecesi 50 °SR olan kağıtların yırtılma indisi sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odun Türü	N	Ortalama (mN. m <sup>2</sup> /g)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam Öz	10	0,60	0,02	0,58	0,64
Karaçam Diri	10	0,83	0,07	0,773	0,96
Karaçam Tam	10	0,83	0,04	0,80	0,90
Göknaar Öz	10	0,95	0,11	0,80	1,06
Göknaar Diri	10	0,96	0,07	0,85	1,01
Göknaar Tam	10	1,00	0,08	0,85	1,06
Meşe Öz	10	0,32	0,01	0,29	0,34
Meşe Diri	10	0,25	0,01	0,24	0,26
Meşe Tam	10	0,33	0,03	0,29	0,37
Kayın Öz	10	0,37	0,04	0,32	0,42
Kayın Diri	10	0,43	0,01	0,42	0,45
Kayın Tam	10	0,36	0,02	0,34	0,40

Tablo 3.31 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre çalışmada kullanılan Karaçam, Göknaar ve Meşe ağaçların öz odun kısımların 50 °SR hamurlarından elde edilen kağıtların yırtılma indisi özelliğinin diri odun kısımlarına göre düşük, Kayın ağacının öz kısmının 50 °SR hamurlarından elde edilen kağıtların yırtılma indisi özelliğinin diri kısmına göre yüksek çıkmıştır.

İbrcli ağaçların yırtılma indileri dövme ile % 60-80 oranında azalmaktadır. Bunun nedeni uzun liflerin kısalmasıdır. Ancak, yapraklı ağaçların yırtılma indileri azalmadığı gibi artmaktadır. Örneğin Meşe diri odununda dövülmemiş hamurda yırtılma indisi 0,12 mN. m<sup>2</sup>/g iken 50 °SR'de 0,25 mN. m<sup>2</sup>/g olup %100'e yakın artma olabilmektedir. Bunun nedeni liflerin boyu zaten kısadır, ancak dövme ile lif-lif bağlanması artmaktadır. Hidrojen bağı sayısının

artması yırtılmayı da artırmaktadır. Çünkü yırtılma indisi lif uzunluğuna ve lif-lif bağının sayısına ve yırtılma sırasında bu bağların koparılması için harcanan iş miktarına da bağlıdır.



Şekil 3.28 Serbestlik derecesi 50 °SR hamurlardan elde edilen kağıtların yırtılma deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.

Şekil 3.28’de görüldüğü gibi;

- Meşe ve Göknar’ın öz odunundan elde edilen 50 SR hamurların kağıtlarının yırtılma indisi özelliğinin, Meşe ve Göknar’ın diri odunundan elde edilen 50 SR hamurların kağıtlarının yırtılma indisi özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Karaçam ve Kayın’ın diri odunundan elde edilen 50 SR hamurların kağıtlarının yırtılma indisi özelliğinin, Meşe’nin öz ve tamından elde edilen 50 SR hamurların kağıtlarının yırtılma indisi özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

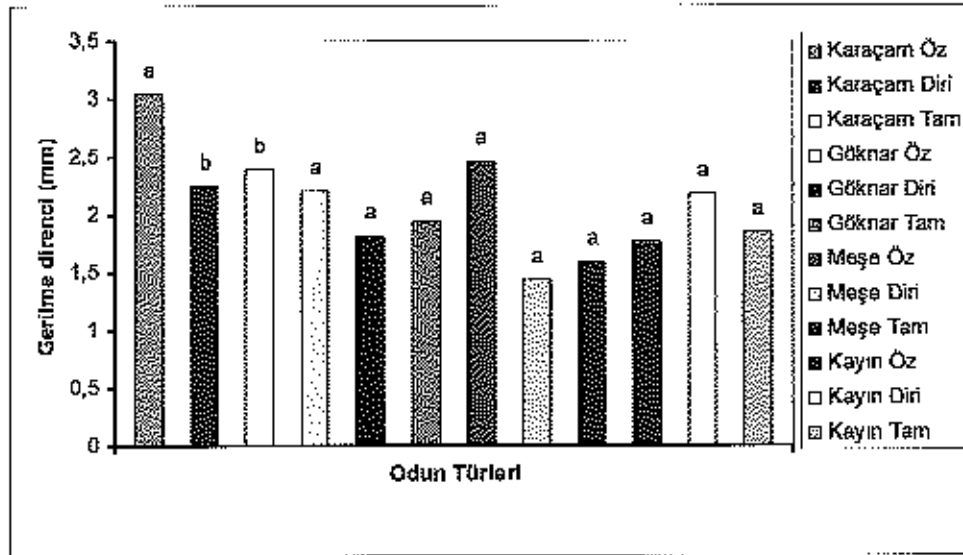
### 3.5.3.3 Serbestlik Derecesi 50 °SR Olan Kağıtların Gerilme Direnci Test Sonuçları

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmüllertiana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.’nın öz odun ve diri odunlarından Kraft ve soda metotları kullanılarak elde edilen 50 °SR’lik kağıtların 10’ar adet gerilme direnci testleri yapılmıştır. Sonuçların ortalamaları,

standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.32’de, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.29’da verilmiştir.

Tablo 3.32 Serbestlik derecesi 50 OSR olan kağıtların gerilme direnci sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odun Türü	N	Ortalama (mm)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam Öz	10	3,04	0,37	2,50	3,40
Karaçam Diri	10	2,24	0,47	1,60	2,70
Karaçam Tam	10	2,38	0,26	2,05	2,65
Gökknar Öz	10	2,2	0,69	1,15	2,80
Gökknar Diri	10	1,81	0,22	1,45	2,05
Gökknar Tam	10	1,94	0,42	1,48	2,45
Meşe Öz	10	2,46	0,38	1,92	2,85
Meşe Diri	10	1,43	0,10	1,28	1,56
Meşe Tam	10	1,59	0,26	1,22	1,97
Kayın Öz	10	1,76	0,22	1,52	2,12
Kayın Diri	10	2,17	0,26	1,80	2,47
Kayın Tam	10	1,85	0,36	1,38	2,27



Şekil 3.29 Serbestlik derecesi 50 SR hamurlardan elde edilen kağıtların gerilme deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.

Tablo 3.32 incelendiğinde elde edilen sonuçları göre çalışmada kullanılan Karaçam, Gökknar ve Meşe ağaçların öz odun kısımların 50<sup>0</sup>SR hamurlarından elde edilen kağıtların gerilme direnç özelliğinin diri odun kısımlarına göre yüksek, Kayın ağacının öz kısmının 50<sup>0</sup>SR hamurlarından elde edilen kağıtların gerilme direnç özelliğinin diri kısmına göre düşük

çıkıştır. Dövme ile gerilme direnci artmaktadır. Özellikle yapraklı ağaçlarda bağ oluşumu sonucu bu oran % 200-300'ü bulmaktadır.

Şekil 3.29'da görüldüğü gibi;

- Karaçam'ın öz odunundan elde edilen 50 °SR hamurların kağıtlarının gerilme direnç özelliğinin, Karaçam'ın diri odunundan elde edilen 50 °SR hamurların kağıtlarının gerilme direnç özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Gökmar, Meşe ve Kayın'ın öz odun, diri odun ve tamamından elde edilen dövülmemiş hamurların kağıtlarının patlama indisi özellikleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olmadığı tespit edilmiştir.

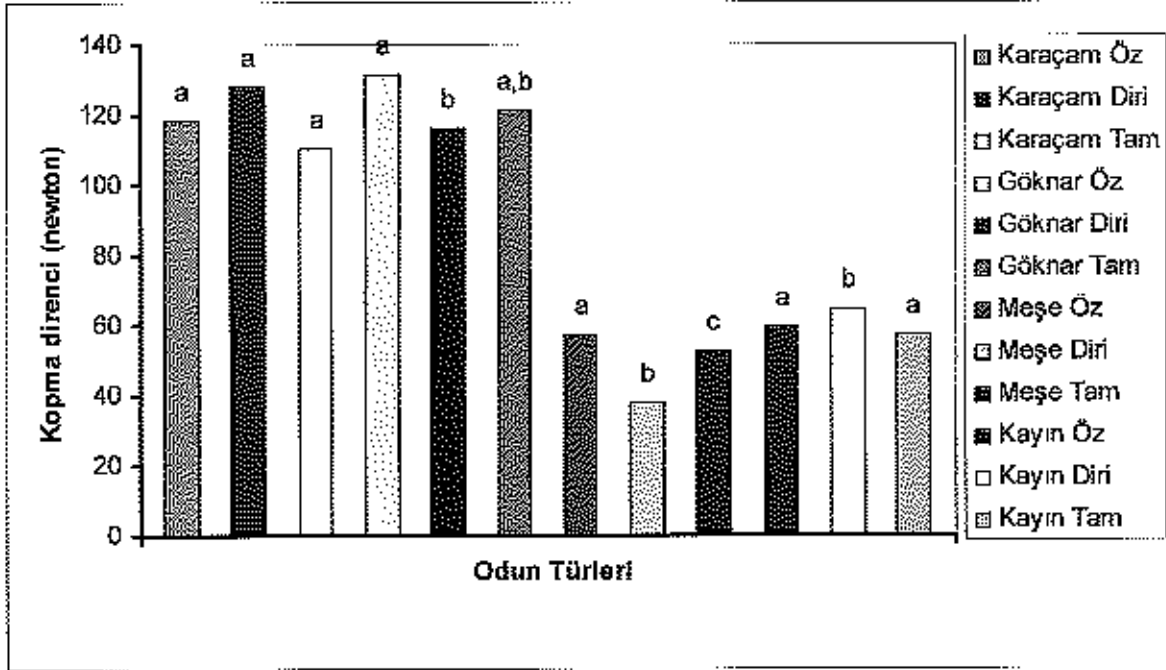
#### 3.5.3.4 Serbestlik Derecesi 50 °SR Olan Kağıtların Kopma Direnci Test Sonuçları

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarından Kraft ve soda metotları kullanılarak elde edilen 50 °SR'lik kağıtların 10'ar adet kopma direnci testleri yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.33'de, % 95 güven aralığında farklılıklar gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.30'da verilmiştir.

Tablo 3.33 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre çalışmada kullanılan Gökmar ve Meşe'nin öz odun kısımların 50 °SR'lik hamurlarından elde edilen kağıtların kopma direnç özelliğinin diri odun kısımlarına göre yüksek, Karaçam ve Kayın'ın ise öz kısmının 50 °SR'lik hamurlarından elde edilen kağıtların kopma direnç özelliğinin diri odun kısımlarına göre düşük çıkmıştır. Dövme ile kopma direnci %100'ün üzerinde bir artış göstermektedir. Bu da kopma direncinin lif uzunluğundan ziyade bağ oranının artmasından etkilenmesidir.

Tablo 3.33 Serbestlik dereccesi 50 °SR olan kağıtların kopma direnci sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Oduun Türü	N	Ortalama (newton)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam Öz	10	118,50	5,57	110,5	125,0
Karaçam Diri	10	128,16	43,26	105,3	205,3
Karaçam Tam	10	110,12	3,82	104,2	114,9
Gökmar Öz	10	131,64	11,15	118,4	140,1
Gökmar Diri	10	116,16	3,39	112,2	119,2
Gökmar Tam	10	121,14	6,90	114,4	132,6
Meşe Öz	10	57,340	1,46	55,08	59,00
Meşe Diri	10	37,560	0,88	36,95	39,02
Meşe Tam	10	52,770	1,54	51,00	55,08
Kayın Öz	10	59,320	1,80	57,00	61,90
Kayın Diri	10	64,840	1,76	62,25	66,85
Kayın Tam	10	57,170	2,24	54,88	60,60



Şekil 3.30 Serbestlik dereccesi 50 °SR olan hamurlardan elde edilen kağıtların kopma deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.

Şekil 3.30'da görüldüğü gibi;

- Gökmar ve Kayın'ın öz odunundan elde edilen 50 °SR'lik hamurların kağıtlarının kopma direnç özelliğinin, diri odunundan elde edilen 50 °SR'lik hamurların kağıtlarının kopma direnç özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli

olduğu, ancak tanından elde edilen edilen 50 °SR'lik hamurların kağıtlarının kopma direnç özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olmadığı tespit edilmiştir.

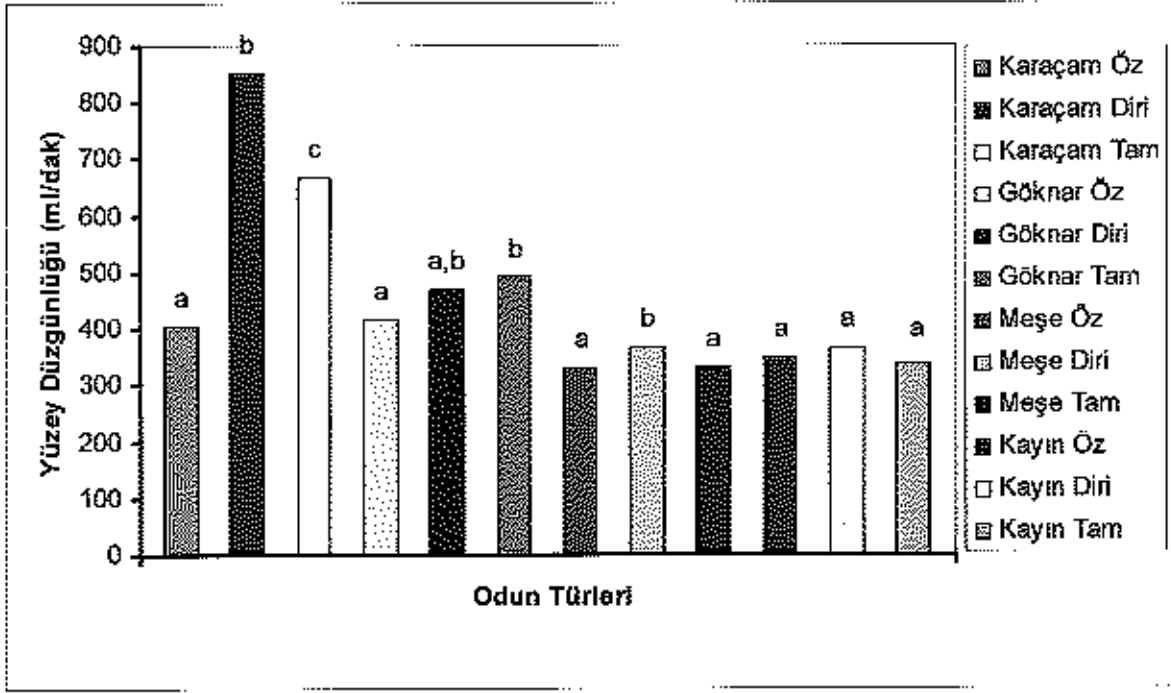
- Karaçam'ın öz odun, diri odun ve tamamından elde edilen 50 °SR'lik hamurların kağıtlarının kopma direnç özellikleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olmadığı tespit edilmiştir.
- Meşe'nin öz odun, diri odun ve tamamından elde edilen serbestlik derecesi 50 olan kağıtlarının kopma direnç özellikleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

### 3.5.3.5 Serbestlik Derecesi 50 °SR Olan Kağıtların Yüzey Düzgünlüğü Test Sonuçları

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Matcz., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarından Kraft ve soda metotları kullanılarak elde edilen serbestlik derecesi 50 olan kağıtlardan 10'ar adet yüzey düzgünlüğü testleri yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.34'de, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.31'de verilmiştir.

Tablo 3.34 Serbestlik derecesi 50 °SR olan kağıtların yüzey düzgünlüğü sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odun Türü	N	Ortalama (ml/dak.)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam öz	10	402,8	42,56	328	470
Karaçam diri	10	851,3	59,61	654	1149
Karaçam tam	10	665,4	151,8	441	855
Göknaar öz	10	414,7	64,22	342	522
Göknaar diri	10	467,9	39,96	399	518
Göknaar tam	10	494,2	73,94	416	614
Meşe öz	10	327,9	24,42	279	353
Meşe diri	10	366,2	24,20	297	395
Meşe tam	10	328,7	21,11	304	355
Kayın öz	10	346,8	49,64	261	439
Kayın diri	10	366,4	25,93	337	407
Kayın tam	10	337,9	38,94	269	392



Şekil 3.31 Serbestlik derecesi 50 °SR olan hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüğü deney sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.

Tablo 3.34 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre çalışmada kullanılan Karaçam, Göknar, Meşe ve Kayın'ın diri kısımların dövülmemiş hamurlarından elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüğü özelliğinin öz odun kısımlarına göre yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 3.31'de görüldüğü gibi;

- Karaçam, Meşe ve Göknar'ın öz odunundan elde edilen serbestlik derecesi 50 olan kağıtların yüzey düzgünlüğü, Karaçam, Meşe ve Göknar'ın diri odunu ve tamamından elde edilmiş serbestlik derecesi 50 olan kağıtların yüzey düzgünlüğü özellikleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Kayın'ın öz odun, diri odun ve tamamından elde edilen 50 °SR'lik hamurların kağıtlarının yüzey düzgünlüğü özellikleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olmadığı tespit edilmiştir.

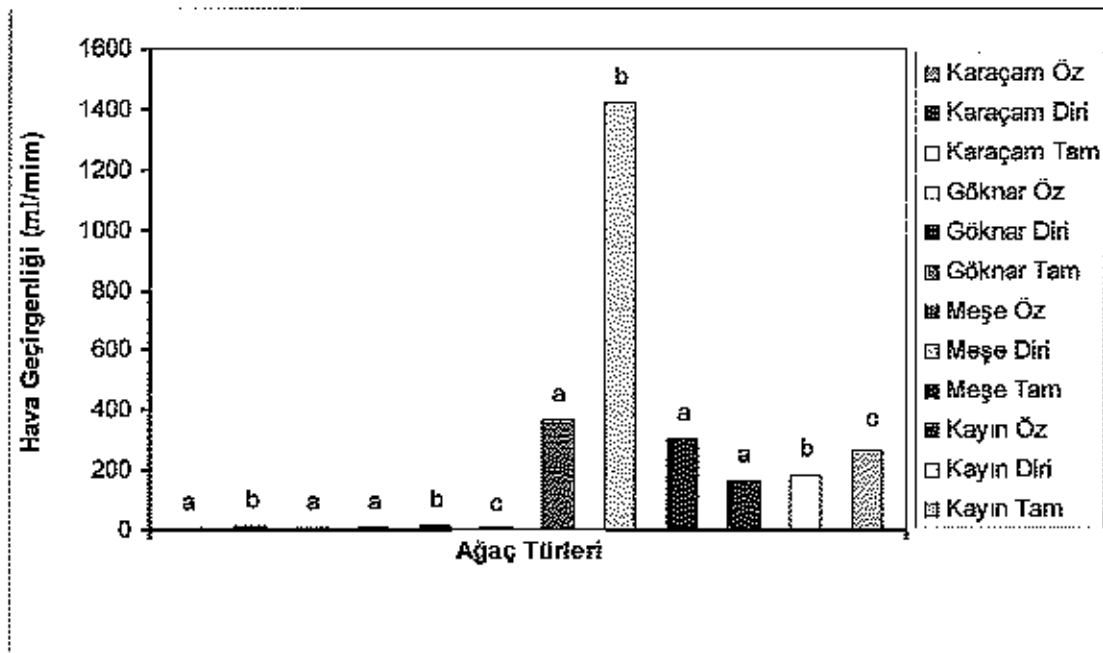
### 3.5.3.6 Serbestlik Derecesi 50 °SR Olan Kağıtların Hava Geçirgenliği Test Sonuçları

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarından Kraft ve soda metotları kullanılarak elde edilen

serbestlik derecesi 50 olan kağıtlardan 10'ar adet hava geçirgenliği testleri yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.35'de, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.32'de verilmiştir.

Tablo 3.35 Serbestlik derecesi 50 °SR olan kağıtların hava geçirgenliği sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odon Türü	N	Ortalama (ml/dak)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam öz	10	6,80	1,13	5	9
Karaçam diri	10	10,40	2,22	7	14
Karaçam tam	10	7,60	2,36	2	10
Gökknar öz	10	4,60	1,42	2	6
Gökknar diri	10	10,60	1,50	8	13
Gökknar tam	10	8,70	1,94	7	13
Meşe öz	10	361,8	12,71	337	377
Meşe diri	10	1421	13,74	1230	1724
Meşe tam	10	301,4	19,34	274	337
Kayın öz	10	163,3	9,15	150	178
Kayın diri	10	184,1	11,18	168	203
Kayın tam	10	264,8	12,20	246	277



Şekil 3.32 Serbestlik derecesi 50 °SR olan hamurlardan elde edilen kağıtların hava geçirgenliği deney sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.



Tablo 3.35 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre çalışmada kullanılan Karaçam, Kayın Meşe ve Göknaar'ın diri kısımların serbestlik derecesi 50 °SR olan hamurlarından elde edilen kağıtların hava geçirgenliği özelliğinin öz odun kısımlarına göre yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 3.32'de görüldüğü gibi;

- Göknaar ve Kayın'ın öz odunundan elde edilen serbestlik derecesi 50 °SR olan kağıtların hava geçirgenliği, diri odunu ve tanından elde edilmiş serbestlik derecesi 50 °SR olan kağıtların yüzey düzgünlüğü özellikleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Karaçam ve Meşe'nin öz odunundan elde edilen serbestlik derecesi 50 °SR olan kağıtların hava geçirgenliğinin, diri odunundan elde edilmiş serbestlik derecesi 50 °SR olan kağıtların yüzey düzgünlüğü özellikleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu ancak tanından elde edilmiş serbestlik derecesi 50 °SR olan kağıtların yüzey düzgünlüğü özellikleri arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olmadığı tespit edilmiştir.

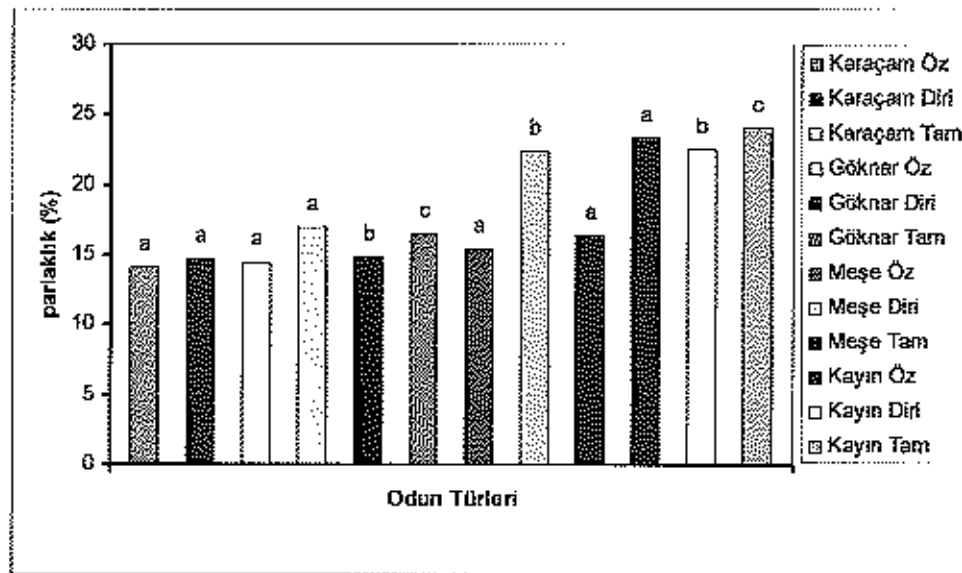
### 3.5.3.7 Serbestlik Derecesi 50 °SR Olan Kağıtların Parlaklık Direnci Test Sonuçları

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nin öz odun ve diri odunlarından Kraft ve soda metotları kullanılarak elde edilen 50 °SR'lik kağıtların 10'ar adet parlaklık testleri yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.36'da, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.33'de verilmiştir.

Tablo 3.36 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre çalışmada kullanılan Göknaar ve Kayın'ın öz odun kısımların 50 °SR'lik hamurlarından elde edilen kağıtların parlaklık özelliğinin diri odun kısımlarına göre yüksek, Karaçam ve Meşe'nin ise öz kısmının 50 °SR'lik hamurlarından elde edilen kağıtların parlaklık özelliğinin diri odun kısımlarına göre düşük çıkmıştır. Dövme ile parlaklık değeri %36 civarında azalmaktadır.

Tablo 3.36 Serbestlik derecesi 50 °SR olan kağıtların parlaklık sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odun Türü	N	Ortalama	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam öz	10	14,10	0,11	14,26	13,96
Karaçam diri	10	14,68	0,09	14,83	14,50
Karaçam tam	10	14,44	0,20	14,85	14,08
Göknaar öz	10	16,92	0,17	17,12	16,62
Göknaar diri	10	14,80	0,12	15,03	14,59
Göknaar tam	10	16,44	0,20	16,80	16,25
Meşe öz	10	15,39	0,14	15,65	15,22
Meşe diri	10	22,28	0,09	22,45	22,15
Meşe tam	10	16,33	0,16	16,56	16,08
Kayın öz	10	23,22	0,12	23,32	23,07
Kayın diri	10	22,49	0,20	22,98	22,25
Kayın tam	10	23,93	0,18	24,07	23,42



Şekil 3.33 Serbestlik derecesi 50 °SR olan hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklık deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.

Şekil 3.33'de görüldüğü gibi;

- Göknaar, Meşe ve Kayın'ın öz odunundan elde edilen 50 °SR'lik hamurların kağıtlarının parlaklık özelliğinin, diri ve tanından elde edilen 50 °SR'lik hamurların kağıtlarının parlaklık özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

- Karaçam'ın öz odun, diri odun ve tamından elde edilen 50 °SR'lik hamurların kağıtlarının parlaklık özelliklerinin arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olmadığı tespit edilmiştir.

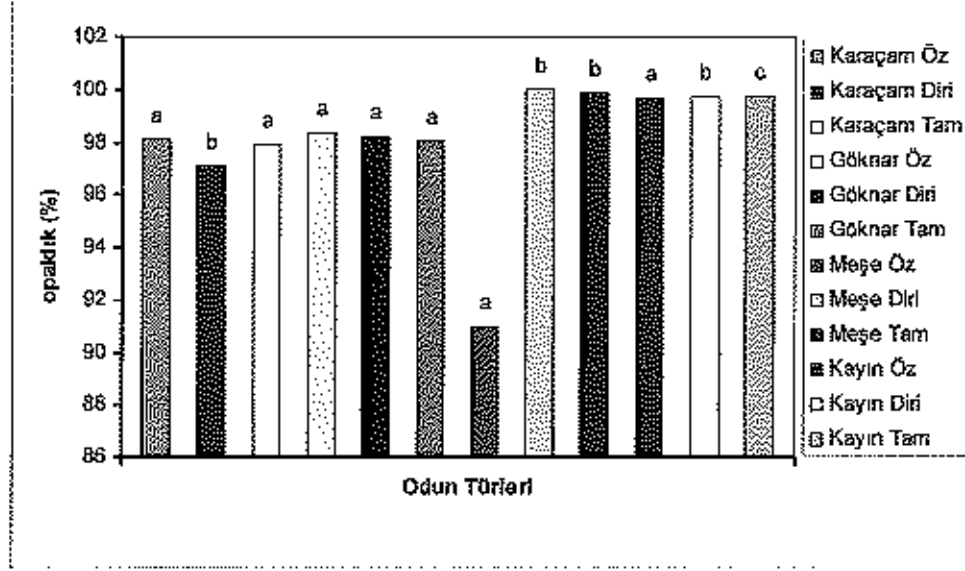
### 3.5.3.8 Serbestlik Derecesi 50 °SR Olan Kağıtların Opaklık Test Sonuçları

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarından Kraft ve soda maddeleri kullanılarak elde edilen 50 °SR'lik kağıtların 10'er adet opaklık testleri yapılmıştır. Sonuçların; ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.37'de, % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar ise Şekil 3.34'de verilmiştir.

Tablo 3.37 Serbestlik derecesi 50 °SR olan kağıtların opaklık sonuçlarının ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerleri.

Odun Türü	N	Ortalama	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Karaçam öz	10	98,11	0,28	98,55	97,67
Karaçam diri	10	97,07	0,53	97,98	96,34
Karaçam tam	10	97,88	0,39	98,40	97,06
Gökknar öz	10	98,36	0,50	99,01	97,60
Gökknar diri	10	98,22	0,30	98,64	97,70
Gökknar tam	10	98,04	0,44	99,19	97,62
Meşe öz	10	90,95	0,12	99,99	99,97
Meşe diri	10	99,96	0,05	99,99	99,85
Meşe tam	10	99,87	0,12	100,0	99,63
Kayın öz	10	99,65	0,13	99,99	99,45
Kayın diri	10	99,75	0,27	99,99	99,29
Kayın tam	10	99,74	0,22	99,97	99,35

Tablo 3.37 incelendiğinde elde edilen sonuçlara göre çalışmada kullanılan Karaçam, Gökknar ve Kayın'ın öz odun kısımların 50 °SR'lik hamurlarından elde edilen kağıtların opaklık özelliğinin diri odun kısımlarına göre yüksek, Meşe'nin ise düşük çıkmıştır. Kağıdın rengi zaten koyu olduğundan dövme neticesinde opaklık önemli oranda etkilenmemiştir.



Şekil 3.34 Serbestlik derecesi 50 °SR olan hamurlardan elde edilen kağıtların opaklık deneyi sonuçlarının % 95 güven aralığında farklılıkları gösteren Duncan testine ait sonuçlar.

Şekil 3.34’de görüldüğü gibi;

- Karaçam’ın öz odunundan elde edilen 50 °SR’lik hamurların kağıtlarının opaklık özelliğinin, diri odunundan elde edilen 50 °SR’lik hamurların kağıtlarının opaklık özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu, ancak Karaçam’ın tamından elde edilen 50 °SR’lik hamurların kağıtlarının opaklık özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olmadığı tespit edilmiştir.
- Göknar’ın öz odun, diri odun ve tamından elde edilen 50 °SR’lik hamurların kağıtlarının opaklık özelliklerinin arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olmadığı tespit edilmiştir.
- Meşe’nin öz odunundan elde edilen 50 °SR’lik hamurların kağıtlarının opaklık özelliğinin, diri ve tamından elde edilen 50 °SR’lik hamurların kağıtlarının opaklık özelliği arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Kayın’ın öz odun, diri odun ve tamından elde edilen 50 °SR’lik hamurların kağıtlarının opaklık özelliklerinin arasındaki farkın %95 güven düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

## BÖLÜM 4

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, *Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun, diri odun ve ağaçlardaki öz odun ve dirinin bulunum yüzdelerine göre tam odunlarının kimyasal bileşimleri, anatomik yapıları ve ibrelili ağaçlar için Krafft metodu, yapraklı ağaçlar için soda metodu kullanılarak elde edilen kağıtların fiziksel ve optik özellikleri incelenmiştir.

Yapılan kimyasal analizler sonucunda, *Pinus nigra* Arn.'nın öz odununda holoselüloz oranı % 65,42,  $\alpha$ -selüloz oranı % 41,84, lignin oranı % 26,57, %1'lik NaOH çözünürlüğü % 22,30, soğuk su çözünürlüğü % 2,40, sıcak su çözünürlüğü % 4,29, alkol çözünürlüğü % 16,64 olarak tespit edilmiştir.

*Pinus nigra* Arn.'nın diri odununda holoselüloz oranı % 67,46,  $\alpha$ -selüloz oranı % 44,60, lignin oranı % 25,60, %1'lik NaOH çözünürlüğü % 9,43, soğuk su çözünürlüğü % 1,29, sıcak su çözünürlüğü % 1,69, alkol çözünürlüğü % 4,28 olarak tespit edilmiştir. Buna göre, öz odunda Holoselüloz ve  $\alpha$ -selüloz oranı diri oduna göre azalırken, % 1'lik NaOH çözünürlüğü, soğuk su çözünürlüğü, sıcak su çözünürlüğü ve alkol çözünürlüğü diri oduna göre artmıştır.

*Abies bornmülleriana* Mattf.'in öz odununda holoselüloz oranı % 70,02,  $\alpha$ -selüloz oranı % 46,37, lignin oranı % 26,64, %1'lik NaOH çözünürlüğü % 7,57, soğuk su çözünürlüğü % 1,50, sıcak su çözünürlüğü % 2,32, alkol çözünürlüğü % 1,78 olarak tespit edilmiştir.

*Abies bornmülleriana* Mattf.'in diri odununda holoselüloz oranı % 70,78,  $\alpha$ -selüloz oranı % 45,42, lignin oranı % 27,79, %1'lik NaOH çözünürlüğü % 8,60, soğuk su çözünürlüğü % 1,35, sıcak su çözünürlüğü % 2,43, alkol çözünürlüğü % 1,82 olarak tespit edilmiştir. Buna göre, öz odunda  $\alpha$ -selüloz ve soğuk su çözünürlük oranı diri oduna oranla artarken, holoselüloz oranı, lignin, % 1'lik NaOH Çözünürlüğü, sıcak su çözünürlüğü ve alkol çözünürlüğü değerleri azalmıştır.

*Quercus robur* L.'nin öz odununda holoselüloz oranı % 70,11,  $\alpha$ -selüloz oranı % 39,97 , lignin oranı % 26,93, %1'lik NaOH çözünürlüğü % 21,43, soğuk su çözünürlüğü % 5,66, sıcak su çözünürlüğü % 8,55, alkol çözünürlüğü % 6,83 olarak tespit edilmiştir.

*Quercus robur* L.'nin diri odununda holoselüloz oranı % 73,60,  $\alpha$ -selüloz oranı % 40,63 , lignin oranı % 21,64, %1'lik NaOH çözünürlüğü % 18,16, soğuk su çözünürlüğü % 4,41, sıcak su çözünürlüğü % 6,59, alkol çözünürlüğü % 5,26 olarak tespit edilmiştir. Buna göre, öz odunda holoselüloz,  $\alpha$ -selüloz oranı diri oduna oranla azalırken, lignin, % 1'lik NaOH, sıcak su çözünürlüğü, soğuk su çözünürlüğü, alkol çözünürlüğü değerleri artmıştır.

*Fagus orientalis* Lipsky'in öz odununda holoselüloz oranı % 77,51,  $\alpha$ -selüloz oranı % 42,61 , lignin oranı % 22,88, %1'lik NaOH çözünürlüğü % 15,50, soğuk su çözünürlüğü % 1,52, sıcak su çözünürlüğü % 2,99, alkol çözünürlüğü % 1,75 olarak tespit edilmiştir.

*Fagus orientalis* Lipsky'in diri odununda holoselüloz oranı % 78,84,  $\alpha$ -selüloz oranı % 41,05, lignin oranı % 22,43, %1'lik NaOH çözünürlüğü % 14,80, soğuk su çözünürlüğü % 2,01, sıcak su çözünürlüğü % 3,09, alkol çözünürlüğü % 1,91 olarak tespit edilmiştir. Buna göre, öz odunda holoselüloz, sıcak su çözünürlüğü, soğuk su çözünürlüğü, alkol çözünürlüğü oranı diri oduna oranla azalırken,  $\alpha$ -selüloz lignin, % 1'lik NaOH, değerleri artmıştır.

Çalışmada kullanılan ağaçların öz ve diri odunlarından elde edilen liflerin ölçümlerine göre Karaçam öz odununun lif uzunluğu 1,582 mm, Karaçam diri odununun lif uzunluğu 2,399 mm, Gökmar öz odununun lif uzunluğu 2,749 mm, Gökmar diri odununun lif uzunluğu 3,583 mm, Kayın öz odununun lif uzunluğu 1,083 mm, Kayın diri odununun lif uzunluğu 1,229 mm, Meşe öz odununun lif uzunluğu 0,974 mm ve Meşe diri odununun lif uzunluğu 1,24 mm olarak tespit edilmiştir. Bu ölçümlere göre ağaçların öz odun liflerinin diri odun liflerine göre kısa çıktıkları belirlenmiştir.

Liflerin uzun olması nedeniyle Karaçam ve Gökmar'da yırtılma indisi yüksek çıkmıştır. En yüksek yırtılma indisi 1,58 mN.m<sup>2</sup>/g ile Gökmar diri odunundan elde edilmiştir. En düşük yırtılma indisi ise 0,12 mN.m<sup>2</sup>/g ile Meşe diri odunundan elde edilmiştir. Bu da Meşe odununun kağıt yapımına uygun olmadığını göstermektedir. Ancak, düzgin yüzey verdiği için MDF yapımında kullanılabilir.

*Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun, diri odun ve ağaçlardaki öz odun ve dirinin bulunum yüzdelerine göre tam odunlarının Kraft metodu kullanılarak yapılan pişirmelerinde, en yüksek verim Göknar'ın öz odunundan yapılan pişirme ile %48,51, en düşük verim ise Karaçam'ın öz odunundan yapılan pişirmede %40,64 değerleri elde edilmiştir.

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., öz odun, diri odun ve ağaçlardaki öz odun ve dirinin bulunum yüzdelerine göre tam odunlarının soda metodu kullanılarak yapılan pişirmelerinde, en yüksek verim Kayın'ın öz odunundan yapılan pişirme ile %38,6, en düşük verim ise Meşe'nin diri odunundan yapılan pişirmede %30,85 değerleri elde edilmiştir.

Çalışmada kullanılan ağaç türlerin kendi içlerinde yapılan değerlendirme de ise Karaçam hariç Göknar, Meşe ve Kayın'dan elde edilen pişirmelerde verim olarak öz odunlardan yapılan pişirmelerin hamur verimleri dirilerine göre yüksek çıkmıştır.

*Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus nigra* Arn.'nın öz odun, diri odun ve ağaçlardaki öz odun ve dirinin bulunum yüzdelerine göre tam odunlarının Kraft metodu kullanılarak yapılan pişirmelerinde, en yüksek Kappa numarası değeri 50,9 ile Karaçam'ın öz odunundan yapılan pişirmeden, en düşük Kappa numarası değeri ise 39,80 ile Göknar'ın öz odunundan yapılan pişirmede elde edilmiştir.

*Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., öz odun, diri odun ve ağaçlardaki öz odun ve dirinin bulunum yüzdelerine göre tam odunlarının soda metodu kullanılarak yapılan pişirmelerinde, en yüksek Kappa numarası değeri 22,25 ile Meşe'nin yüzde oranlarına göre yapılan pişirmeden, en düşük Kappa numarası değeri ise 14,99 ile Kayın'ın öz odunundan yapılan pişirmede elde edilmiştir.

*Pinus nigra* Arn.'nın öz odun ve diri odunlarının Kraft metodu kullanılarak yapılan pişirmelerinde elde edilen hamurlardan yapılan kağıtların fiziksel ve optik test sonuçlarına göre; öz odunlarından yapılan kağıtların patlama, gerilme, kopma direnç özellikleri ve parlaklık ile opaklık değerlerinin ve diri odunlarından yapılan kağıtlara göre yüksek olduğu, ancak yırtılma indisi özelliğinin ve yüzey düzgünlüğü ile hava geçirgenliği özelliğinin düşük olduğu tespit edilmiştir.

*Abies bornmülleriana* Mattf.'ın öz odun ve diri odunlarının Kraft metodu kullanılarak yapılan pişirmelerinde elde edilen hamurlardan yapılan kağıtların fiziksel ve optik test sonuçlarına göre; öz odunlarından yapılan kağıtların patlama, gerilme, kopma direnç özellikleri ve parlaklık ile opaklık değerlerinin ve diri odunlarından yapılan kağıtlara göre yüksek olduğu, ancak yırtılma indisi özelliğinin ve yüzey düzgünlüğü ile hava geçirgenliği özelliğinin düşük olduğu tespit edilmiştir.

*Quercus robur* L., öz odun ve diri odunlarının soda metodu kullanılarak yapılan pişirmelerinde elde edilen hamurlardan yapılan kağıtların fiziksel ve optik test sonuçlarına göre; öz odunlarından yapılan kağıtların fiziksel özelliklerinin diri odunlardan elde edilen kağıtlara göre yüksek çıktığı ancak optik özelliklerinin düşük çıktığı tespit edilmiştir. Bunun nedeni öz odunda ekstraktif madde oranının yüksek olmasıdır.

*Fagus orientalis* Lipsky'in öz odun ve diri odunlarının soda metodu kullanılarak yapılan pişirmelerinde elde edilen hamurlardan yapılan kağıtların fiziksel ve optik test sonuçlarına göre; öz odunlarından yapılan kağıtların fiziksel özelliklerinin diri odunlardan elde edilen kağıtlara göre düşük çıktığı (serbestlik derecesi 50 °SR olan kağıdın hava geçirgenliği ve yüzey düzgünlüğü özellikleri düşük çıkmıştır.) ancak optik özelliklerinin yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Elenmiş verim bakımından değerlendirildiğinde çalışmada kullanılan Kayın ve Meşe odunları sırasıyla %34,17, % 35,10'dır. Bu nedenle Kayın ve Meşe tek başına kağıt hamuru üretimi için çok uygun değildir. Lif uzunluğu açısından oldukça kısa lifli olduklarından uzun lifli hammaddelerle karıştırılıp kullanılabilir. Ayrıca, lif levha endüstrisinde de kullanılmaları uygun olabilir.

Kağıtçılıkta uzun lifli ve kısa lifli hamur kavramları oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun nedeni lif uzunluklarının kağıdın sağlamlık özelliklerinin doğrudan etkilemesidir. Keçeleşme oranının 70'in altına düşmesi ile kağıdın direnç özellikleri düşmeye başlar. Çok yüksek olması ise topaklaşmaya neden olmaktadır. Çalışmamızda odun türlerinden elde edilen liflerin keçeleşme oranları Tablo 4.12'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre keçeleşme oranı bakımından Göknar diri odunun kağıt yapımına daha uygundur. Diğerleri 70'in altında olduğu için direnç özelliklerindeki düşüş normal kabul edilebilir.

Rijiditenin artması lif çeper kalınlığı ile doğru orantılıdır. Rijidite katsayısının yüksek olması durumunda kağıdın direnç özellikleri düşmektedir. Bunun nedeni yeterince saçaklanamayan



liflerde lifler arası bağların zayıf olmasıdır. Bu durumda Karaçam öz odununda Rijitidenin en küçük olmasından dolayı en uygun hammadde olduğu söylenebilir.

Tablo 4.1 Odun türlerinin mikrografik ölçümleri.

Odun Türü	Keçeleşme Oran	Rijidite	Runkel Oranı	Elastikiyet Katsayısı
Karaçam öz	43,34	7,00	0,19	68,50
Karaçam diri	57,14	14,00	0,38	72,40
Göknaar öz	66,56	13,00	0,33	76,75
Göknaar diri	71,76	10,00	0,26	80,00
Meşe öz	48,43	36,00	2,60	27,46
Meşe diri	51,74	37,00	2,93	25,43
Kayın öz	52,93	24,00	0,96	51,00
Kayın diri	55,11	28,00	1,23	43,56

Runkel sınıflandırılmasında Runkel oranı 1'den küçük lifler esnek lifler kategorisine girmekte olup Meşe diri odununun 1,23, Meşe diri odunu 0,96 ('c çok yakın) Kayın öz odunu 2,60, Kayın diri odunu 2,93 olduğundan kapı yapımı sırasında liflerin bireysel olarak kollapsa uğraması zor olacağından bu hammaddeler içerisinde en uygun 0,19'luk değer ile karaçam öz odunudur.

Göknaar öz odunu ve Göknaar diri odunun elastikiyet kat sayısı 75'den büyük olduğu için 1. gruba girmektedir. Karaçam öz odunu, Karaçamdiri odunu ve Meşe öz odunu 50-75 arasında elastiklik katsayısına sahip olduklarından 2. gruba girmektedirler. Kağıt hamuru üretimi açısından 1. ve 2. grup lifler arzu edilir. Ancak, elastiklik katsayısı 75'in çok üzerindeki lifler çok esnek olmasına karşın çeperleri ince olacağından yırtılma dirençleri düşük olur. Burada Meşe diri odunu 30-50 arasında elastiklik katsayısına sahip olduğundan 3. gruba girmektedir. Bu tür lifler rijit kabul edilir. Ayrıca, Kayın öz odunu ve Kayın diri odunu 30'ın altında olduğu için 4. gruba dahildir. Bu tür lifler çok rijit kabul edilir.

Meşe diri odunu, Kayın öz odunu ve Kayın diri odunu kağıt hamuru üretimine uygun olmayıp rijit karton, mukava veya liflevha yapımına uygun olacağı kanaatindeyiz.



## KAYNAKLAR

- Alkan Ç** (2004) Türkiye'nin Önemli Yaprak Ve İğne Yapraklı Ağaç Odunlarının Mikrografik Yönden İncelenmesi. Yüksek Mühendislik Tezi (yayınlanmamış), Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 110 s.
- Anşın R, Özkan, C.Z** (1993) *Tohumlu bitkiler*. K.T.Ü. Orman Fakültesi. Yayın No:19, Trabzon, 512 s.
- Ateş S** (2004) Krafl Yöntemi ile Karaçam (*Pinus nigra* subsp. *Pallasiana*)Yongalarının Pişirilmesinde Kullanılan Farklı Deneme Desenleri Yardımıyla Elde Edilen Regresyon Modellerinin Karşılaştırılması. Doktora Tezi (yayınlanmamış), K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 210s.
- Aytuğ B** (1959) Türkiye Göknaar (*Abies Tourn.*) Türleri Üzerinde Morfolojik Esaslar ve Anatomik Çalışmalar, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: A, Sayı :2, İstanbul, s. 12-14.
- Bertand K ve Holmbom, B** (2005) Chemical Composition of earlywood and latewood in Norway spruce heartwood, sapwood and transition zone wood. *Wood Sci. Technol*, 38:245-256.
- Biermann C.J** (1996) *Handbook of Pulping and Papermaking*. Second Edition, Academic pres, California, 754 p.
- Bosshard H.H** (1968) On the Formation of Facultatively Colored Heartwood in *Beilschneidia tawa*, *wood Sci. and Technol*, 2(1) pp 1-12,
- Bozkurt Y.A, Erdin N, Ünlügil A** (1995) *Odun Patolojisi*. İ.Ü. basımevi, yayın no:3878, Fak.Yay.no 432, İstanbul, 398s.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Bozkurt A.Y** (1992) *Odun Anatomisi*. İÜ. Orman Fakültesi, Üniversite Yayın No:3652, Fakülte Yayın No:415, 298 s.
- Campbell A.G, Kim W.J, Koch, P,** (1990) Chemical variation in lodgepole pine with sapwood/heartwood, stem height and variety, *Wood Sci.*, 22(1):22-30.
- Casey J P** (1980) *Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology*. Vol. 1. Third Edition, Wiley Interscience Publisher Inc, New York, pp 409.
- Cheng Z** (1993) Recent Developments In China Pulp and Paper Research On Wheat Straw. *Straw-A Valuable Raw Material*, April, London, Pira International, Paper, No:18.
- Clark d'A.J** (1978) *Pulp Technology and treatment for paper*. Miller Freeman Publications, San Francisco, pp.751.
- Christensen P.K** (1981) *Wood and Pulping Chemistry Lecture Notes*. Trondheim NTIL, Institut for Treforedlingskjemi, Norway, pp 201.
- Dix B, Roffael E** (1992) Behavior of poplar sapwood and heartwood during pulping. *Holz-als-Rohund Werkstoff*, 50(1):5-10.
- Eroğlu H** (1990) *Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi*. K.T.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No:6, Trabzon, 623s.
- Eroğlu H, Usta M** (2004) *Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi*. ISBN:975-98513-0-X (II cilt), Eiscn Ofset Matbaacılık, Trabzon, 296s.
- Eroğlu H** (2003) *Kağıt Hamuru Ve kağıt Fiziği Ders Notları*. Z.K.Ü. Bartın Orman Fakültesi Üniversite Yayın No:27, Fakülte Yayın No: 13, Bartın, 144 s.
- Esteves B, Gominho J, Rodrigues J.C, Miranda I ve Pereira H** (2005). Pulping Yield and Delignification Kinetics of Heartwood and Sapwood of Maritime Pine, *J. of Wood Chemistry and Techn.*, 25:217-230.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Ezquerria F, Gil I.** (2001) Wood anatomy and stress distribution in the stem of *Pinus pinaster* Ait. *Investigation Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*, 10(1):165-209.
- Fengel D, Wegener G** (1989) *Wood Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Walter de Gruyter inc., Berlin, Germany, 256 s.
- Gao Y, Chen T, Breuil C** (1995) Identification and quantification of nonvolatile lipophilic substances in fresh sapwood and heartwood of lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl.). *Holzforschung*, 49(1):110-115.
- Gülsoy S** (2003) Bazı Yapraklı Ağaçların Kansersiz Ve Normal Odunlarının Kimyasal-Anatomik Yapıları, Lif Morfolojisi Ve Kağıt Özellikleri Yönünden Araştırılması. Yüksek Mühendislik Tezi (yayımlanmamış), Z.K.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 163 s.
- Gündüz G** (1999) Camiyani Karaçamının (*Pinus nigra* Arnold subs. *Pallasiana* var. *Pallasiana*) Bazı Anatomik, Teknolojik Ve Kimyasal Özellikleri. Yüksek Mühendislik Tezi (yayımlanmamış), Z.K.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 256 s.
- İafizoğlu H** (1982) *Orman Ürünleri Kimyası*. KTÜ. Orman Fakültesi, KTÜ Basımevi, Fakülte Yayın No. 52, Trabzon, 245 s.
- Halupane-Grosz, Z., Szonyi, L.** (1974) *Main Pulping Characteristic and Possible Utilization Of Austrian Pine*, *Érdeszeki-Kuatasok*, 70:1, 187-206 pp.
- Hau J.S, Rowell J.S** (1997) *Chemical composition of agro-based fibers*. Chapter 5, In: *Paper and Composites from Agrobased Resources*. Edited by , R.M. Rowell, R.A. Young and J.K. Rowell. CRC Press, 446pp.
- Higgins H.G** (1984) Pulp and paper. In *Eucalyptus for wood production*; Hillis, W.F., Brown, A.G., Eds. CSIRO/ Academic Press: Melbourne, s. 290-316.
- Hillis W.F** (1968) Chemical Aspects of Heartwood Formation, *Wood Sci. Technol.*, 2:pp 241-259.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Jeyasingam J. T** (1978) Critical Analysis of Straw Pulping Methods World Wide, *Non-Wood Plant Fiber Pulping Conference*, November, Tappi Press, Progress Report No. 18, Washington, pp.103-112.
- Jiang J.J, Lee Z.Z, Tai D.S** (1991) Characteristics of Alkali Consumption During Soda Cooking of Wheat Straw, *6th International Symposium on Wood and Pulping*.
- Kayacık H** (1967) *Orman ve park ağaçlarının özel sistematiği*. Dizerkonca Matbaası, İstanbul, s. 384.
- Kırcı H** (2000. *Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları*, K.T.Ü. Orm. Fak. Yayın No:63, Trabzon, s. 274.
- Kırcı, H.**, (2006). *Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları*, KTÜ Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No:86, Trabzon, s. 115.
- Lachenal D**, (1976) Mecanismos Reactionels des Constituants du Bois Au Cours des Cuissons Soude-Oxygene, *Synthese Bibliographique*, Atip. 30/6 s. 203-212.
- Landholm C.A** (1993) *Pulping Technology Lecture Notes*, Vol:2, Helsinki University, Otoniemi, Finland, s. 213.
- Liu X, Lee Z, Tai D** (1988) Studies on Dissolving Procedure In Alkaline Solution of Wheat-Straw Lignin, *International Nonwood Fiber Pulping & Pmkg. Conference*, July, Beijing, Procceding, Vol.1, pp.305-317.
- Lourenço A, Baptista I, Gominho J, Pereira H**, (2008) The Influcnee of heartwood on the pulping properties of *Acacia melanoxylon* wood.. *The Japon Wood Research Society*. Vol.54, No.1, pp.646-469.
- Mariani S, Makro T, Fernandez A, and Morales E** (2005) Effects of Eucalyptus nitens heartwood in Kraft pulping. *Tappi J.* 4:29:8-10.
- Mercv N** (1998) *Odun Anatomisi, Doğu Karadeniz Bölgesindeki Doğal Angiospermae Taksonlarının Odun Anatomisi*. Cilt:1 B, , K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon, 621 s.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Merev N** (2003) *Odun Anatomisi ve Odun Tanıtımı*. K.T.Ü. Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 209, Fakülte Yayın No: 31, Trabzon, 246 s.
- Pinto I, Pereira II, Uscnius A,** (2004) Heartwood and sapwood development within maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) stems. *Trees*, 18(3), 284-294.
- Panshin A.J, De Zeeuw C,** (1980) *Textbook of Wood Technology*. Fourth edition, McGraw-Hill series in forest resources, USD, pp. 721.
- Rahman S.M, Rashid M.H.O and Mahbubar Rahman A.ILM** (2004) Soda pulping of sapwood. *J. of Tropical Sci.* 16(4):444-452.
- Rudman P,** (1960) Heartwood formation in trees, *Nature*, 210 (5036):pp 608-610.
- Rydholm S A** (1965) *Pulping processes*. First Edition, Interscience Publishers, s. 1269.
- Saito K, Mitsutani T, Imai T, Matsushita Y, Yamamoto, Fukushima, K** (2008) Chemical differences between sapwood and heartwood of *Chamaecyparis obtusa* detected by ToF-SIMS. *Applied surface Science*. Vol.255, pp.1088-1091.
- Stokes A, Berthier S.** (2000) Irregular heartwood formation in *Pinus pinaster* Ait. Is related to eccentric radial stem growth. *For Ecol. Manage.* 135: 115-121.
- Spearing W.E, Isenberg J,** (1947) The maceration of woody tissue with acetic acid and sodium chlorite. *Science* 105, 2721, 214 p.
- Tank T** (1980) *Lif ve Selüloz Teknolojisi*, İ.Ü. Orman Fakültesi, No:2362/272, İstanbul, s. 178.
- Tank T** (1973) Selüloz Ve Kağıt Sanayisinde Kısa Liflerin Değerlendirme Olanakları, *IV. Bilim Kongresi*, Ankara s.9.
- Tank T** (1978) Türkiye’de Kayın Ve Gürgün Türlerinin Nötral Süfit Yarıkimyasal (NSSC) Metodu İle Değerlendirme İmkanları, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Yayın No:231 İstanbul.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Tutuş A** (2000) Buğday (*Triticum aestivum* L.) Saplarından Kağıt Hamuru Üretiminde Kullanılan Soda-Oksijen, Soda-Antrakinin ve Soda Yöntemlerinin Silis Problemi ve Diğer Yönlerden Karşılaştırılması. Doktora Tezi (yayınlanmamış), Z.K.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 163 s.
- Wise L E ve Jahn E C** (1952) *Wood Chemistry*, 2<sup>nd</sup> Edition. Vol 1-2, Reinhold Publication Co, New York, U.S.A, s.1330.
- Wise EL, Karl HL** (1962) Cellulose and hemiselulose. In: Earl Libby C, editor. *Pulp and paper science and technology*, vol. I. New York, USA: Mc Graw Book Co.
- Wong B.M, Deha G.C, Roy D.N,** (1995) Bulk delignification kinetics at selected vertical heights within Jack Pine plus trees. *Wood Science and Technology*. 29(1): 11-18.
- YALTIRIK F,** (1988) *Dendroloji Ders Kitabı 1, Gymnospermae (Açık Tohumlular.)* İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No : 3443, O.F. Yayın No : 386, İstanbul s.406.



## ÖZGEÇMİŞ

Yasin ATAÇ. 1977'de Almanya'nın Hattingen İlinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Ankara'da tamamladı. 1992 yılında Polis Kolejini kazanarak 1996 yılında mezun oldu. 1996 yılında Polis Akademisine girdi ve 2000 yılında Komiser Yardımcısı rütbesi ile mezun oldu. 2001 yılında halen çalışmakta olduğu Kriminal Polis Laboratuvarları Dairesi Başkanlığında Belge İncelemeleri Şube Müdürlüğünde Başkomiser rütbesinde Belge İncelemeleri Uzmanı olarak çalışmaktadır. 2002 yılında Z.K.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans eğitimini 2005 yılında bitirerek aynı yıl aynı Anabilim Dalında doktora eğitime başladı ve halen devam etmektedir. Evli ve bir çocuk babası olan Yasin ATAÇ'ın yabancı dili İngilizcedir.

### **ADRES BİLGİLERİ** :

Adres : Emniyet Genel Müdürlüğü Ankara Kriminal Polis Lab. Müd.  
Amittepe/ANKARA

Telefon : 0 312 4124555

e-posta : yatac77@yahoo.com  
yatac@egm.gov.tr

