



**T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**OKALİPTÜS (*EUCALYPTUS CAMALDULENSIS* ve *EUCALYPTUS GRANDIS*)'ÜN ODUN ÖZELLİKLERİ VE KAĞIT ENDÜSTRİSİNDE KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

**ÜMİT AYATA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KAHRAMANMARAŞ  
OCAK 2008**



**T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**OKALİPTÜS (*EUCALYPTUS CAMALDULENSIS* ve *EUCALYPTUS  
GRANDIS*)'ÜN ODUN ÖZELLİKLERİ VE KAĞIT ENDÜSTRİSİNDE  
KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

**ÜMİT AYATA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KAHRAMANMARAŞ  
OCAK 2008**

T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**OKALİPTÜS (*EUCALYPTUS CAMALDULENSIS* ve *EUCALYPTUS GRANDIS*)'ÜN ODUN ÖZELLİKLERİ VE KAĞIT ENDÜSTRİSİNDE  
KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

ÜMİT AYATA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kod No:

Bu tez 31/ 01/ 2008 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından  
Oy Birliği/Oy Çokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....  
Doç. Dr.  
İbrahim BEKTAŞ  
DANIŞMAN

.....  
Doç. Dr.  
Ahmet TUTUŞ  
II. DANIŞMAN

.....  
Doç. Dr.  
Mehmet AKGÜL  
ÜYE

.....  
Doç. Dr.  
Ramazan KURT  
ÜYE

.....  
Yrd. Doç. Dr.  
M. Altay BAŞTÜRK  
ÜYE

Yukarıda imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Süleyman TOLUN  
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 2007/1-8

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı 'Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'ndaki hükümlere tabidir.

## İÇİNDEKİLER

|   | SAYFA |
|---|-------|
| İÇİNDEKİLER.....  | I     |
| ÖZET.....   | IV    |
| ABSTRACT.....   | V     |
| ÖNSÖZ.....  | VI    |
| ÇİZELGELER DİZİNİ.....  | VII   |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....  | IX    |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....   | XI    |
| 1. GİRİŞ.....   | 1     |
| 1.1. Okaliptüs Hakkında Genel Bilgiler.....   | 2     |
| 1.1.1. Okaliptüsün Türkiye'deki Yayılışı.....   | 2     |
| 1.1.2. Okaliptüs'ün Botanik Özellikleri.....  | 2     |
| 1.1.2.1. Yaprak Şekilleri.....  | 3     |
| 1.1.2.2. Vejetatif Tomurcuklar.....   | 3     |
| 1.1.2.3. Çiçek Tomurcukları.....  | 4     |
| 1.1.2.4 Çiçeklenme.....   | 5     |
| 1.1.2.5. Olgunlaşmamış Meyve .....  | 5     |
| 1.1.2.6. Olgun Meyve.....   | 6     |
| 1.1.3. Okaliptüsün Mevki Özellikleri.....   | 6     |
| 1.1.4. Okaliptüsün İklim Özellikleri.....   | 7     |
| 1.1.5. Okaliptüsün Toprak Özellikleri.....  | 8     |
| 1.1.6. Okaliptüslerde Gelişme Potansiyeli .....   | 8     |
| 1.1.7. Okaliptüse Arız Olan Zararlılar .....  | 9     |
| 1.1.8. Okaliptüsün Kullanım Alanları .....  | 10    |
| 1.1.9. Okaliptüsten Elde Edilen Tali Ürünler .....  | 11    |
| 1.2. <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Hakkında Genel Bilgiler.....                           | 12    |
| 1.3. <i>Eucalyptus Grandis</i> Hakkında Genel Bilgiler.....                                 | 14    |
| 1.4. Kağıt' ın Tarihçesi.....   | 15    |
| 1.4.1. Dünyada Kağıtçılığın Tarihçesi.....  | 15    |
| 1.4.2. Türkiye'de Kağıtçılığın Tarihçesi.....   | 17    |
| 1.4.3. Türkiye Kağıt-Karton Sanayi'nin Dünyadaki Yeri .....                                 | 18    |
| 1.5. Kraft (Sülfat) Yöntemi .....   | 20    |
| 1.5.1. Sülfat (Kraft) Yönteminde Verim ve Direnç Özelliklerini İyileştirme Çalışmaları..... | 22    |
| 1.5.2. Pişirmede Verim Kaybına Neden Olan Reaksiyonlar.....                                 | 27    |
| 1.5.2.1. Alkalen Hidroliz .....   | 32    |
| 1.6. Bor Elementi.....  | 33    |
| 1.6.1. Bor Elementinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....                                | 33    |
| 1.6.2. Borlu Bileşiklerin Kağıt Hamuru Pişirmede Kullanılması.....                          | 35    |
| 1.6.3. Sodyumborhidrürün (NaBH <sub>4</sub> )'ün Kraft Pişirmesine Etkisi.....              | 36    |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....   | 41    |
| 3. MATERYAL VE METOT.....   | 43    |
| 3.1. Materyal.....  | 43    |
| 3.1.1. Deneme Alanlarının Tanıtımı.....   | 43    |
| 3.1.2. Tarsus-Karabucak Orman İşletme Şefliği.....  | 43    |

|  |    |
|--|----|
| 3.1.2.1. Toprak Durumu.....  | 44 |
| 3.1.2.2. Su Durumu.....  | 44 |
| 3.1.2.3. İklim Özellikleri.....  | 44 |
| 3.1.3. Deneme Ağaçlarının Seçimi.....  | 44 |
| 3.1.4. Deneme Ağaçlarından Seksiyonların Alınması.....   | 45 |
| 3.1.5. Seksiyonlardan Test Örneklerinin Hazırlanması.....  | 46 |
| 3.2. Metot.....  | 47 |
| 3.2.1. Fiziksel Özellikler.....  | 47 |
| 3.2.1.1. Yoğunluk.....   | 47 |
| 3.2.1.2. Hava Kuru Yoğunluk ( $D_{12}$ ) .....   | 47 |
| 3.2.1.3. Tam Kuru Yoğunluk ( $D_0$ ) .....   | 47 |
| 3.2.1.4. Hacim Ağırlık Değeri (R) .....  | 48 |
| 3.2.1.5. Sorpsiyon (Daralma, Genişleme) Denemeleri.....  | 48 |
| 3.2.1.5.1. Daralma Denemeleri.....   | 48 |
| 3.2.1.5.2. Genişleme Denemeleri.....   | 48 |
| 3.2.1.6. Lif Doygunluğu Halindeki Su Miktarı .....   | 49 |
| 3.3. Okalıptüs ( <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> ve <i>Eucalyptus Grandis</i> )'in Kağıt Endüstrisinde Kullanımının Araştırılmasında Uygulanan Materyal... ..                        | 49 |
| 3.3.1. Okalıptüs ( <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> ve <i>Eucalyptus Grandis</i> ) Odunlarından Kraft-NaBH <sub>4</sub> Yöntemiyle Kağıt Hamuru Üretiminde Uygulanan Deney Planı..... | 50 |
| 3.4. Kimyasal Analizlere Ait Metodlar .....  | 51 |
| 3.5. Kağıt Hamuru ve Deneme Kağıtlarının Elde Edilmesinde Uygulanan Metodlar.....  | 51 |
| 3.5.1. Deneme Kağıtlarına Uygulanan Fiziksel ve Optik Testler.....   | 52 |
| 3.5.2. Kappa Numarasının Tayini.....   | 52 |
| 3.5.3. Hamur Viskozitesinin Tayini.....  | 53 |
| 3.5.4. İstatistiksel Değerlendirmelerde Kullanılan Yöntemler.....  | 53 |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....  | 54 |
| 4.1. Bulgular .....  | 54 |
| 4.1.1. Okalıptüsün Fiziksel Özelliklerine Ait Bulgular.....  | 54 |
| 4.1.1.1. Daralma .....   | 54 |
| 4.1.1.2. Genişleme.....  | 54 |
| 4.1.1.3. Hava Kuru Yoğunluk ( $D_{12}$ ).....  | 54 |
| 4.1.1.4. Tam Kuru Yoğunluk ( $D_0$ ) .....   | 55 |
| 4.1.1.5. Hacim Ağırlık Değerleri (R) .....   | 55 |
| 4.1.1.6. Lif Doygunluğu Rutubet Derecesi (LDN) .....   | 55 |
| 4.1.2. Okalıptüs ( <i>Eucalyptus Grandis</i> ve <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> )'ün Kimyasal Analiz Sonuçlarına Ait Bulgular.....   | 55 |
| 4.1.3. Okalıptüs ( <i>Eucalyptus Grandis</i> ve <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> )'ün Kraft-NaBH <sub>4</sub> Yöntemi ile Elde Edilen Kağıt Hamurlarına Ait Bulgular.....             | 56 |
| 4.1.3.1. Okalıptüs ( <i>Eucalyptus Grandis</i> )'ün Kraft-NaBH <sub>4</sub> Yöntemi ile Elde Edilen Hamurlarının Verimi ve Bazı Kimyasal Özellikleri.....                            | 56 |
| 4.1.3.2. Okalıptüs ( <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> )'ün Kraft-NaBH <sub>4</sub> Yöntemi ile Elde Edilen Hamurlarının Verimi ve Bazı Kimyasal Özellikleri...                        | 57 |

|   |    |
|---|----|
| 4.1.4. Okalıptüs ( <i>Eucalyptus Grandis</i> ve <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> )'ün Kraft-NaBH <sub>4</sub> ile Elde Edilen Kağıt Hamurlarının Fiziksel ve Optik Özellikleri.....  | 58 |
| 4.1.4.1. Okalıptüs ( <i>Eucalyptus Grandis</i> )'ün Kraft-NaBH <sub>4</sub> Yöntemi ile Elde Edilen Kağıt Hamurlarının Fiziksel ve Optik Özellikleri.....   | 58 |
| 4.1.4.2. Okalıptüs ( <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> )'ün Kraft-NaBH <sub>4</sub> Yöntemi ile Elde Edilen Kağıt Hamurlarının Fiziksel ve Optik Özellikleri...   | 58 |
| 4.2. Tartışma.....  | 59 |
| 4.2.1. Okalıptüsün Fiziksel Özelliklerine Ait Tartışma.....   | 59 |
| 4.2.2. Okalıptüs ( <i>Eucalyptus Grandis</i> ve <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> )'ün Kimyasal Analiz Sonuçlarına Ait Tartışma.....  | 60 |
| 4.2.3. Okalıptüs ( <i>Eucalyptus Grandis</i> ve <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> )'ün Kraft-NaBH <sub>4</sub> ile Elde Edilen Kağıt Hamurlarının Verim ve Bazı Kimyasal Özellikleri Üzerine Pişirme Koşullarının Etkisi .....          | 61 |
| 4.2.3.1. Pişirme Koşullarının Elenmiş Verim Üzerine Etkisi.....   | 61 |
| 4.2.3.1.1. Pişirme Süresi ve NaBH <sub>4</sub> Oranının Elenmiş Verim Üzerine Etkisi.....   | 61 |
| 4.2.3.2. Pişirme Koşullarının Kappa Numarası Üzerine Etkisi.....  | 63 |
| 4.2.3.2.1. Pişirme Süresi ve NaBH <sub>4</sub> Oranının Kappa Numarası Üzerine Etkisi.....  | 63 |
| 4.2.3.3. Pişirme Koşullarının Hamurun Viskozitesi Üzerine Etkisi.....   | 64 |
| 4.2.3.3.1. Pişirme Süresi ve NaBH <sub>4</sub> Oranının Viskozite Üzerine Etkisi.....   | 64 |
| 4.2.4. Okalıptüs ( <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> ve <i>Eucalyptus Grandis</i> ) Odunlarından Kraft-NaBH <sub>4</sub> ile Elde Edilen Kağıt Hamurlarının Bazı Fiziksel ve Optik Özellikleri Üzerine Pişirme Koşullarının Etkisi..... | 65 |
| 4.2.4.1. Pişirme Koşullarının Kağıdın Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi.....  | 66 |
| 4.2.4.1.1. Pişirme Süresi ve NaBH <sub>4</sub> Oranının Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi.....  | 66 |
| 4.2.4.2. Pişirme Koşullarının Kağıdın Patlama İndisi Üzerine Etkisi.....  | 69 |
| 4.2.4.2.1. Pişirme Süresi ve NaBH <sub>4</sub> Oranının Patlama İndisi Üzerine Etkisi.....  | 70 |
| 4.2.4.3. Pişirme Koşullarının Kağıdın Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi.....   | 72 |
| 4.2.4.3.1. Pişirme Süresi ve NaBH <sub>4</sub> Oranının Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi.....   | 73 |
| 4.2.4.4. Pişirme Koşullarının Kağıdın Parlaklığı Üzerine Etkisi.....  | 76 |
| 4.2.4.4.1. Pişirme Süresi ve NaBH <sub>4</sub> Oranının Parlaklık Üzerine Etkisi.....   | 77 |
| 4.2.4.5. Pişirme Koşullarının Kağıdın Opaklık Üzerine Etkisi.....   | 80 |
| 4.2.4.5.1. Pişirme Süresi ve NaBH <sub>4</sub> Oranının Opaklık Üzerine Etkisi.....   | 80 |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....   | 84 |
| KAYNAKLAR.....  | 88 |
| ÖZGEÇMİŞ.....   | 90 |

T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

## YÜKSEK LİSANS TEZİ

## ÖZET

**OKALİPTÜS (*EUCALYPTUS CAMALDULENSIS* ve *EUCALYPTUS GRANDIS*)'ÜN ODUN ÖZELLİKLERİ VE KAĞIT ENDÜSTRİSİNDE KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

ÜMİT AYATA

DANIŞMAN: Doç. Dr. İbrahim BEKTAŞ

Yılı: 2008

Sayfa:90

Jüri: Doç. Dr. İbrahim BEKTAŞ

Doç. Dr. Ahmet TUTUŞ (II. DANIŞMAN)

Doç. Dr. Mehmet AKGÜL

Doç. Dr. Ramazan KURT

Yrd. Doç. Dr. M. Altay BAŞTÜRK

Bu araştırmada; Türkiye ve Dünya'da doğal yayılışı bulunan ve odunu, odun kökenli sanayiinin bazı dallarında önemli ölçüde kullanılan, okaliptüs'ün doğal yayılışı, fiziksel özellikleri ve kullanım yerleri incelenmiştir.

Çalışmada ayrıca, *Eucalyptus Camaldulensis Dehn.* ve *Eucalyptus Grandis W. Hill*, kraft-sodyumborhidrür ( $\text{NaBH}_4$ ) yöntemiyle kağıt hamuru üretiminde  $\text{NaBH}_4$  hamur verimi üzerine etkisi araştırılmıştır. Optimum hamur üretim koşullarını belirlemek için 20 adet pişirme denemesi yapılmıştır. En yüksek elenmiş hamur verimi ekonomiklikte göz önüne alındığında; sülfidite %28, aktif alkali oranı %18, sıcaklık 150 °C, pişirme süresi 150 dakika,  $\text{NaBH}_4$  oranı %0.3 ve çözelti/sap oranı 5/1 olarak alınmış G5 ve C5 nolu pişirme deneylerinde elde edilmiştir. Sonuç olarak  $\text{NaBH}_4$  elenmiş hamur verimini ortalama %5 oranında artırdığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Eucalyptus Camaldulensis Dehn.*, *Eucalyptus Grandis W. Hill*, Kraft,  $\text{NaBH}_4$ , Daralma, Genişleme, Yoğunluk, Kullanım alanları

UNIVERSITY OF KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM  
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
DEPARTMENT OF FOREST INDUSTRY ENGINEERING

MSc THESIS

ABSTRACT

**A RESEARCH OF EUCALYPTUS (*EUCALYPTUS CAMALDULENSIS* AND  
*EUCALYPTUS GRANDIS*) WOOD PROPERTIES AND THEIR USE IN THE  
PAPER INDUSTRY**

Ümit AYATA

SUPERVISOR: Assoc. Prof. Dr. İbrahim BEKTAŞ

Year: 2008

Pages: 90

Jury: Assoc. Prof. Dr. İbrahim BEKTAŞ  
Assoc. Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ  
Assoc. Prof. Dr. Mehmet AKGÜL  
Assoc. Prof. Dr. Ramazan KURT  
Assist. Prof. Dr. M. Altay BAŞTÜRK

In this study, of which has a natural distribution in Turkey and the world, and its wood is used in some of wood-based industry, *Eucalyptus* (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn. and *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden)'s natural distribution, physical properties and possible uses were investigated.

Besides, the effect of NaBH<sub>4</sub> added kraft pulp was produced from *Eucalyptus Camaldulensis* Dehn. and *Eucalyptus Grandis* W. Hill ex Maiden, and its effect on pulp yield was investigated. 20 trials performed for determination of optimum pulping condition. As a results of the data obtained, optimum kraft- NaBH<sub>4</sub> pulping condition (G5 and C5 trials) of *Eucalyptus* were as follows; sulphidity charge on oven dry (o.d) raw material: 28%, active alkali charge (o.d raw material): 18%, sodium borohydride charge (o.d raw material): 0.3%, cooking temperature: 150 °C, time at maximum temperature: 150 minute, liquor to stalks ratio: 5/1. In conclusion, NaBH<sub>4</sub> increased the screened yield of kraft pulp 5%.

*Key words: Eucalyptus Camaldulensis* Dehn., *Eucalyptus Grandis* W. Hill, Kraft, NaBH<sub>4</sub>, Using arenas



## ÖNSÖZ

“Okalıptüs (*Eucalyptus camaldulensis* ve *Eucalyptus grandis*)’ün Odun Özellikleri ve Kağıt Endüstrisinde Kullanım Alanlarının Araştırılması” adlı bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği bölümünde yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Konu seçimi ve çalışmaların yönlendirilmesinde ilgi ve desteğini esirgemeyen sayın danışman hocam Doç. Dr. İbrahim BEKTAŞ’a ve II. Danışmanım Doç. Dr. Ahmet TUTUŞ’a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tezimle ilgili test örneklerinin hazırlanmasında büyük emek sarf eden Andırın Meslek Yüksek Okulu, Mobilya ve Dekorasyon Bölümü, Öğretim görevlisi Bekir Cihad BAL’a, Andırın Meslek Yüksek Okulu Mobilya ve Dekorasyon Programı atölye ustaları Yunus FEDAKAR ve Mehmet FEDAKAR’a ve teşekkür ediyorum.

Tezim için gerekli olan odunların elde edilmesinde desteğini esirgemeyen Ersin YILMAZ’a teşekkürlerimi sunuyorum.

Laboratuar çalışmalarım sırasında birçok yardımını gördüğüm lisans öğrencileri Oğuz IŞIK, İsmail CERKEZ ve Recep DÜNDAR’a, Kimya Bölümü Lisans öğrencisi Halil KAHVECİ’ye teşekkür ediyorum.

Son olarak bu çok yoğun geçen tez hazırlık dönemimde benden desteğini esirgemeyen babam Ahmet AYATA’ya şükranlarımı sunuyorum.

Ocak, 2008  
Kahramanmaraş

Ümit AYATA

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|   | SAYFA |
|---|-------|
| Çizelge 1.1. 1950–1994 Hava Sıcaklığına İlişkin Yıllık İklim Değerleri.....   | 7     |
| Çizelge 1.2. <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Odununun Bazı Özellikler (Gürboy, 1994).....   | 14    |
| Çizelge 1.3. <i>Eucalyptus Grandis</i> Odununun Bazı Özellikleri (Gürboy, 1994).....  | 15    |
| Çizelge 1.4. 2001–2005 Yılları Arasında Türkiye'nin Kağıt ve Karton Üretimi (Selüloz Ve Kağıt Sanayi Vakfı, 2006).....  | 19    |
| Çizelge 1.5. 2001–2005 Yılları Arasında Türkiye'nin Kağıt ve Karton Tüketimi (Selüloz ve Kağıt Sanayi Vakfı, 2006).....   | 19    |
| Çizelge 1.6. 2001–2005 Yılları Arası Türkiye'nin Kişi Başına Kağıt ve Karton Tüketimi ve Dünya Sıralamasındaki Yeri (Anonim, 2006).....                                 | 19    |
| Çizelge 1.7. Kağıt Hamuru Üretim Yöntemleri Arasında Bazı Değerlerin Karşılaştırılması (Molin and Teder, 2002).....   | 39    |
| Çizelge 3.1. Köy Hizmetleri Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü İklim Verileri.....  | 44    |
| Çizelge 3.2. Deneme Ağaçlarına Ait Bilgiler.....  | 45    |
| Çizelge 3.3. <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Odunlarından Kraft-NaBH <sub>4</sub> Yöntemiyle Kağıt Hamuru Elde Edilmesinde Uygulanan Pişirme Koşulları.....             | 50    |
| Çizelge 3.4. <i>Eucalyptus Grandis</i> Odunlarından Kraft-NaBH <sub>4</sub> Yöntemiyle Kağıt Hamuru Elde Edilmesinde Uygulanan Pişirme Koşulları                        | 50    |
| Çizelge 4.1. Okaliptüs'ün Daralma Değerleri.....  | 54    |
| Çizelge 4.2. Okaliptüs'ün Genişleme Değerleri.....  | 54    |
| Çizelge 4.3. Hava Kurusu Yoğunluk Değerleri (D <sub>12</sub> ).....   | 54    |
| Çizelge 4.4. Tam Kuru Yoğunluk Değerleri (D <sub>0</sub> ).....   | 55    |
| Çizelge 4.5. Hacim Yoğunluk Değerleri (R).....  | 55    |
| Çizelge 4.6. Lif Doygunluğu Rutubet Derecesi.....   | 55    |
| Çizelge 4.7. <i>Eucalyptus Grandis</i> ve <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> 'e Ait Kimyasal Analiz Sonuçları.....   | 56    |
| Çizelge 4.8. <i>Eucalyptus Grandis</i> Yongalarının Kraft-NaBH <sub>4</sub> Yöntemle Elde Edilen Hamurların Verimi ve Kimyasal Özellikleri.....                         | 57    |
| Çizelge 4.9. <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Yongalarının Kraft-NaBH <sub>4</sub> Yöntemle Elde Edilen Hamurların Verimi ve Kimyasal Özellikleri.....                   | 57    |
| Çizelge 4.10. <i>Eucalyptus Grandis</i> Odunundan Kraft-NaBH <sub>4</sub> Yöntemle Elde Edilen Hamurların 25±5 SR <sup>0</sup> Fiziksel ve Optik Özellikleri.....       | 58    |
| Çizelge 4.11. <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Odunundan Kraft-NaBH <sub>4</sub> Yöntemle Elde Edilen Hamurların 25±5 SR <sup>0</sup> Fiziksel ve Optik Özellikleri..... | 59    |
| Çizelge 4.12. Bazı Yapraklı Ağaç Türlerinin Kimyasal Bileşimleri.....   | 60    |
| Çizelge 4.13. Kraft-NaBH <sub>4</sub> Yapılmış Farklı Pişirme Koşullarının Hamurun Verimi Üzerine Etkileri.....   | 61    |

|  |    |
|--|----|
| Çizelge 4.14. Kraft-NaBH <sub>4</sub> Yöntemiyle Farklı Pişirme Koşullarının Hamurun Kappa Numarası Üzerine Etkileri.....  | 63 |
| Çizelge 4.15. Kraft-NaBH <sub>4</sub> Yapılmış Farklı Pişirme Koşullarının Hamurun Viskozitesi Üzerine Etkileri.....   | 64 |
| Çizelge 4.16. Kraft-NaBH <sub>4</sub> Yöntemiyle Değişik Pişirme Koşullarında Elde Edilen Hamurların 25+5 SR <sup>0</sup> deki Kopma Uzunlukları (km)...   | 66 |
| Çizelge 4.17. <i>Eucalyptus Grandis</i> Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin 25+5 SR <sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Kopma Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.....                                | 68 |
| Çizelge 4.18. <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin 25+5 SR <sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Kopma Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.....                          | 68 |
| Çizelge 4.19. Kraft-NaBH <sub>4</sub> Yöntemiyle Değişik Pişirme Koşullarında Elde Edilen Hamurların 25+5 SR <sup>0</sup> deki Patlama İndisleri (kPa.m <sup>2</sup> /g).....  | 69 |
| Çizelge 4.20. <i>Eucalyptus Grandis</i> Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin 25+5 SR <sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Patlama Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.....                              | 71 |
| Çizelge 4.21. <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Odunlarına Ait Değişkenlerinin NaBH <sub>4</sub> Oranı %0.3'deki 25+5 SR <sup>0</sup> Hamurlardan Elde Edilen Kağıtların Patlama Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları..... | 72 |
| Çizelge 4.22. Kraft-NaBH <sub>4</sub> Yöntemiyle Değişik Pişirme Koşullarında Elde Edilen Hamurların 25+5 SR <sup>0</sup> deki Yırtılma İndisleri (mN.m <sup>2</sup> /g).....  | 73 |
| Çizelge 4.23. <i>Eucalyptus Grandis</i> Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin 25+5 SR <sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Yırtılma Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.....                             | 75 |
| Çizelge 4.24. <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin 25+5 SR <sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Yırtılma Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.....                       | 75 |
| Çizelge 4.25. Kraft-NaBH <sub>4</sub> Yöntemiyle Değişik Pişirme Koşullarında Elde Edilen Hamurların 25+5 SR <sup>0</sup> deki Parlaklık Değerleri.....  | 76 |
| Çizelge 4.26. <i>Eucalyptus Grandis</i> Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin 25+5 SR <sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Parlaklık Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.....                            | 78 |
| Çizelge 4.27. <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin 25+5 SR <sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Parlaklık Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.....                      | 79 |
| Çizelge 4.28. Kraft-NaBH <sub>4</sub> Yöntemiyle Değişik Pişirme Koşullarında Elde Edilen Hamurların 25+5 SR <sup>0</sup> deki Opaklık   |    |

|  |    |
|--|----|
| Değerleri.....   | 80 |
| Çizelge 4.29. <i>Eucalyptus Grandis</i> Yongalarına Ait Pişirme<br>Değişkenlerinin 25±5 SR <sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen<br>Kağıdın Opaklık Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans<br>Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.....       | 81 |
| Çizelge 4.30. <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Yongalarına Ait Pişirme<br>Değişkenlerinin 25±5 SR <sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen<br>Kağıdın Opaklık Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans<br>Analizi ve Duncan Testi Sonuçları..... | 82 |
| Çizelge 5.1. Duncan Testi Sonuçlarına Göre Okaliptüs Odunlarından<br>Kraft-NaBH <sub>4</sub> Yöntemiyle Elde Edilen Kağıt Hamuru ve<br>Kağıtların En Uygun Pişirme Koşulları.....  | 85 |

| ŞEKİLLER DİZİNİ   | SAYFA |
|---|-------|
| Şekil 1.1. Türkiye’de Okaliptüsün Yayılış Alanları.....   | 6     |
| Şekil 1.2. Ortalama Yıllık Hacim Artım Değerlerinin Karşılaştırılma.....  | 9     |
| Şekil 1.3. Beykoz Hamidiye Kağıt Fabrikası.....   | 17    |
| Şekil 1.4. Pişirme Sırasında Soyulma Reaksiyonları.....   | 24    |
| Şekil 1.5. Selüloz Molekülü (Cerig, 2003).....  | 29    |
| Şekil 1.6. Selüloz Molekülünün Bitişi (Cerig, 2003).....  | 30    |
| Şekil 1.7. Soyulma Hızlarında Hemiselülozların Molekül Yapısı (Cerig, 2003) .....   | 31    |
| Şekil 1.8. Alkalen Hidrolizi.....   | 32    |
| Şekil 1.9. Bor’un Kristal Yapısı.....   | 34    |
| Şekil 1.10. Yükseltgenme (Oksidasyon) ve İndirgenme (Redüksiyon) Reaksiyonları ile Uç Grupların Etkileşimi; (Cerig, 2003).....  | 38    |
| Şekil 1.11. NaBH <sub>4</sub> ’ün Pişirmedeki Bazı Önemli Verim Noktaları.....  | 39    |
| Şekil 3.1. Test Örneklerinin Alınması.....  | 45    |
| Şekil 3.2. Seksiyonlardan Test Örneklerinin Hazırlanması.....   | 46    |
| Şekil 4.1. Pişirme Süresinin Elenmiş Verim (%) Üzerine Etkisi.....  | 62    |
| Şekil 4.2. Sodyumborhidrür Oranının Elenmiş Verim (%) Üzerine Etkisi  | 62    |
| Şekil 4.3. Pişirme Süresinin Kappa Numarası Üzerine Etkisi.....   | 63    |
| Şekil 4.4. Sodyumborhidrür Oranının Kappa Numarası Üzerine Etkisi...  | 64    |
| Şekil 4.5. Pişirme Süresinin Viskozite (cp) Üzerine Etkisi.....   | 65    |
| Şekil 4.6. Sodyumborhidrür Oranının Viskozite (cp) Üzerine Etkisi.....  | 65    |
| Şekil 4.7. Pişirme Süresinin Kopma Uzunluğu (km) Üzerine Etkisi.....  | 67    |
| Şekil 4.8. Sodyumborhidrür Oranının Kopma Uzunluğu (km) Üzerine Etkisi.....   | 67    |
| Şekil 4.9. <i>Eucalyptus Grandis</i> ve <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin 25±5 SR <sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Kopma Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.....     | 69    |
| Şekil 4.10. Pişirme Süresinin Patlama İndisi (kPa.m <sup>2</sup> /g) Üzerine Etkisi....   | 70    |
| Şekil 4.11. Sodyumborhidrür Oranının Patlama İndisi (kPa.m <sup>2</sup> /g) Üzerine Etkisi.....   | 71    |
| Şekil 4.12. <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> ve <i>Eucalyptus Grandis</i> Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin 25±5 SR <sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Patlama Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.....  | 72    |
| Şekil 4.13. Pişirme Süresinin Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /g) Üzerine Etkisi   | 74    |
| Şekil 4.14. Sodyumborhidrür Oranının Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /g) Üzerine Etkisi.....   | 74    |
| Şekil 4.15. <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> ve <i>Eucalyptus Grandis</i> Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin 25±5 SR <sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Yırtılma Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları..... | 76    |
| Şekil 4.16. Pişirme Süresinin Parlaklık (%) Üzerine Etkisi.....   | 77    |
| Şekil 4.17. Sodyumborhidrür Oranının Parlaklık (%) Üzerine Etkisi.....  | 78    |

|  |    |
|--|----|
| Şekil 4.18. <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> ve <i>Eucalyptus Grandis</i> Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin $25 \pm 5$ SR <sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Parlaklık Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları..... | 79 |
| Şekil 4.19. Pişirme Süresinin Opaklık Üzerine Etkisi.....  | 81 |
| Şekil 4.20. Sodyumborhidrür Oranının Opaklık Üzerine Etkisi.....   | 81 |
| Şekil 4.21. <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> ve <i>Eucalyptus Grandis</i> Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin $25 \pm 5$ SR <sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Opaklık Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.....   | 83 |

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**

|                         |   |                                 |
|-------------------------|---|---------------------------------|
| <b>a</b>                | : | <b>Genişlik</b>                 |
| <b>A</b>                | : | <b>Enine kesit alanı</b>        |
| <b>b</b>                | : | <b>Kalınlık</b>                 |
| <b>cm<sup>3</sup></b>   | : | <b>Santimetreküp</b>            |
| <b>KT</b>               | : | <b>Kuru termometre sıcaklık</b> |
| <b>M<sub>s</sub></b>    | : | <b>Son ağırlık</b>              |
| <b>M<sub>0</sub></b>    | : | <b>İlk ağırlık</b>              |
| <b>YT</b>               | : | <b>Yaş termometre sıcaklığı</b> |
| <b>LDN</b>              | : | <b>Lif doyumluğu rutubeti</b>   |
| <b>R</b>                | : | <b>Hacim ağırlık değeri</b>     |
| <b>D<sub>12</sub></b>   | : | <b>Hava kurusu yoğunluk</b>     |
| <b>D<sub>0</sub></b>    | : | <b>Tam kuru yoğunluk</b>        |
| <b>β<sub>l</sub></b>    | : | <b>Boyuna daralma miktarı</b>   |
| <b>β<sub>r</sub></b>    | : | <b>Radyal daralma miktarı</b>   |
| <b>β<sub>t</sub></b>    | : | <b>Teget daralma miktarı</b>    |
| <b>β<sub>v</sub></b>    | : | <b>Hacmen daralma miktarı</b>   |
| <b>α<sub>v</sub></b>    | : | <b>Hacmen genişleme miktarı</b> |
| <b>α<sub>l</sub></b>    | : | <b>Boyuna genişleme miktarı</b> |
| <b>α<sub>r</sub></b>    | : | <b>Radyal genişleme miktarı</b> |
| <b>α<sub>t</sub></b>    | : | <b>Teget genişleme miktarı</b>  |
| <b>ppm</b>              | : | <b>Miligram/litre</b>           |
| <b>l</b>                | : | <b>Litre</b>                    |
| <b>pH</b>               | : | <b>Asitlik derecesi</b>         |
| <b>NaBH<sub>4</sub></b> | : | <b>Sodyumborhidrür</b>          |

## 1. GİRİŞ

İlk olarak kağıt hamuru üretiminde okaliptüs odununun değerlendirilmesi önemli bir kullanım alanıdır. Bugün dünyadaki okaliptüs ağaçlandırmalarının büyük bir bölümü selüloz üretimi amaçlıdır. Türkiye’de özel sektörde ilk defa okaliptüs selülozu üreten MOPAK-“Dalaman Kağıt Fabrikası” tarafından okaliptüs selülozu ile üretilen kağıdın özellikleri şöyle belirtilmektedir: Kağıdın beyazlığı yüksektir, kağıdın opasitesi yüksektir, kesimde bıçakların ömrünü uzatır, kopma, patlama ve yırtılma faktörleri yüksektir, yüzey tutkallaması, baskı fotokopi ve yazıcılarda renklerde canlılık sağlar, yüzey yolunma mukavemeti yüksektir, kağıt kalitesi yüksektir, yüzeyde homojen bir dağılım içerir, tozlanma yapmaz, kağıda hacim kazandırır, nem dağılımı homojendir, baskı-fotokopi makineleri ve yazıcılarda problemsiz ve seri çalışır, kağıt kalınlığı her noktada stabildir. Bilindiği gibi kağıt sanayinin en önemli sorunu hammaddedir.

Türkiye ormanlarından her yıl 2 milyon m<sup>3</sup> kağıtlık odun üretilmiş ve devlet fabrikalarına verilmiştir. Devlet Fabrikasının Türkiye kağıt-karton üretimindeki payı %32.8 ve geri kalan %68 özel sektöre karşılanmıştır. 1997 yılı verilerine göre her yıl 785.800 ton kağıt-karton ithal edilmektedir (Gürses ve ark., 1998). Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Müdürlüğü tarafından yapılan bir çalışmada, Türkiye’de başarılı bir şekilde yetiştirilen *Eucalyptus camaldulensis* ve *Eucalyptus grandis* türlerinden elde edilen sonuçların beyaz kağıt üretimi için uygun nitelikte olduğu görülmüştür. Özellikle *Eucalyptus grandis*’in kappa numarası (14.7) selüloz üretimi için çok daha uygun bulunmaktadır. Aslında çalışmada selüloz üretimi için en uygun bulunan *Eucalyptus globulus* türü denendiği alanlarda diğer türler ile rekabet edecek gelişmeyi gösterememiştir (Gürses ve ark., 1998).

Türkiye’de selüloz üretiminde genellikle ibrelili odun kullanılmaktadır. Oysa İspanya’da 1 ton selüloz için 3.1 m<sup>3</sup> *Eucalyptus globulus* ya da 3.7 m<sup>3</sup> *Eucalyptus grandis* odunu kullanıldığı, aynı miktar selüloz için 2 katı ibrelili odun tüketilmesi gerektiği bildirilmektedir (Gürses ve ark., 1998). Doğu Akdeniz bölgesinde yapılan ekonomik değerlendirmelerde okaliptüs odunu kullanımının avantajı ortaya çıkmaktadır.

Selüloz dünya fiyatlarının 600 dolardan 300–350 dolar seviyelerine düştüğü bildirilmektedir. 3.5 ton okaliptüs odunundan bir ton selüloz elde edilmesi durumunda bunun maliyeti nakliye masrafları da dahil edilerek 2002 yılı fiyatları ile 200 dolar civarındadır. Bu da okaliptüs odunu kullanımının ne kadar cazip olduğunu göstermektedir.

Türkiye’de okaliptüs odununun kağıt sanayinde kullanılmasına son 2 yıldır küçük ölçekli başlatılmıştır. Kağıt sanayinde okaliptüs odununun kullanımı özel sektör tarafından da dikkatlice takip edilmektedir. Buna bağlı olarak Devlet ve özel sektör fidan satışlarında artmalar yaşanmıştır (Özkurt, 2002).

Okaliptüsün ekonomik değeri daha yüksek olan yapacak odun (özellikle iç mekan ürünleri, doğrama, parke ve diğer masif ürünler) yapımında kullanılmamasının önündeki en büyük engel kurutma zorluğu ve kuruma sırasında meydana gelen şekil değişiklikleridir. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesince 2 ayrı kalınlık sınıfında (25 mm ve 50 mm) yapılan kurutma denemelerinde (Kantay ve Ark., 2000) şimdilik çok kaliteli sonuçlara ulaşılamamıştır (sonuç rutubeti ortalama %17). Bulunan sonuçlara göre; okaliptüs



kalınlığının artmasıyla kurutma (belirli bir rutubet yüzdesine getirme) son derece güçleşmektedir. Her iki kalınlıkta da gerek çatlak, gerekse kollaps ve şekil değiştirmeleri gibi görünüş özellikleri bakımından çok önemli farklar ortaya çıkmamıştır. Okalıptüs kerestesinin teknik kurutmadan önce uzun süren ön işlemlerden geçirilmesi ve taze haldeki kerestelerin ön kurutmaya tabi tutulması gerekmektedir. Ön kurutmanın gölgede ve yavaş olması bir önlem olarak da enine kesitlere parafin emilasyonu uygulanması önerilmektedir. Denemede kullanılan türlerin genç ağaçlar olması da çalışmayı etkilemiştir. Ağaç malzemedeki yoğunluğun artmasıyla aynı kurutma şartlarında kurutma kalitesi düşmektedir. *Eucalyptus camaldulensis*' in hava kurusu yoğunluğu  $0.654 \text{ g/cm}^3$  tür. Tam kuru yoğunluk değeri ise  $0.809 \text{ g/cm}^3$  olarak bulunmuştur (Özkurt, 2002).

Okalıptüs odununun bir diğer ekonomik kullanım alanı da odun kömürüdür. Tarsus Karabucak bölgesinde 2 yıldır odun kömürü uygulaması başlatılmış ve memnun edici sonuçlar alınmıştır. 2002 yılında 250 ton civarında okalıptüs kömürü üretilmiştir. Okalıptüs odunu bölgede ucuz oluşu, dumansız yanması, yüksek ısıtma özelliği, kükürt içermemesi gibi özellikleri ile caziptir. Böylece istihsal artıkları da değerlendirilmektedir (Özkurt, 2002).

## 1.1. Okalıptüs Hakkında Genel Bilgiler

### 1.1.1. Okalıptüsün Türkiye'deki Yayılışı

Okalıptüs cinsi Türkiye'ye ilk defa 1885 yılında *Eucalyptus camaldulensis* türü ile girmiştir. Adana-Mersin demiryolunu yapan Fransız şirketi tarafından demiryolunun etrafına süs bitkisi olarak dikilmek amacıyla getirilmiştir. Türün egzotik bir tür olması ve hızlı büyümesi nedeniyle Çukurova bölgesinde park ve bahçelerde hızla yaygınlaşmıştır. Ekonomik amaçlı ilk ağaçlandırma ise 1939 yılında Tarsus-Karabucak yöresinde 885 ha'lık alanda gerçekleştirilmiştir. Bu ağaçlandırma aynı zamanda Türkiye'nin ilk ekonomik ağaçlandırmasıdır.

Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğüne plana dayalı ilk ağaçlandırma çalışmalarının 1955 yılında başladığı belirtilmektedir (Gürses, 1990). Daha sonra okalıptüs yetiştiriciliği özel sektör tarafından tanınarak ekonomik amaçlı olarak yetiştirmelere başlanmıştır. Yapılan bir çalışmada okalıptüs yetiştiriciliğinin ağırlıklı olarak daha az emekle yapılması ve karlı oluşu nedeniyle tercih edildiği tespit edilmiştir (Özkurt, 1994). Okalıptüsün yayılışı ağırlıklı olarak Doğu Akdeniz bölgesindedir. Fakat Türkiye'de Akdeniz ve Ege bölgesinde denize yakın yerlerde plantasyonlar bulunmaktadır (Şekil 1.1.).

Okalıptüsle ilgili araştırmalar 1967'den beri Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü tarafından devam edilmektedir. Müdürlük tarafından Okalıptüs cinsine ait 191 tür ve 609 orijin test edilmiştir.

### 1.1.2. Okalıptüs'ün Botanik Özellikleri

Her dem yeşil ağaç, bazen de ağaççık şeklinde bulunan okalıptüsler bitkisel sistematikte, Spermatopyta bölümünün, Angiospermae (kapalı tohumlular) alt bölümünün, Dicotyledoneae (çift çenekliler) sınıfının, Choripetalae (periyant yaprakları ayrı) alt

sınıfının, Dialypetaleae grubunun, Myrtales takımının, Myrtaceae familyasının *Eucalyptus* cinsi içerisinde yer almaktadırlar (Gökmen, 1977; Kayacık, 1981 ve 1982).

Okalıptüsler, ait oldukları Myrtales takımının diğer familya örneklerinden, değişik dokularında lisigen eteri yağ bezelerinin bulunması ile ayrılır. Yapraklarının şekli yaşa ve türe göre değişken şekiller göstermekle beraber, çoğunluğu tırpan biçimindedir (Kayacık, 1982).

Okalıptüslerin yaprak şekilleri, vejetatif tomurcukları, çiçek tomurcuklarının üç aşamada gelişmesi, tomurcuklarındaki operkulum ve odunsu meyveleri (kapsül) en önemli özelliklerindedir.

### 1.1.2.1. Yaprak Şekilleri

Birkaç tür haricindeki bütün okalıptüsler, yaşam süreci içerisinde beş farklı yaprak tipi geliştirirler ve bu her tip, ağacın gelişiminde belli bir aşamaya karşılık gelmektedir. Bunlar sırasıyla;

1. Kotiledonlar,
2. Fidan yaprakları
3. Genç (juvenil) yapraklar
4. Ara yapraklar
5. Yetişkin yapraklardır

Okalıptüslerin büyük bir kısmı her dem yeşildir. Yaprığını döken birkaç tür, yapraklarını yaz ayları süresince dökerler (Penfold ve Willes, 1961). Okalıptüs yapraklarının ağaçta kalma süreleri türler arasında farklılıklar göstermektedir. Bunun nedeni, türlerin genetik karakterlerine ve büyüme oranları arasındaki farklılıklara bağlanabilir. Örneğin, *Eucalyptus grandis* gibi bazı hızlı gelişen türlerde, hızlı olarak büyüyen tepe çatılarında sadece dört aylık yaprak görülür (Jacops, 1955; Penfold ve Willes, 1961). Buna karşılık yavaş büyüyen *Eucalyptus marginata*'da yaprakların ağaçta kalma süresi 3-4 yıl veya daha fazla olabilmektedir. Bundan başka yaprağın ağaç üzerindeki pozisyonu da, onun hayat uzunluğunu etkilemektedir. Yan dallar üzerindeki yapraklar daha uzun süre yaşamaktadırlar ve 12-16 ay sonra ve hatta üç yıl sonra dökülmektedir (Stoate ve Wallace, 1938; Penfold ve Willes, 1961).

### 1.1.2.2. Vejetatif Tomurcuklar

Her okalıptüs yaprağının koltuğunda başlangıçta iki adet tomurcuk bulunur. Bunlardan biri çıplak tomurcuk olarak adlandırılır ve tomurcuk pullarına sahip değildir. Bunlar, olağan büyüme döneminde yapraklı sürgün oluşturmaktadır. Bundan başka, yaprak sapı ve koltukaltı dokusu tarafından kuşatılmış bulunan ikinci tomurcuk dinlenme halindedir (dormant) ve bunlar ilk büyüme döneminde genellikle yapraklı sürgün geliştirmezler. Fakat pekçok doğal okalıptüs çevrelerinde, kurak sezon stresinde, kışın, çıplak tomurcuğun büyümesi durur, çoğu defa dumura uğrar ve ölür. Böylece sonraki sezonunda büyüme tekrar başladığı zaman, yeni sürgünler işte bu gizli tomurcuklardan oluşur.

Dormant tomurcuklar dinlenme durumundan kurtuldukları zaman, epikormik sürgün denilen yapraklı sürgünler oluşur ve bunların yaprakları genç (juvenil) tiptedir (Pryor, 1975). Dormant tomurcuklara bazen yardımcı tomurcuk da denilmektedir. Buna göre, yardımcı tomurcukların tanımı Penfold ve Willes (1961)'de çıplak tomurcukların altında, yaprakların koltukaltı dokusunda gömülü olan ve yeni sürgünlerin oluşturulması yeteneği olan meristematik dokudur' şeklinde yapılmaktadır.

Normal koşullar altında bu dokunun gelişmesi, muhtemelen yapraklar veya sürgünlerin çıplak tomurcukları tarafından üretilen bir hormon veya hormonlar tarafından bastırılmakta; bu organların herhangi bir nedenden dolayı tahrip olması durumunda hormonal engellemeler ortadan kalkacak ve meristematik doku hızla gelişerek yardımcı sürgünler oluşturacaktır (Penfold ve Willes, 1961).

### 1.1.2.3. Çiçek Tomurcukları

Hodgson (1976), çiçek tomurcuklarının üç aşamada geliştiğini gözlemlemiştir. Buna göre, çiçek tomurcukları ilk aşamada brakte yaprakçıkları ile kuşatılmış durumdadır ve bu aşama şemsiye tomurcuğu (umbel bud) aşamasıdır. Genellikle 7 çiçekli olan bir çiçek şemsiyesi, başlangıçta 6 (ikisi dış, dördü iç brakte olarak) veya daha fazla brakte tarafından kuşatılmış durumdadır (Carr, 1959; Hodgson, 1976'dan).

Brakteler döküldükten sonra, çiçek tomurcukları iç ve dış olmak üzere iki operkuluma (şapka) sahiptir. İkinci aşamada sepal yapraklardan oluşmuş olan dış operkulum dökülür. Böylece sadece içteki petal operkulum kalır ve bu operkulumun dökülmesiyle anthesis (çiçeğin açıldığı ilk gün) meydana gelir. Bu organların dökülmesinden önce renk değişimleri görülür. Dış operkulumda yeşilden kahverengiye doğru bir renk değişimi olurken, içteki operkulumdaki değişim sarıya doğru olur (Hodgson, 1976).

Pek çok okaliptüs türünün infloresensi yani çiçek durumu (infloresens: çiçekleri taşıyan sapların özel dallanma durumlarıdır, Hale ve Mmargeham, 1988), çiçek tomurcukları, simoz–talkım (ana eksenin büyümesi durduktan sonra yan dalların ardışık olarak büyümesine devam ettiği çiçek durumudur ve en yaşlı çiçek merkezdedir, Sauter ve ark. 1996) dikazyumun şemsiye (umbel) şeklindedir (Hodgson, 1976). Wyk (1977) da, okaliptüs çiçek durumunun bir dikazyum olduğunu ve çiçeklerin kısa pediseller üzerinde bulunduğu için şemsiye olarak adlandırıldığını bildirmektedir.

Burada karşılıklı olarak art arda gelen dallarının pedunkulun tepesinde tek bir halka olarak görüldüğü için oldukça sıkışık bir dikazyum talkımdır. Fakat yaprak koltuklarında münferit olarak çiçek bulunan *E.globulus* gibi birkaç türde simöz çiçek durumu görülmez. Bunun nedeni, çiçek sapı üzerinde tek çiçek bulunduğu için infloresens söz konusu değildir (Hodgson, 1976).

Okaliptüslerde, bir sezonda oluşan ilk tomurcuklar daima vejetatif ve vejetatif tomurcuk oluşumunu 1-14 çiçek tomurcuğu takip etmektedir. Çiçek tomurcuğu tablası, çevresinde periyant yapraklarını temsil eden ve bağımsız olarak dökülen iki operkulum ve birçok stameni taşımaktadır.

Stamenler aralıksız ve sıkı bir şekilde bulunmaktadır ve anterler tomurcuk kapsülünün tabanında (staminal halka) sıralanmışlardır. Ovaryum daha aşağıda bulunmakta ve iç operkulumun ucu ile sıkı bir şekilde kuşatılmış durumda bulunan stigma lobsuzdur (Hodgson, 1976).

#### **1.1.2.4 Çiçeklenme**

Okaliptüslerde, kendine ve çapraz tozlanan döllerde ve aynı zamanda aşılı bitkilerde ve çelikten yetişen bireylerde 2-3 yaşında ilk çiçeklenme görülebilir ve kapsüller anthesisden 5-7 ay sonra toplanabilir. Böylece generasyon 4 yıl içerisinde tamamlanabilir (Hodgson, 1976).

Anthesisde dişicik borusunun uzunluğundaki dikkate değer bir artış kalisin halkasındaki operkulumun ayrılmasına ve sonra stamenlerin açılmasına neden olur. İç operkulumun düşmesinden yani anthesisden sonra birkaç saat, bütün anterler stigmayı oldukça sıkı bir şekilde sarar ve açılmaları hemen hemen bir gün sonra tamamlanır.

Polenler bu anda ve hatta anthesisden önce anterlerde ve stigma anterler tarafından halka halinde kuşatılmış olduğu anda (böcek ziyareti olmaksızın) bir çiçek içerisinde kendine tozlaşma olabilir. Pollenlerin dökülmesi anthesisden sonra genellikle iki gün içerisinde tamamlanır, bununla beraber mikroskopik incelemeler dördüncü günden sonra da anterlerde az miktarda polen bulunduğunu göstermiştir (Hodgson, 1976).

Operkulum düştüğü zaman, stigmanın şekli daha belirginleşmekte ve rengi stilden daha koyu yeşil olmaktadır. Sonraki 3-4 gün içerisindeki eğilimi daha yuvarlak şekil ve açık renkli olmayadır ve yaklaşık sekizinci güne kadar stigmanın görünüşü oldukça şişmiş, parlak beyaz ve yapışkan olabilir. Bu durum birkaç gün için devam eder ve sonra stigma kahverengileşir, alacalı görünür ve 11-20 gün sonra olağan olarak stil kurur (Hodgson, 1976).

#### **1.1.2.5. Olgunlaşmamış Meyve**

Anthesisden yaklaşık bir ay sonra, ovaryumun üst kısmının yüzeyinde radyal çatlaklar görülür. Bu çatlaklar çevreden içe doğru uzanır, fakat tam ortada çakışmazlar. Bu çatlaklar olgun meyve kapakçıklarının göstergesidir. Bunların sayısı genellikle 5'dir ve bu da ovaryumdaki lokulların (göz, oda) sayısına denktir. Bu çatlaklar bir kere oluştu mu kapakçıklar, hatta bu aşamada tohumlar olgun olmasa da, açılma yeteneğindedir.

Kapakçıkların açılması kurumayla görülür. Buna lokulların genişlemesi eşlik eder ve lokul duvarları kırılır. Böylece tohum dökümü başlar. Kuru kapsüllerin kapakçıkları suda tekrar kapanabilir. Bu değişimler, lokul duvarlarındaki higroskopik doku halkasının bulunmasının bir sonucu olarak meydana gelir (Hodgson, 1976).

Geary ve ark. (1983), büyük miktarlardaki tohum toplamalarından önce mutlaka kapsül örneklerinin alınması ve kesilerek içerisindeki tohumların özelliklerine bakılması gerektiğini, buna göre, olgunlaşmamış tohumların beyaz renkte, zamklı ve birbirlerine yapışık olduklarını bildirmektedir.

### 1.1.2.6. Olgun Meyve

Okaliptüslerin meyveleri de kapsül şeklindedir. Seçmen ve ark. (1995), kapsülün genel tarifini ‘bileşik bir ovaryumdan (sinkarp) oluşmuş en az iki karpelden (meyva yaprağı) meydana gelmiş, kendiliğinden açılan çok tohumlu kuru bir meyve’ şeklinde yapmaktadır.

Okaliptüslerde bu kapsül, hipantiyum (çukurlaşmış çiçek tablası) ve daha aşağı durumlu ovaryumun birlikte gelişmesiyle oluşmaktadır. Operkulum düştükten sonra yara izi şeklinde kalan ve dış kısmı çevreleyen halkaya kalisin halkası denilmektedir (Anon, 1979).

### 1.1.3. Okaliptüsün Mevki Özellikleri

*Eucalyptus camaldulensis*, Avustralya anakarasında en yaygın yayılışa sahip okaliptüs türüdür. Doğal yayılış alanları 12.5-38 °S enlemleri arasında yer almaktadır. Bu da, türün yayılış alanlarının büyük iklim kuşakları olarak tropikal kuşak ile subtropikal (sıcak-ılıman) kuşaklara girdiği anlamına gelmektedir.

Genellikle akarsu boyları ve ovalarda yer almakla birlikte, bazen nispeten yüksek arazilerin yamaçlarında da bulunur. Kuru dere boylarında da yer alır ve böylelikle kıtanın kurak ve yarı kurak bölgelerinde de yayılış gösterme imkanını bulur (Boland ve ark., 1989).



Şekil 1.1. Türkiye’de Okaliptüsün Yayılış Alanları

Türkiye’de Ege Orta ve Karadeniz Bölgelerinin kıyı arazilerinde; Akdeniz Bölgesinin kıyı arazileri ile ovalarında (alçak yayla) ve ayrıca Güneydoğu Anadolu Bölgesinin ovalarında (alçak yayla) bulunur. Ancak, endüstriyel ağaçlandırmaları Ege ve Akdeniz Bölgelerinin kıyı arazilerinde yapılabilmekte olup diğer bölgelerdeki bulunuşları münferit halde ve süs bitkisi niteliğindedir.

*Eucalyptus camaldulensis* doğal yayılış alanlarında 20–700 m yükseltilerde ve genellikle düzlük ve düşük eğimli arazilerde bulunur. (Boland ve ark., 1989).

Türkiye'de özellikle Akdeniz ve Ege Bölgeleri kıyı arazilerinde 250 m yükselti ve %15 eğime kadar olan arazilerde ağaçlandırmalarda kullanılabilir. Ancak verimli bir işletmecilik için 50 m yükseltiye kadar olan düz arazilerde kullanılması uygundur.

#### 1.1.4. Okalıptüsün İklim Özellikleri

Yapılmış araştırmalar incelendiğinde, türün doğal yayılış alanlarında ılıktan sıcağa, yarı nemliden yarı kuruluğa kadar geniş bir aralığa sahip iklim koşullarında yetiştiği bilgisine varılmıştır. Bilgiler doğrultusunda, yayılış alanlarında en sıcak aya ait ortalama yüksek sıcaklık 27-40 °C, en soğuk aya ait ortalama düşük sıcaklık 3-15 °C' olduğu söylenmektedir. Kıtanın güney ve iç kesimlerindeki yayılış alanlarında yılda 20 kez tekrarlanabilen donların görüldüğü kanısına varılmıştır (Baland and ve ark., 1989).

Okalıptüs (*Eucalyptus camaldulensis*)'ün yayılışını sınırlayan en önemli faktör düşük sıcaklık faktörüdür. Türkiye'de Akdeniz ikliminin egemen olduğu kıyı bölgelerinde başarı ile yetiştirilmektedir.

Türkiye'deki optimumu diyebileceğimiz Karabucak Okalıptüs Ormanına 10 km uzaklıktaki Tarsus Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Meteoroloji İstasyonu'nun 1950–1994 yıllarını kapsayan, hava sıcaklığına ilişkin, 44 yıllık iklim değerleri şu şekildedir.

Çizelge 1.1. 1950–1994 Hava Sıcaklığına İlişkin Yıllık İklim Değerleri

|                                      |                   |
|--------------------------------------|-------------------|
| Yıllık ortalama sıcaklık             | 17.9 °C           |
| Maksimum ekstrem sıcaklık            | 43.0 °C           |
| Minimum ekstrem sıcaklık             | -8.5 °C (Ağustos) |
| Toprak yüzü minimum ekstrem sıcaklık | -10.0 °C (Ocak)   |
| Donlu gün sayısı                     | 11.3 °C (Ocak)    |

Doğal yayılış alanlarındaki yıllık ortalama yağış miktarı 250 ile 600 mm arasında değişmektedir.

Türkiye'de yaklaşıldığında 400-1000 mm yağış alan yörelerde plantasyonunun yapabileceği söylenmektedir. Ancak *Eucalyptus camaldulensis* için en sınırlayıcı faktörün sıcaklık faktöründen dolayı Akdeniz ve Ege Bölgelerinin kıyı arazilerinde endüstriyel plantasyonları yapılabilmektedir. Yörelerimizde büyüme mevsiminde beş ayı bulan kurak dönemler yaşanabilmektedir.

Yapılan bir araştırmada (Gürses ve ark., 1994), Çukurova yöresinde *Eucalyptus camaldulensis* ağaçlandırmalarında metrekareye, ilk yılda iki defada 230 mm; ikinci yılda iki defada 360 mm; üçüncü yılda altı defada 1070 mm su verilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

İklim elemanlarından olan nisbi nem de önemli bir etkidir. Büyüme mevsimi süresince nisbi nemi %70–80 düzeyinde olmasının *Eucalyptus camaldulensis* ağaçlandırmaları için uygun olduğu kanaatine varılmıştır.

### 1.1.5. Okaliptüsün Toprak Özellikleri

Araştırmalarda *Eucalyptus camaldulensis*'in doğal yayılış alanlarındaki toprakların tipik kumlu alüvyal toprak olduğu belirtilmiştir. Güney Avustralya'daki Eyre Yarımadası'nda bulunan bir orijini hariç, kalker ana kayasına uyum sağlayamadığı bilgisine varılmıştır. Söz konusu yerdeki orijin de kireçtaşı üzerindeki sık topraklarda *Eucalyptus Prosa* ile karışık sade ve bozuk vasıflıdır (Boland ve ark., 1989).

Türkiye'de *Eucalyptus camaldulensis* kumul tespiti amacıyla kumul alanlara dikildiği gibi Muğla yöresinde görüldüğü üzere düşük bonitetli serpantin ana kayası üzerindeki topraklara ve Karabucak örneğindeki şekliyle derin, allüvyal, organik maddece zengin topraklara da dikilmiştir. Tür bu arazilerin tümünde gelişmiştir. Ancak gelişmesi toprak şartlarının kötüden iyiye gitmesiyle doğru orantılı olmuş, asıl hızlı gelişen tür özelliğini iyi nitelikli topraklarda gösterebilmiştir (Gürses, 1990).

Doğal yayılış alanının aksine Türkiye'de kalker ana kayası üzerindeki topraklarda başarı ile yetişebilmektedir. Başarılı bir plantasyon için toprak derinliğinin pek derin (100 cm den fazla) olması tercih edilmektedir. Ancak derin (60 cm ye kadar mutlak derinliğe sahip) topraklar da uygun olarak kabul edilmektedir. Ancak kum ve balçıklı kum tipi arazilerde yetişebilmesine rağmen başarılı olması beklenmemelidir. Kumlu killi balçık tipi toprakları uygun; killi balçık, kil topraklarını ideal kabul etmek mümkündür. Orta derecede taşlı (%10–30 profil taşlılığına sahip) topraklarda yetiştirilebilir. Ancak profil taşlılığı azaldıkça başarının artacağı tabiidir.

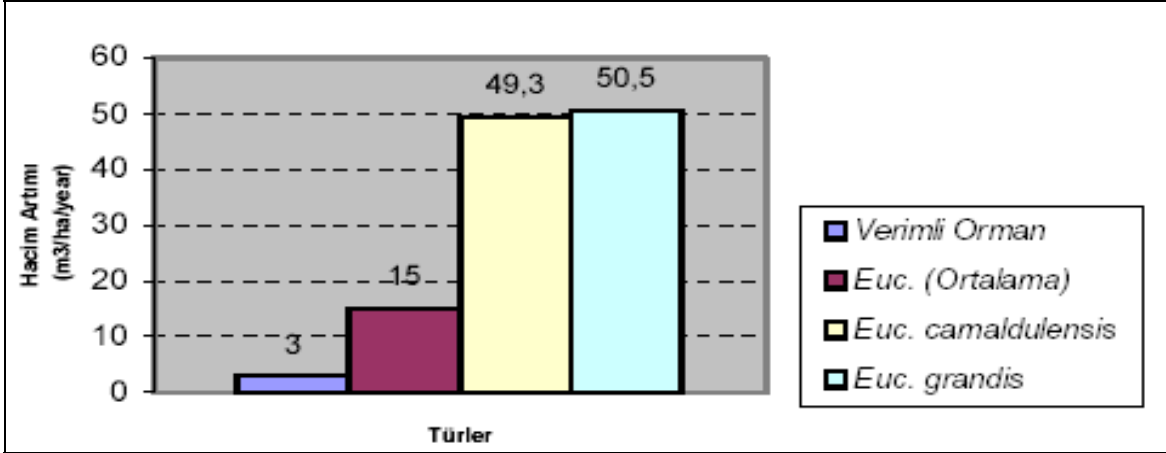
Kuvvetli alkali (pH=9.1-10.0) değerlerine sahip topraklarda yetişebilir. pH=8.5–9.0 olan topraklar uygun; pH=7.4-8.4 olan topraklar ideal kabul edilmelidir. Yakın bir zamana kadar tuzsuz (0-2 milimhos/cm) ve hafif tuzlu (2–4 milimhos/cm) arazilere tavsiye edilebilmekte idi (Avcıoğlu, 1990). Devam etmekte olan bir çalışmanın dört yıllık sonuçları ile orta tuzlu (4-8 milimhos/cm) topraklarda da başarılı olduğu anlaşılmıştır. Çok tuzlu (8< milimhos/cm) topraklarda da yetişebilmektedir (Gürses ve ark., 1994). Büyüme mevsiminde 75-150 cm derinliğindeki taban suyu idealdir.

### 1.1.6. Okaliptüslerde Gelişme Potansiyeli

Okaliptüslerde yıllık artımın türlere ve yetişme ortamına göre çok değiştiği ve 1 m<sup>3</sup> ile 50 m<sup>3</sup> arasında olabildiği ifade edilmektedir (Fao, 1979). Gürses (1990) bu artım rakamlarının okaliptüsün doğal yayılış alanının dışında özellikle anavatanı olan Avustralya'dan daha fazla değere ulaştığını belirtmektedir.

Türkiye'de de okaliptüsler hızlı gelişmeleri ve dekoratif görünüşleri ile dikkat çekmektedirler. Çukurova bölgesinde yapılan bir çalışmada *Eucalyptus camaldulensis*'lerde ortalama olarak 15 m<sup>3</sup>/ha yıllık artım değeri tespit edilmiştir (Özkurt, 1994). Bu rakam içerisinde kötü yetişme ortamlarında yetiştirilen plantasyonlar da dahildir. Daha farklı çalışmalar okaliptüslerdeki büyüme ve gelişme potansiyelinin çok daha yüksek olduğunu göstermektedir. Örneğin *Eucalyptus grandis*' ler ile yapılan orijin denemesinde 5. yıl sonunda bazı orijinlerin 50.5 m<sup>3</sup>/ha yıllık artıma ulaştıkları tespit edilmiştir (Avcıoğlu ve Gürses, 1988).

Tarsus-Karabucakta yapılan *Eucalyptus camaldulensis* ıslah denemesinde 6. yaş sonu değerlendirmede 49,3 m<sup>3</sup>/ha yıllık artıma ulaşılmıştır (Gülbaba, 2002). Bu rakamlar Türkiye verimli ormanlarının artım gücü olan 3 m<sup>3</sup>/ha ile kıyaslandığında büyüklükleri ortaya çıkmaktadır (Şekil 1.2.). Okaliptüs yetiştiriciliğinin diğer bir cazip yönü ise orman arazileri dışında bulunan tarım arazilerinde yetiştirilmesi, yani tarım ormancılığına konu olmasıdır.



Şekil 1.2. Ortalama Yıllık Hacim Artım Değerlerinin Karşılaştırılması

### 1.1.7. Okaliptüse Arız Olan Zararlılar

*Eucalyptus camaldulensis* ve *Eucalyptus grandis* Türkiye için yabancı orijinli tür olmasına karşın günümüze kadar iki böceğin zararına rastlanmıştır. Bunlar Phoracantha semipunctata (Coleoptera, Cerambycidae) ve Abgrallaspis cyanophylli (Sign.) (Homoptera, Diaspididae) (Acatay, 1960; Sekendiz ve Yıldız, 1969; Yıldız ve ark., 1981; Güler, 1990)'dir. Bu iki tür arasından P. semipunctata'nın zararına dönem dönem halen rastlanmaktadır.

Okaliptüs arısı Leptocybe invasa Fisher & LaSalla, okaliptüslerin yeni zararlısıdır. *Eucalyptus camaldulensis* ve *Eucalyptus grandis*'lerin taze sürgün ucunda bulunan yaprak orta damarı, yaprak sapı ve sürgünlerde tipik gal (ur) meydana getirmektedir. Türkiye'de yılda 2-3 döl vermektedir.

Ağırlıklı olarak genç okaliptüslere zarar yapmaktadır. 0-32.70 m boyları arasındaki okaliptüs ağaçlarına yumurta bırakabilmektedir Leptocybe invasa, Türkiye'deki yayılışını Akdeniz ve Ege Bölgelerinin kıyı şeritlerinde yapmaktadır. Dikey yayılışında en yüksek 682 m (Mersin-Anamur) rakımında rastlanmıştır.

Yapılmış araştırmalar incelendiğinde böceğin Türkiye şartlarında biri Nisan-Ağustos, diğeri Eylül-Nisan ayları arasında süregelen ve birbirinin içine giren iki generasyon verdiği tespit edilmiştir. Bu sebepten böceğin yumurta, kurt, krizalit ve erginlerine Nisan sonu, Kasım başı arasında rastlanır. Sekonder zararlı olduğundan ormanda temiz bir işletme uygulanmalıdır.

Tasalluta uğramış fertler kesilerek ormandan çıkarılmalıdır. Kesilmiş ağaçlar soyulmalı, dal ve artıklar yok edilmelidir. Depolarda istiflerin havalanmasını temin edici



tedbirler alınmalıdır. Kesimler böceğin pasif devrine rastlayan kış aylarında yapılmalıdır. İki kimyasal mücadele şekli vardır. Birincisi yumurtadan çıkan kurtlarına karşı, diğeri uçuş periyodunda erginlerine karşıdır. Gusathion, Lindol ve Folimat muayyen dozlarda kullanılan insektisidlerdir.

### 1.1.8. Okalıptüsün Kullanım Alanları

Okalıptüs odununu birçok yerde kullanılması mümkündür. Ancak dikkatli bir kurutma yapmak gerekir. Ayrıca ağacın yetiştirme ortamı ve yaşı da bu konuda etkili bir faktördür (Avcıoğlu, 1990).

Genç ağaçlarda öz odunu teşkil etmediği için renk farkı yoktur. Ancak 20-25 yıllık idare sürelerinde kırmızı kahverengi öz odunu teşekkül eder. Bu da mobilya sanayi için önemli bir özelliktir. Okalıptüs odunu kurutulduktan sonra çok sert ve dayanıklı bir hal aldığı için üretilen eşyanın uzun süre dayanmasını sağlar (Avcıoğlu, 1990).

Okalıptüs odunu, kurutma işleminden önce 2-3 ay kadar suda depolanıp yavaş yavaş dokusu içersindeki bir miktar suyun çıkması sağlandıktan sonra gölge ve hava akımı olan bir yerde 6 ay kadar bekletilmelidir. Bu süre sonunda kalın kalas halinde biçilir, ızgaraya alınır. Izzarada kalas aralarında 5–10 cm' lik boşluklar bırakılarak birbirine dik sıralar halinde dizildiğinden ağaç baskı altında kalarak çalışması da önlenmiş olur. Bir yıl sonra kalaslar kullanılacak ebatlarından birkaç mm geniş ebatlarda biçilerek 3–4 ayda bu şekilde kurumaya bırakılır ve sonra istenilen yerde kullanılır (Avcıoğlu, 1990).

Bu şekilde hazırlanmış okalıptüs kerestesi, yapı kerestesi, yer döşemesi, tekne imalatı, kamyon kasası, mobilya ve ince, doğrama, alet yapı, merdiven, sportif eşya, zirai aletler, dahili dekorasyon, doğramacılık, travers, tornacılık gibi alanlarda kullanılabilir (Avcıoğlu, 1990).

Okalıptüsün diğerkullanım alanları ise, maden direği, kaplamalık ve kontrplak, kağıt hamuru, yakacak odun, mangal kömürü, ambalaj sanayinde, dolgu malzemesi olarak, kibrit sanayinde, sunta sanayinde, direk ve kazık olarak, tekne ve fiçı tahtası olarak, pil, batarya separatörü, oyuncak sanayinde, oymacılıkta, odun yünü, bulaşık evyesi yapımında, yiyecek muhafaza kabı olarak, kalıp ve model yapımında, müzik aleti yapımında olarak belirtilmektedir (Gürses, 1982).

Dünyada bu kadar geniş kullanım alanı bulunan okalıptüs odunu, Türkiye'de piyasaya yeterli düzeyde sunulamaması ve kullanım alışkanlığının olmaması nedeniyle daha dar bir alanda kullanılmaktadır (Gürses, 1982).

Türkiye'de okalıptüs odununun kullanıldığı yerler şu şekilde sıralanabilir.

Ambalaj sanayinde, naylon seralarda iskelet olarak, inşaat sektöründe, iskelelerde direk olarak, narenciye bahçelerinde çatal sırık olarak, yakacak odun olarak, bataklık arazilerde çalışan makinelerin batmamsı amacı ile altına sermek için, müzik aletleri yapımında, tekne omurgası yapımında, kontrplak yapımında kullanılmaktadır.

Müzik aletlerinde Gitar, Ud, Tambur'un alt kısmında, Piyano mekanizmasında ve klasik kemençe yapımında kullanılmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır (Güleç, 1982).

Okalıptüs selülozundan üretilen kağıt diğerlerinden çok farklı özelliklere sahiptir (Anonim, 2006): Beyazlığı yüksektir, yüzeyde homojen bir dağılım içerir, opasitesi yüksektir. Tozlanma yapmaz. Hacimlidir. Kalınlığı her noktada aynıdır. Kesimde bıçakların ömrünü uzatır. Nem dağılımı homojendir. Kopma, patlama ve yırtılma faktörleri yüksektir. Yüzey tutkallaması, baskı, fotokopi ve yazıcılarda problemsiz ve seri çalışır. Yüzey yolunma dayanıklılığı yüksektir.

Tüfekçi (2001), *Eucalyptus camaldulensis* odunundan üretilen kömürün fiziksel ve kimyasal özellikleri konusunda kömür randımanı, ağırlık bakımından yaklaşık %24.9, hacim bakımından ise %56.8 çıkmıştır. Bu değer diğer yapraklı ağaç türlerine yakındır. Ayrıca, rutubet içeriği %4.6, birim hacim ağırlığı  $235 \text{ kg/m}^3$ , uçucu madde içeriği %18.8, karbon miktarı %70.8 ve ısıtma değeri  $7155 \text{ Kcal/kg}$  ile standartlara uygun özelliklerde çıkmıştır. Standartların üzerinde (%5.9) kül içeriğine sahip olması, kolay yanabilen bir kömür olacağının göstergesidir.

Bir diğer kullanım alternatifi kısa idare müddetinde (3–5 yıl) ve tamamen enerji üretimine ayrılacak enerji ormanı plantasyonları yetiştirmektir. Özellikle İskandinav ülkelerinde bu gibi uygulamalar görülmektedir. Odunun ısınma ve elektrik enerjisi üretiminde yakıt olarak kullanımı teşvik edilmektedir. Brezilya'da okalıptüs plantasyonlarından odun kömürü üretimi ile enerji kaynağı olarak kullanıldığı bilinmektedir.

### 1.1.9. Okalıptüsten Elde Edilen Tali Ürünler

Okalıptüs yüksek odun verimi yanında tali ürünler üretimine de olanak sağlar. Elde edilen en önemli tali ürün eterik yağdır. Bilindiği gibi, eterik yağlar çok çeşitli bitkilerden destilasyon yoluyla elde edilen bir ürün olup çeşitli maddelerin karışımından meydana gelmektedir. Asıl maddesi  $\text{C}_5\text{H}_8$  formülünde olan ve Terpen adı verilen kimyasal maddedir (Gülbaba, 1990).

Okalıptüs yapraklarının destilasyonu sonucu elde edilen ve kimya sanayinde değerli maddelerden biri olan okalıptol (Sineol), tıpta haricen kullanılan solunum yolları değerli antiseptiği, nefes ve bronşları açıcı, idrar yolları antiseptiği, bağırsak parazitlerini düşürücü olarak ayrıca; sıcak buharı teneffüs edilmek suretiyle, astım bronşit, sinüzit ve mide ağrılarına, böcek sokması ve yaralara karşı antiseptik olarak kullanıldığı gibi diş gargaraları ve diş macunlarının bileşiminde de yer almaktadır. Şekercilikte ve likör imalatında da kullanılabilir (Gülbaba, 1990).

Bugün için yaklaşık 20 türden ticari olarak eterik yağı elde edilmektedir. Türkiye'de geniş sahalarda plantasyonları yapılan *Eucalyptus camaldulensis*'ten de eterik yağ üretiminin yapılabileceği kaynaklardan anlaşılmaktadır (Gülbaba, 1990). Açık renkli çok berrak bal vermektedir. Okalıptüs çiçeklerinin döllemesinde başlıca rolü bal arısı oynamaktadır (Görcelioğlu, 1988).

Tibbi Etkileri ve Kullanımı olarak özellikle solunum yolu hastalıklarında; örnek olarak, nezle, öksürük, bronşit, burun ve boğaz rahatsızlıklarında etkili ve iyileştiricidir. Balgam söktürür, göğsü yumuşatır, ateşi düşürür ve sinüsleri açar. Bu etkileri sağlamak üzere ya infüzyonu içilir ya buhar banyosuna girilir yada ispirotolu veya zeytinyağlı eriyikleri alınır.

Antiseptik oluşu nedeniyle yara, ülser ve yanıkları temizleme ve iyileştirmede etkilidir. Bunun için dekoksasyonu şikayet edilen yerlere uygulanır. Dişeti enfeksiyonların da mikrop kırıcı, ağız kokularını gidericidir. Bu durumlar için ispirotolu ya da zeytinyağlı eriyikleriyle gargara yapılır.

Peklik verici ve bedeni güçlendiricidir. Böyle durumlar için infüzyonu alınır. Romatizma ağrıları, kas kasılmaları ve üşütmelerden ortaya çıkan ağrılarda şikayet edilen yere lapası uygulanır. İdrar yolları antiseptiğidir. Bu durumda infüzyonu alınır.

Okaliptüs infüzyonu hazırlamak üzere bir tutam yaş yaprağı üzerine bir bardak kaynar su dökülür. 10 dakika demlendirilerek yapılan infüzyon, sekerle tatlandırılarak günde iki-üç kez içilebilir.

Dekoksiyonunu hazırlamak için bir tutam yaş yaprağı suda iyice kaynatılır. Elde edilen dekoksiyon yara, ülser ve yanıklara günde iki kez uygulanır. Buhar banyosu yapmak üzere yazın toplanıp kurutulmuş okaliptüs yapraklarından 2–3 tatlı kaşığı alınır. Bir kaseye konularak üzerine dört bardak kaynar su dökülür. Çıkacak uçucu yağın kaçışını önlemek üzere başı ve kaseyi kapayan büyük bir havlu örtülür. Kaseye doğru eğilip 10 dakika süreyle okaliptüs buharı solunur. Yaş yaprakları ezilerek okaliptüsün lapası hazırlanır. Bu lapa şikayetli yerlere uygulanırken elle o bölgeye masaj yapılması da büyük yarar sağlar (Anonim, 2007d).

İspirtolu ya da zeytinyağlı eriyiğini elde etmek için okaliptüs yaprakları bu maddelerin içine yatırılıp 7–10 gün bekletilir. Bu eriyikle ağızda gargara yapılır yada suyla seyreltilip sekerle tatlandırılarak içilir. Okaliptüsün aşırı dozlarda alınması zehirlenmeye yol açabilir (Anonim, 2007d).

## 1.2. *Eucalyptus Camaldulensis* Hakkında Genel Bilgiler

Hızlı büyüyen ve 50 m boya ulaşabilen bir türdür. Tanence zengin olan ve levhalar halinde dökülen kabuk, genç iken gümüş renginde, yaşlılarda esmer boz renktedir. Yaprakları mızrak ya da tırpan biçiminde, saplı ve her iki yüzü de mavimsi yeşil renktedir. Çiçekler beyaz renkte olup, 5–10 çiçekli şemsiye kurulları halinde, yaprakların koltuğundadır. Meyve kapsülleri 5–6 mm uzunlukta olup topaç biçimindedir.

Tohumlar küçük, çok yüzü, köşeli ve kahverengidir. Koyu renkli öz ve açık renkli diri odunu vardır. Sürgün verme yeteneği fazla olduğundan baltalık olarak ta işletilmektedir (Göksüakar, 2002).

Vatanı subtropik iklime sahip Avustralya, Tasmanya, Yeni Gine ve komşu adalarıdır. Türkiye’de Ege, Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesinin kıyı arazilerinde, Akdeniz Bölgesinin kıyı arazileri ile ovalarında (alçak yayla) ve ayrıca Güneydoğu Anadolu Bölgesinin

ovalarında (alçak yayla) bulunur. Ancak, endüstriyel ağaçlandırmaları Ege ve Akdeniz Bölgelerinin kıyı arazilerinde yapılabilenkte, diğer bölgelerdeki bulunuşları münferit halde ve süs bitkisi niteliğindedir (Göksüakar, 2002).

*Eucalyptus camaldulensis* doğal yayılış alanlarında 20–700 m yükseltilerde ve genellikle düzlük ve düşük eğimli arazilerde bulunmaktadır (Göksüakar, 2002).

Türkiye’de özellikle Akdeniz ve Ege bölgeleri kıyı arazilerinde 250 m yükselti ve %15 eğime kadar olan arazilerde ağaçlandırmalarda kullanılabilir. Ancak, verimli bir işletmecilik için 50 m yükseltiye kadar olan düz arazilerde kullanılması uygundur (Göksüakar, 2002).

Doğal yayılış alanlarında ılıktan sıcağa, yarı nemliden yarı kurağa kadar geniş bir aralığa sahip iklim koşullarında yetişmektedir. Doğal yayılış alanlarındaki ortalama yağış miktarı 250–600 mm arasında değişmektedir.

En sıcak aya ait ortalama yüksek sıcaklık 27–40 °C, en soğuk aya ait ortalama düşük sıcaklık 3–15 °C’dir. Kıtanın güney ve iç kesimlerindeki yayılış alanında yılda 20 kez tekrarlanabilen donlar olmaktadır. Konuya Türkiye’de ise 400–1000 mm yağış alan yörelerde plantasyonunun yapılabileceği söylenebilir (Göksüakar, 2002).

*Eucalyptus camaldulensis*’in doğal yayılış alanlarındaki topraklar tipik kumlu alüviyal topraklardır. Türkiye’de *Eucalyptus camaldulensis* kumul tespiti amacıyla kumul alanlara dikildiği gibi Muğla yöresinde görüldüğü üzere düşük bonitetli serpantin anakayasası üzerindeki topraklara ve Karabucak örneğindeki şekli ile derin, alüviyal, organik maddece zengin topraklara da dikilmektedir (Göksüakar, 2002).

Doğal yayılış alanının aksine Türkiye’de kalker ana kayası üzerindeki topraklarda başarı ile yetişmektedir. Başarılı bir plantasyon için toprak derinliğinin derin (100 cm den fazla) olması tercih edilmelidir.

Killi balçık, kil topraklarını ideal kabul etmek mümkündür. Kuvvetli alkalin (pH=9.1-10.0) değerlerine sahip topraklarda da yetişebilmektedir. pH=8.5–9.0 olan topraklar uygun, pH=7.4-8.4 olan topraklar ideal kabul edilmektedir. Sonuçlarına göre orta tuzlu (4–8 milimhos/cm) topraklarda başarılı olduğu anlaşılmıştır. Çok tuzlu (8’den büyük milimhos/cm) topraklarda da yetişebilmektedir. Büyüme mevsiminde 75–150 cm derinliğindeki taban suyu idealdir (Göksüakar, 2002).

Tipik bir ışık ağacıdır. Bu türde çiçeklenme zamanı Nisan-Mayıs döneminde, ortalama 25 gündür. *Eucalyptus camaldulensis*’lerde Nisan-Mayıs döneminde açan çiçeklerden gelişen meyve teşekkülleri aynı yıl Ağustos sonunda olgunlaşır.

Olgun kozalakların sarımsı kahverengi oldukları görülür. Tohumların olgunlaşması yılın ortalama olarak 244 gün olmaktadır. *Eucalyptus camaldulensis*’lerde sadece son yılın olgun tohumları bulunmaktadır (Göksüakar, 2002).

Çizelge 1.2. *Eucalyptus Camaldulensis* Odununun Bazı Özellikleri (Gürboy, 1994)

| <i>Eucalyptus Camaldulensis</i>       |                     | Diri Odun | Öz Odun |
|---------------------------------------|---------------------|-----------|---------|
| Lif Uzunluğu (mm)                     | Aritmetik Ortalama  | 0.631     | 0.576   |
|                                       | Standart Sapma      | 0.099     | 0.116   |
|                                       | Varyasyon Katsayısı | 15.689    | 20.138  |
| Lif Genişliği (µm)                    | Aritmetik Ortalama  | 24.119    | 20.119  |
|                                       | Standart Sapma      | 3.566     | 2.854   |
|                                       | Varyasyon Katsayısı | 14.785    | 14.186  |
| Lümen Genişliği (µm)                  | Aritmetik Ortalama  | 7.151     | 6.239   |
|                                       | Standart Sapma      | 4.751     | 1.289   |
|                                       | Varyasyon Katsayısı | 21.696    | 20.660  |
| Çeper Kalınlığı (µm)                  | Aritmetik Ortalama  | 8.484     | 6.940   |
|                                       | Standart Sapma      | 1.403     | 1.336   |
|                                       | Varyasyon Katsayısı | 16.537    | 19.251  |
| Hacim Ağırlıklar (g/cm <sup>3</sup> ) | Aritmetik Ortalama  |           |         |
|                                       | Standart Sapma      |           |         |
|                                       | Varyasyon Katsayısı |           |         |

### 1.3. *Eucalyptus Grandis* Hakkında Genel Bilgiler

Hızlı gelişen, 40-65 m boya ulaşabilen düzgün gövdeli bir ağaçtır. Beyaz, gri ya da mavimsi yeşil olan gövde, dipten 60-180 cm'lik kısmı haricinde uzunca şeritler halinde parçalanır ve dökülür. Yapraklar mızrak biçiminde dalgalı, üst yüzü parlak koyu yeşil, alt yüzü solgun yeşil renkte ve saplıdır.

Çiçekler beyaz renkli olup 3-10 çiçekli şemsiye kurulları halindedir. Meyve kapsülleri 6-8 mm çapında ve 7-8 mm uzunlukta olup, mavimsi yeşil renkte sapsız ya da çok kısa saplı ve armut biçimindedir (Göksüakar, 2002).

*Eucalyptus grandis* doğal olarak Avustralya'nın New Sout Wales eyaletinin kuzeyi ve Queensland eyaletinin güneyindeki kıyıya yakın yerlerde bulunmaktadır. Ayrıca merkezi ve kuzey Queensland'ın kıyıya yakın yerlerinde iki yerel yayılış alanına daha sahiptir. Türkiye'de Ege, Orta ve Doğu Karadeniz Bölgelerinin kıyı arazilerinde, Akdeniz Bölgesinin kıyı arazileri ile ova (alçak yayla)'larında bulunmaktadır (Göksüakar, 2002).

Okalıptüs tipik bir ışık ağacıdır. Seyrek dallanma ve yapraklanma yapmaktadır. Yıllık artımı hektarda 50.535 m<sup>3</sup>'tür. Yayılış alanı 0-300 m yükseltiler arasındadır Queensland'da, daha kuzeyindeki yayılışında ise yüksek rakımlı (900 m) ovalarda yer alır (Göksüakar, 2002).

Doğal yayılış alanında subtropikal, ılıman bir iklim vardır. Meteoroloji istasyonunun kayıtlarına göre 1985 yılı Mart ayında en düşük sıcaklık -10.0 °C, 1989 yılı Ocak ayında en düşük sıcaklık -4.5 °C, toprak yüzü en düşük sıcaklık -9.8 °C olmuş ve Karabucak'ta bulunan *Eucalyptus grandis*'ler bu düşük sıcaklıklarda hiç etkilenmemişlerdir.

Fidanlık aşamasında ve dikildiği ilk yıllarda kışa daha duyarlıdır. *Eucalyptus grandis* dikimleri şiddetli soğuklar geçtikten sonra yapılmalıdır (Göksüakar, 2002).

Doğal yayılış alanında yıllık ortalama yağış 1000–1800 mm arasındadır. *Eucalyptus grandis* aynı zamanda, 2500 mm lik çok fazla yağışa sahip ya da sulanması koşulu ile 600 mm yağışa sahip yerlerde de başarılı bir Resimde yetiştirilmektedir (Göksüakar, 2002).

*Eucalyptus grandis* şist, kumtaşı, bazalt granit ve ara sıra bazalt ana kayalardan oluşan nemli geçirgen toprakları tercih etmektedir (Göksüakar, 2002).

Türkiye’de mutedil balçık, kumlu balçık, kumlu killi balçık, killi balçık türündeki derin, tuzsuz, orta alkali ve şiddetli alkali, fosfor içeriği orta, kireç ve organik maddece zengin, çok zengin topraklarda başarılı bir gelişme göstermektedir (Göksüakar, 2002).

*Eucalyptus grandis*’ler çiçeklenmeye 2. yaşında başlamaktadır. Çiçeklenme zamanı eylül ayında, ortalama 21 gündür. *Eucalyptus grandis*’lerde eylülde açan çiçeklerden gelişen meyve teşekkülleri ertesi yıl Nisan’da olgunlaşmaktadır. Tohum hasadı sırasında *Eucalyptus grandis*’lerde son iki yılın olgun tohumları bulunmaktadır (Göksüakar, 2002).

Tohum toplamadan önce kapsüller kesilerek kontrol edilmelidir. Kapsüller kesildikleri zaman olgunlaşmamış tohumların beyaz, zamkly ve birbirine yapışık oldukları, olgunlaşmış tohumların ise serbest ve renklerinin *Eucalyptus grandis*’lerde koyu kahverengiden siyaha kadar değiştiği görülür (Göksüakar, 2002).

Çizelge 1.3. *Eucalyptus Grandis* Odununun Bazı Özellikleri (Gürboy, 1994)

| <i>Eucalyptus grandis</i>             |                     |        |
|---------------------------------------|---------------------|--------|
| Lif Uzunluğu (mm)                     | Aritmetik Ortalama  | 0.690  |
|                                       | Standart Sapma      | 0.105  |
|                                       | Varyasyon Katsayısı | 15.217 |
| Lif Genişliği (µm)                    | Aritmetik Ortalama  | 20.786 |
|                                       | Standart Sapma      | 3.481  |
|                                       | Varyasyon Katsayısı | 16.747 |
| Lümen Genişliği (µm)                  | Aritmetik Ortalama  | 6.424  |
|                                       | Standart Sapma      | 1.321  |
|                                       | Varyasyon Katsayısı | 20.423 |
| Çeper Kalınlığı (µm)                  | Aritmetik Ortalama  | 7.181  |
|                                       | Standart Sapma      | 1.627  |
|                                       | Varyasyon Katsayısı | 22.657 |
| Hacim Ağırlıklar (g/cm <sup>3</sup> ) | Aritmetik Ortalama  | 0.418  |
|                                       | Standart Sapma      | 0.024  |
|                                       | Varyasyon Katsayısı | 5.742  |

## 1.4. Kağıt’ın Tarihçesi

### 1.4.1. Dünyada Kağıtçılığın Tarihçesi

Kağıt’ın icadı yazının icadıyla başlar. İlk yazı benzeri işaretler için M.Ö.8000 yıllarına kadar iniliyorsa da, yazının icadında M.Ö.3500 yılları genel olarak kabul gören Güney Mezopotamya’da yaşayan Sümerler tarafından bulunmuştur (İlyasoğlu, 2000).

İnsanoğlu her zaman haberleşmek, düşüncelerini aktarmanın ve kaydetmenin yollarını ve bunları nasıl daha ileriye götüreceğini araştırmıştır. Bunların ilk örnekleri olarak mağara duvarlarına ve taşlar üzerine resimler çizmişler daha sonraları balmumundan

yapılmış levhalar, bambu yaprakları, bronz, ipek ve kil tabletleri, yumuşak taşlar, hayvan kemikleri, odun parçaları, ağaç kabukları, metal levhalar ve hayvan derileri üzerine yazı yazma yoluna gitmişlerdir. Çok miktarda bilginin kaydedilmesi ve ucuza elden ele dolaşması kağıt'ın buluşuna kadar mümkün olmamıştır.

M.Ö.4000 Eski Mısırlılar kağıt'ın atası ve birçok dilde ona adını veren bizim bildiğimiz şekliyle kağıt benzeri ilk maddeyi "Papirüs"ü bulmuşlardır. Papirüs adı bir kamış varyetesi olan ve Nil nehri kıyısında yetişen Papyrus antiquorum bitkisinden gelmektedir (Aribert, 1954).

Papirüs; dokunarak hasır haline getirilmiş saz kamışlarının dövülerek sert ve ince bir sayfa haline getirilmesiyle oluşmuştur. İngilizce haliyle kağıt demek olan "paper" kelimesi de "papyrus" olarak günümüze kadar gelmiş bir kelimedir. M.Ö.356-323 yıllarında Büyük İskender Mısır'ı fethedince Yunanlılar Papirus'u öğrendiler. Daha sonra, oradan da kullanımı İtalya'ya ve Akdeniz'e yayılmıştır (Kağıtçı, 1977).

M.Ö.200 yıllarında Bergamalılar koyun keçi ve dana derisinden parşömen adı verilen yazı sayfasını yapmışlardır. Bugün bile bazı lüks kitaplar ve önemli vesikalar için parşömen kullanılmaktadır. Bu arada Çin'de keten ve ipek kumaşlar ile bambu yaprakları yazı yazmak için kullanılmıştır (Anonim, 1993).

M.S.105 bildiğimiz haliyle kağıt Çinli bir askeri mahkeme memuru olan Ts'ai Lun tarafından bulunmuştur. İnanışa göre Ts'ai dut kütüğünü karışımı ve ufak bez parçalarını suyla karıştırmış bu karışımı ezerek bir kağıt hamuru haline getirmiş, suyunu çıkararak incelttiği karışımı güneşte kurumaya bırakmıştır. Böylelikle kağıt doğmuş, bu karışım insanoğlunun en harika iletişim inkılab'ı olmuştur. Ancak, Çin'de 1978 yılında yapılan arkeolojik kazılarda bulunan kağıt parçalarının tarihi M.Ö. 73-49 yıllarına kadar gittiği bulunmuştur. Bu bulguya dayanılarak kağıdın icadının Batı Hun Hanedanına ait olduğu kabul edilmektedir (Mc Govern, 1982).

Böylelikle Çin' de edebiyat ve sanat adeta parlamıştır. M.S. 610'da kağıt sanatı Budist rahipler tarafından Japonya'ya yayılmaya başlamıştır. Kağıt yapımı Japon kültürünün en önemli parçası haline gelmiş ve yazı yazmak, yelpaze, elbise, kukla yapımında kullanılmış ve evlerinin en önemli parçasını oluşturmuştur. Ayrıca kalıp baskı tekniği ilk kez Japonlar tarafından kullanılmıştır. M.S.751'de Semerkant, Çin ve Arap orduları barış içinde ticaretin sürdüğü onlarca yıldan sonra çarpışmaya başladılar. Çinliler bozguna uğratılmış ve çoğu esir alınmıştır. Mahkûmlar arasında bulunan kağıt üreticileri özgürlüğün karşılığında, Araplara kağıt üretiminin sırlarını öğreterek anlaşma girişimlerinde bulunmuşlardır. M.S. 1009'da kağıt'ın Araplardan Avrupa'ya geçmesi yaklaşık 400 yıl almıştır.

Avrupa'da en eski kağıt fabrikası Valencia yakınlarındaki Xativa Kasabasında 1144 yılında Müslümanlar tarafından kurulmuştur. İtalya'da 1276 yılında Araplar ve Yahudilerce yayılmaya başlanmıştır. Daha sonra Fransa 1348, Almanya 1390, İsviçre 1432, İngiltere 1494, Hollanda 1586, Finlandiya 1667, Norveç 1965 yıllarını takip etmiş, Amerika kıtasında kağıt yapımı ise ilk kez 1575 yılında Meksiko şehrinde başlamış A.B.D.'de 1690 yılında, Kanada'da 1803 yılında ilk kağıt fabrikası kurulmuştur (Eroğlu ve Usta, 2004).

16. yüzyılın başlarına kadar Tsai Lun'nun yöntemi kullanılmış, sonra paçavra kullanımıyla devam etmiştir. Paçavra yabancı maddelerden temizlenip büyük çuvallarda ıslatılıp fermantasyona uğratarak çürümeye bırakılıyor, bu arada sıcaklık yükselmesi mantar ve küflerin kontrol altına alması için süre kısa tutularak bitkisel kül kullanılmıştır.

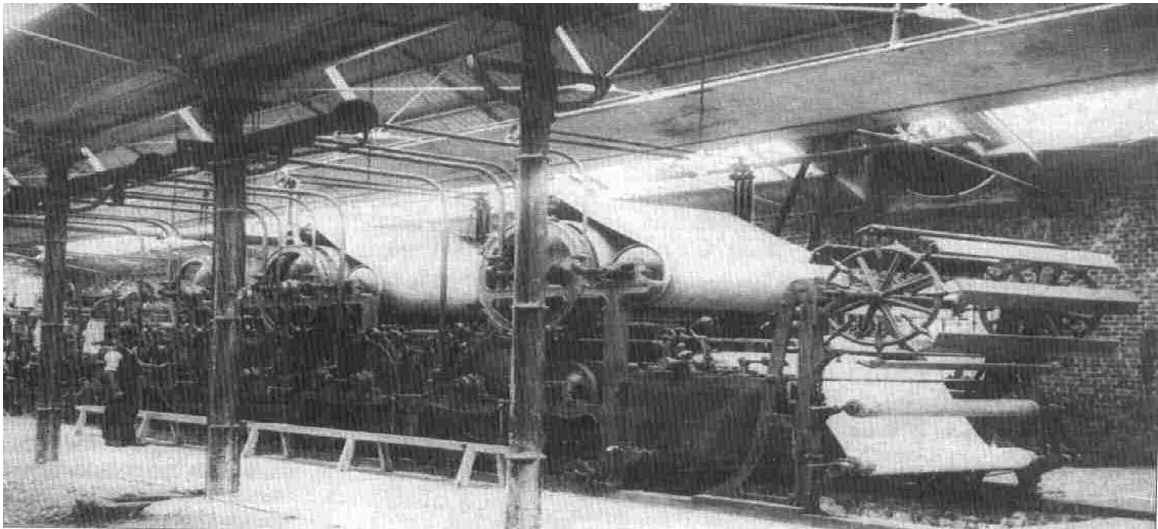
18. yüzyılda Rene de Reaumur eşek arılarını yuvasını incelediğinde yuvaların içerisinde yuvanın bitki artıklarından olduğunu ve yapısal bakımdan kağıda benzediğini fark etmiş, 1719 yılında bundan esinlenerek kendir ve paçavra yerine odundan kağıt yapılabileceğini ileri sürmüştür. Almanya'da başka bir bilim adamı Friedrich G. Keller bundan esinlenip odun liflerini kullanarak kağıt yapan bir makinenin ilk patentini almıştır (Eroğlu ve Usta, 2004).

18. yüzyılda endüstriyel ve kimyasal alandaki gelişmeler kağıt sektörüne etki etmiş; Scheele' in 1774'te kloru bulması, Berthollet' in bu maddeyi Javel suyu şeklinde ağartmaya uygulaması 1794'te Le Blanc' in Sodyum Karbonat'ı bulması, 1798'de Essones ve kağıtçılıkta çalışan L.N. Robert' in sürekli ve mekanik olarak çalışan Fourdrinier kağıt makinesini, 1818 yılında Canson' un sonsuz eleğin altındaki vakum kasalarını bulması ve bundan sonraki buluşlar endüstriyel olarak kağıt yapımına götürmüş, süreyi azaltarak verimi artırmıştır (Eroğlu ve Usta, 2004).

#### 1.4.2. Türkiye'de Kağıtçılığın Tarihçesi

Kağıt, kültür ve sanayi alanındaki yeri ile insanlığın en önemli ihtiyaç maddelerinden biridir. Bu nedenle, Kağıt Sanayinin gelişmesi, bir ülkenin sanayi ve kültürel gelişmesi ile paraleldir. Bu yönüyle kağıt tüketimi bir uygarlık ölçüsü olarak kabul görmektedir. M.S.105 yılında Çinliler tarafından bulunan kağıt, Türkiye'de ancak, Osmanlılar Dönemi'nde 18-19 yüzyıllarda Yalova'da matbaanın gereksinimini karşılamak için 1476 yılında "Yalakabat Kağıthanesi" kurulmuştur (Kağıtçı, 1977).

Şekil 1.2'de görüldüğü gibi Yalova ve Beykoz' da kurulan imalathaneler, kapitülasyonlar ve yabancılara tanınan çeşitli imtiyazlar nedeniyle yabancı şirketlerle rekabet edemediklerinden kurulmalarından kısa bir süre sonra kapanmıştır.



Şekil 1.3. Beykoz Hamidiye Kağıt Fabrikası



Kağıt üretiminin Türkiye için ne kadar gerekli olduğunu Mustafa Kemal Atatürk “Bir memleket kağıdını kendi yapmadığı zaman ulusal kültürünü yabancı lütfuna bağlar” sözleriyle ifade etmiştir (Özdemir, 2006).

Cumhuriyetin ilanı ile bir yatırım ülkesi özelliği kazanmış ve sanayileşme çabalarına hız vermiş olan Türkiye’de, kültür ve sanayi alanındaki yeri ile insanlığın vazgeçilmez ihtiyaç maddelerinden biri olan modern anlamda kağıt fabrikasının 1934’te temeli atılmış 18 Nisan 1936 tarihinde Türkiye Selüloz ve Kağıt Fabrikaları (SEKA) İzmit’te üretime başlamıştır. 10.000 ton/yıl kapasitesi bulunan İzmit İşletmesi’nde, 1936 yılında 4.000 ton kağıt üretilirken 14.400 ton kağıt tüketilmekteydi, 1938 yılında yapımı tamamlanan fabrikanın kuruluşu Sümerbank tarafından gerçekleştirilmiş, daha sonraları 1944, 1954, 1957 ve 1959 yıllarında yapılan eklemelerle genişletilmiştir.

1970 yılında Zonguldak Çaycuma kraft kağıdı ve selüloz fabrikası, yine 1970 yılında Giresun (Aksu) mekanik hamur ve gazete kağıdı fabrikası gibi birçok fabrika kurulmuştur. 1984 yılında ise Seka Akdeniz (Silifke) Kraft Hamuru Kraft Lineer üreten entegre tesisleri ile Kastamonu Müessesesi hizmete açılmıştır (Eroğlu ve Usta, 2004).

Sektörün dönüm noktası; 1970 yılından önce 15.000 ton civarında bir üretim gücü olan Özel Sektör kuruluşlarının 1970 yılından sonra gelişen zaman içinde modern ve büyük kapasitelerle üretime geçmesi ile olmuştur.

Sürekli zarar nedeniyle 2000’li yıllarda SEKA’ya ait 7 kağıt fabrikadan 6’sı özelleştirilerek devlet, kağıt sanayinden elini çekmiş ve özel sektöre bırakmıştır. Böylece, kağıt fabrikaları rekabete daha açık çalışma olanağına kavuşmuştur. Özelleştirme ve Avrupa birliğine uyum çalışmaları sürecinde ve bundan sonra artık Türkiye’de kağıt sanayinin gelişmesi özel sektörün tecrübe, başarısı, yeni yatırımlarına, dış piyasayla her türlü rekabetine bağlı olacaktır (Özdemir, 2006).

Özel Sektör kuruluşlarının 2005 yılı üretim kapasitesi 2.350.000 ton’dur. Türkiye kağıt-karton üretim kapasitesi, 2005 yılında 2004 yılına kıyasla %0.8’lik bir artış göstererek 2.507.400 ton’a ulaşmıştır. Türkiye kağıt-karton üretimi, 2005 yılında 2004 yılına kıyasla %10.3’lük bir artış göstererek 1.951.857 ton’a ulaşmıştır. Türkiye kağıt-karton ithalatı, 2005 yılında 2004 yılına kıyasla %13,2’lik bir artış göstererek 1.967.549 ton’a ulaşmıştır. Türkiye’de kağıt karton ihracatı 2005 yılında 2004 yılına kıyasla %2.7’lik bir azalma göstererek 174.403 ton olmuştur. Türkiye kağıt-karton tüketimi, 2005 yılında 2004 yılına kıyasla %11.6’lık bir artış göstererek 3.740.148 ton’a ulaşmıştır (Anonim, 2006).

#### **1.4.3. Türkiye Kağıt-Karton Sanayi’nin Dünyadaki Yeri**

2001 yılı verilerine göre Dünya kağıt ve karton üretimi 318.147.000 tondur. Bunun Kuzey Amerika 100.433.000 tonunu, Avrupa 98.255.000 tonunu, Latin Amerika 14.855.000 tonunu, tüm Asya 97.661.000 tonunu, Avustralya 3.494.000 tonunu, Afrika 3.449.000 tonunu üretmiştir. Dünya kağıt hamuru üretimi 179.374.000 tondur. 2001’de Türkiye 1.513.000 ton ile kağıt ve karton üretiminde 26. sırada yer almakta tüketim 2.017.000 ton kişi başına düşen tüketim 31 kg’dır (Eroğlu ve Usta, 2004).

2005 yılına gelindiğinde ise Dünya kağıt ve karton üretimi 367.025.000 tondur. Türkiye’de kağıt ve karton üretimi 1.951.857 ton olmuştur. Çizelge 1.6.’da aynı yıl kişi başına kağıt ve karton tüketimi bir önceki 2004 yılına göre 5.0 kg artış ile 51.2 kg’a yükselmiştir.

Türkiye’de 51.2 kg olmasına karşın ABD’de kişi başına tüketim 300 kg ve Avrupa ülkelerinde 200 kg civarında olduğu dikkate alındığında 70 milyon nüfusa sahip Türkiye’de kağıt ve karton sektör’ündeki potansiyeli daha bir açıklıkla ortaya çıkmaktadır (Anonim, 2006).

Çizelge 1.4’de 2001–2005 yılları arası Türkiye’nin kağıt ve karton üretimi rakamlarının yansıttığı gerçek, Türkiye’nin kağıt ve karton sanayisinin büyümesine açık bir ülke olduğunu göstermektedir. Tüketimde 18. sırada üretimde 26. sırada olması Türkiye’yi net kağıt ve karton ithal eden bir ülke konumuna koyuyor ve son beş yıllık gelişimi ile dünya kağıt ve karton üretiminin aynı dönemlerdeki gelişmesine baktığımızda çizelge 1.5.’de 2001–2005 yılları arasında Türkiye’nin kağıt ve karton tüketiminde bir paralellik söz konusudur. Sanayimizin gelişme hızı dünyadaki yerini korumaktadır. Çizelge 1.6.’da ise 2001–2005 yılları arasında Türkiye’nin kişi başına kağıt ve karton tüketimi ve dünya sıralamasındaki yeri görülmektedir (Anonim, 2006).

Çizelge 1.4. 2001–2005 Yılları Arasında Türkiye’nin Kağıt ve Karton Üretimi (Selüloz Ve Kağıt Sanayi Vakfı, 2006).

| Yıllar | Kağıt ve Karton Üretimi (ton) | Dünya sıralamasındaki Yeri |
|--------|-------------------------------|----------------------------|
| 2001   | 1.485.000                     | 28                         |
| 2002   | 1.643.000                     | 28                         |
| 2003   | 1.619.000                     | 28                         |
| 2004   | 1.769.000                     | 28                         |
| 2005   | 1.951.000                     | 26                         |

Çizelge 1.5. 2001–2005 Yılları Arasında Türkiye’nin Kağıt ve Karton Tüketimi (Selüloz ve Kağıt Sanayi Vakfı, 2006).

| Yıllar | Kağıt ve Karton Tüketimi (ton) | Dünya sıralamasındaki Yeri |
|--------|--------------------------------|----------------------------|
| 2001   | 2.024.000                      | 25                         |
| 2002   | 2.492.000                      | 22                         |
| 2003   | 2.895.000                      | 21                         |
| 2004   | 3.329.000                      | 21                         |
| 2005   | 3.744.000                      | 18                         |

Çizelge 1.6. 2001–2005 Yılları Arası Türkiye’nin Kişi Başına Kağıt ve Karton Tüketimi ve Dünya Sıralamasındaki Yeri (Anonim, 2006)

| Yıllar | Kişi Başına Kağıt-Karton Tüketimi (kg) | Dünya sıralamasındaki Yeri |
|--------|--|----------------------------|
| 2001   | 31.1                                   | 64                         |
| 2002   | 37.2                                   | 59                         |
| 2003   | 42.5                                   | 58                         |
| 2004   | 46.2                                   | 57                         |
| 2005   | 51.2                                   | 56                         |

### 1.5. Kraft (Sülfat) Yöntemi

Kağıt hamuru yapımında alkalilerin kullanılması M.S. 750 yıllarına kadar uzanmaktadır. Araplar, kağıt yapım tekniğini Semerkant'taki Çinli mahkumlardan öğrenmişlerdir. Çinliler, kağıt hamuru yapmak için dut ağacının iç kabuğunu, odun külünün seyreltik bir çözeltisinde kaynatıp, alkali atıkları ise su ile yıkayıp uzaklaştırıyorlardı. 1800 yılında Koops, %16 oranında lignin içeren samanı seyreltik alkalide kaynattığında, ligninin samandan kolayca uzaklaştığı tespit etmiştir. Fakat elde edilen hamur kirli ve düşük kaliteliydi. Aynı yöntemi, samandan daha yüksek oranda lignin içeren odunda deneyen Koops, odundaki ligninin samandakinden daha zor uzaklaştığını görmüştür (Kocurek, 1989).

Kimyasal hamur üretiminde amaç odundaki lifleri bir arada tutan ve çoğunlukla ligninden oluşan orta lameli kimyasal yolla çözerek (delignifikasyon=lignin giderme) lifleri bireysel hale getirmektir. Bu işlem sırasında hücre çeperi içerisindeki lignin ve hemiselülozların büyük bir kısmı da çözüldüğünden bireysel hale geçen liflerin esnekliği de artar (Kırcı, 2000).

Lifleri serbest hale getirmek için mekanik enerji kullanılmadığından, lifler üzerinde mekanik hasar bulunmaz. Dolayısıyla, mekanik ve yarı kimyasal hamurlara göre, kimyasal hamurdan yapılan kağıtlar daha sağlam lifler arası bağ yapar ve kağıdın direnç özellikleri yüksek olur (Kırcı, 2000).

1851 yılında, Burgess ve Watt bugün soda yöntemi olarak bilinen geliştirerek kağıt hamuru elde etselerde, hamur koyu kahverengi olduğu için ağartılması gerekiyordu. Burgess ve Watt, 1853 yılında bu metodun patentini aldıktan sonra İngiliz Hükümeti'ne sundular. Fakat bu metod İngiliz Hükümeti'nce kabul görmedi. Burgess, daha sonra Amerika'ya giderek 1854 yılında yönteme patent aldı ve 1866 yılında A.B.D'nin Philadelphia eyaletinde 15 ton/gün kapasiteye sahip bir fabrika kurdu (Kocurek, 1989).

Kraft yönteminde, sodyum sülfür ve sodyum hidroksitin karışımı kağıt hamuru elde etmek için kullanılmaktadır. Sülfür, ligninin uzaklaştırılmasını kolaylaştırmaktadır. Böylece, yongalar soda yönteminkinden daha kısa bir süre sıcak alkaliye maruz kalırlar. Bunun sonucunda, soda yönteminden elde edilen kağıttan daha iyi kalitede kağıtlar elde edilir. Odundan kağıt hamuru elde etmek için sülfürlerin kullanımı ile ilgili ilk patent ise 1870–1871 yılında A.B.D.'de Eaton tarafından alınmıştır (Kocurek, 1989).

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 adi 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'çe ve Almanca'da "sağlam" anlamına gelen kraft anlamı verilmiştir (Kocurek, 1989).

Kimyasal yöntemle kağıt hamuru üretiminde odun yongasından ligninin uzaklaştırılması (delignifikasyon) üç aşamada meydana gelir (Kırcı, 2000).

İlk aşama olan başlangıç delignifikasyonu fazında, lignini çözmek için gerekli kimyasal maddeler yonga içersine girerek lignini parçalamaya başlar. Bu evrede odundan uzaklaştırılan lignin miktarı oldukça azdır (Kırcı, 2000).

İkinci aşama olan delignifikasyon reaksiyonlarının arttığı ve odun yongasından aşırı derecede ligninin ayrıldığı faza yoğun delignifikasyon denilmektedir. Yoğun delignifikasyon aşamasının başında lifler birbirine yapıştırıcı rol oynayan ve çoğunlukla orta lamelde bulunan ligninin yoğun olarak uzaklaştığı liflerin birbirinden ayrılmaya meyletmesi elektron mikroskopisi yöntemleriyle de kanıtlanmıştır. Yoğun delignifikasyonun sonuna doğru orta lameldeki lignin tükendiğinden lifler hiçbir mekanik güce ihtiyaç duyulmadan serbest hale gelmeye başlar (Kırcı, 2000).

Bir süre sonra odundan lignin uzaklaşmasının hızı giderek azalır ve delignifikasyon eğrisi yatayla paralel bir eğim göstermeye başlar. Bu evrede yalnızca hücre çeperi içersindeki kalıntı lignin çözeltiye geçmeye başlar. Kalıntı delignifikasyonu denilen bu aşamada karbonhidrat bozunma reaksiyonları da hızlanmaya başlar (Kırcı, 2000).

Bir odun yongasında, orta lamelden ligninin uzaklaşmasına bağlı olarak liflerin serbest hale gelmesi dış taraftan içe doğru devam eder. Bu nedenle, yongaların çözeltiye temasta olan dış kısımları daha erken liflere ayrılırken; yonganın merkezine doğru gidildikçe lignin moleküllerinin pişirme çözeltisi içersine doğru taşınmasının (kütle transferi) zorlaşması nedeniyle delignifikasyon yavaşlamaya başlar. Sonuçta pişirme tamamlandığında, özellikle kalın yongaların merkezinde pişerek hamura dönüşmemiş odun kıymıkları kalabilir. Bu kısımlar hamurun elenmesi sırasında hamur içersinden ayrılabilir ve elek artığı olarak adlandırılır (Kırcı, 2000).

Pişirme işleminin uzatılmasıyla hücre çeperinden daha fazla lignini uzaklaştırmak mümkündür. Ancak, pişirmede kullanılan kimyasallar bir süre sonra karbonhidrat kısmını (selüloz, hemiselüloz) da bozundurmaya başlar. Selüloz molekülleri üzerine olan kimyasal ataklar sonucu molekül zinciri kopmaya ve tahrip olmaya başlar. Bu yüzden hamurun sağlamlık özelliklerini muhafaza etmek için çok uzun süreli pişirmelerden kaçınılır (Kırcı, 2000).

Ağartılabilir özellikte ve sağlam bir kimyasal hamur üretmek için kontrol edilmesi gereken iki önemli etken vardır. Bunlardan birisi hamurda kalan lignin oranı, diğeri ise selülozun kimyasal bozunmaya uğrama derecesi (selülozun polimerleşme derecesi=DP). Kolay ağartılan ve direnç özellikleri yüksek bir hamur elde etmek için birbiriyle çelişen bu iki değer titizlikle kontrol edilmesi pişirme işleminin hamur kalitesi açısından bir optimum noktada bitirilmesi gerekir (Kırcı, 2000).

Kraft yöntemine sülfat yöntemi de denilmektedir. Sülfat denmesinin sebebi de pişirme çözeltisinin geri kazanılması esnasında sodyum sülfatın, sodyum sülfüre indirgenmesindedir. Kraft yöntemi, sülfat yönteminin bir değişik şekli olup elde edilen kağıt hamuru koyu renkli ve son derece dayanıklıdır. Bu yöntemde yongalar tam pişirilmeyerek rafinörlerden geçirilerek verim yüksek tutulmaya çalışılır (Casey, 1966).

Bu yöntem en çok kullanılan olup en büyük avantajları; pişirme çözeltilisinin geri kazanılabilir özellikte olması, birçok değişik odun türlerinin kullanılabilmesi ve bazı yan ürünlerin elde edilebilir olmasıdır.

Pişirme çözeltilisindeki  $\text{Na}_2\text{S}$ 'ün delignifikasyonu hızlandırdığı, selülozun degradasyonunu önlediği, pişirme süresini kısalttığı ve böylelikle daha iyi nitelikte hamurun elde edilmesine yardımcı olduğu belirtilmektedir. Diğer taraftan  $\text{Na}_2\text{S}$ 'ün elde edilmesinde kullanılan  $\text{NaSO}_4$ 'ın buharlaştırılan siyah çözeltili içersine katılmasıyla yanma sırasında oluşan atıkların erime noktalarını da düşürdüğü belirtilmektedir (Bostancı, 1987).

Sülfat yönteminde %15 oranında toplam kimyasal madde kullanılarak 100–140–170 °C gibi değişik sıcaklıklarda pişirmeler yapılmış ve sıcaklık değişiminin lignin ve karbonhidratlar üzerine etkisi incelenmiştir. Deneme sonuçları göstermiştir ki ligninin çözünmesi sıcaklığa bağlı olup ilk altmış dakikadan sonra çözünmenin arttığı gözlenmiştir. Fakat süre uzadıkça karbonhidratların çözünmesi devam etmiştir. Diğer taraftan sıcaklığın artması kağıdın kopma uzunluğunu olumsuz yönde etkilemiştir (Eroğlu, 1980).

Kağıt hamuru üretim yöntemlerinden, Kraft Metodu, günümüzde dünya genelinde en çok kullanılan kimyasal kağıt hamuru üretimi yöntemidir. Fakat bu metodun birçok dezavantajı bulunmaktadır. Özellikle havayı, suyu ve çevreyi kirletme özelliğindeki kimyasal maddeler kullanılmakta, oldukça yüksek yatırım ve işletme maliyetini gerektirmektedir (Şahin ve Üner, 2004).

### **1.5.1. Sülfat (Kraft) Yönteminde Verim ve Direnç Özelliklerini İyileştirme Çalışmaları**

Geçmişte kağıt endüstrisi odun, su, hava ve enerji gibi girdileri bol ve ucuz olarak sağlayabilmiştir. Fakat son yıllarda bu girdilerin fiyatları hızlı bir şekilde artmıştır. Bu yüzden, kaynakların daha etkili ve ekonomik kullanımı bir zorunluluk halini almıştır.

Kağıt üretiminde karşılaşılan sorunların başında; hammadde yetersizliği, düşük verim, enerjinin daha ekonomik kullanılabilmesi, çevre kirliliğinin azaltılması, geri kazanma ve atıklarının değerlendirilmesi sayılabilir. Bu sorunlardan, en önemlileri hammadde yetersizliği ve düşük verimdir. Bundan dolayı, günümüz koşulları göz önüne alındığında, dünya nüfusunun sürekli bir artış göstermesi sanayi kollarını değişik hammadde arayışlarına ve mevcut hammaddelerin daha verimli kullanılabilirliklerinin araştırılması yoluna itmiştir.

Kağıtçılık sektöründe kullanılan hammaddeden daha verimli bir şekilde yararlanma olanaklarının geliştirilmesi, mevcut hammaddelerin daha ekonomik kullanılması için zorunluluk haline gelmiştir. Kraft yönteminde bulunuşundan günümüze kadar üretim metodunda önemli bir değişiklik olmazken, hamur özelliklerinin iyileştirilmesi ve daha ekonomik üretilebilmesi ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar fiziksel özellikleri iyi olan kraft hamurunda daha çok verime, ekonomik üretime ve çevreye önem verilmiştir. Alternatif hammaddeler denenerek bunların kraft hamuru özellikleri belirlenmiştir. Bununla beraber çeşitli modifiye kraft yöntemleri geliştirilmiştir.

Burada, kraft hamuru veriminin düşük olduğu kabul edilmektedir. Çünkü hamur üretimine giren odun hammaddesinin % 50'sinden fazlası atık olarak çıkmaktadır.

Dolayısıyla verim artışı ile ilgili olarak yapılacak araştırmalar büyük önem kazanmaktadır (Ateş ve Kırıcı, 2001).

Kraft yöntemiyle kağıt hamuru elde edilmesi işlemindeki ağırlıklı araştırma konularından birisi de yöntemin çevresel etkileridir. Kraft yöntemiyle üretim yapan fabrikaların en önemli problemlerinden birisi kötü koku sorunudur. Bu sorun, yapılan çalışmalarla bir dereceye kadar çözümlenmesine rağmen, kükürtlü bileşikler gibi hava emisyonları ve atık çamur kalıntıları problem olmaya devam etmektedir.

Kraft hamur üretiminde, klor esaslı ağartma kimyasalları kullanıldığı ve çevre kirliliğinin de en önemli sebeplerinden birisinin ağartmadan çıkan kimyasallar olduğu düşünöldüğünde, konunun önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır (Ateş ve Kırıcı, 2001).

Kraft hamuru verimindeki artış üç yol ile gerçekleştirilebilir. Bunlar; Karbonhidrat kaybının azaltılması, uzaklaştırılan lignin miktarının azaltılması veya bu iki faktörün kombinasyonu şeklindedir (Ateş ve Kırıcı, 2001).

Son yıllarda çeşitli borlu bileşikler kullanılarak yapılan kraft pişirme denemelerinde verim artışının %1–4 arasında değişen oranlarda arttığı literatürlerde belirtilmektedir. Ancak, bu üretim artışı kraft yönteminin mevcut avantajlarını olumsuz yönde etkilememelidir.

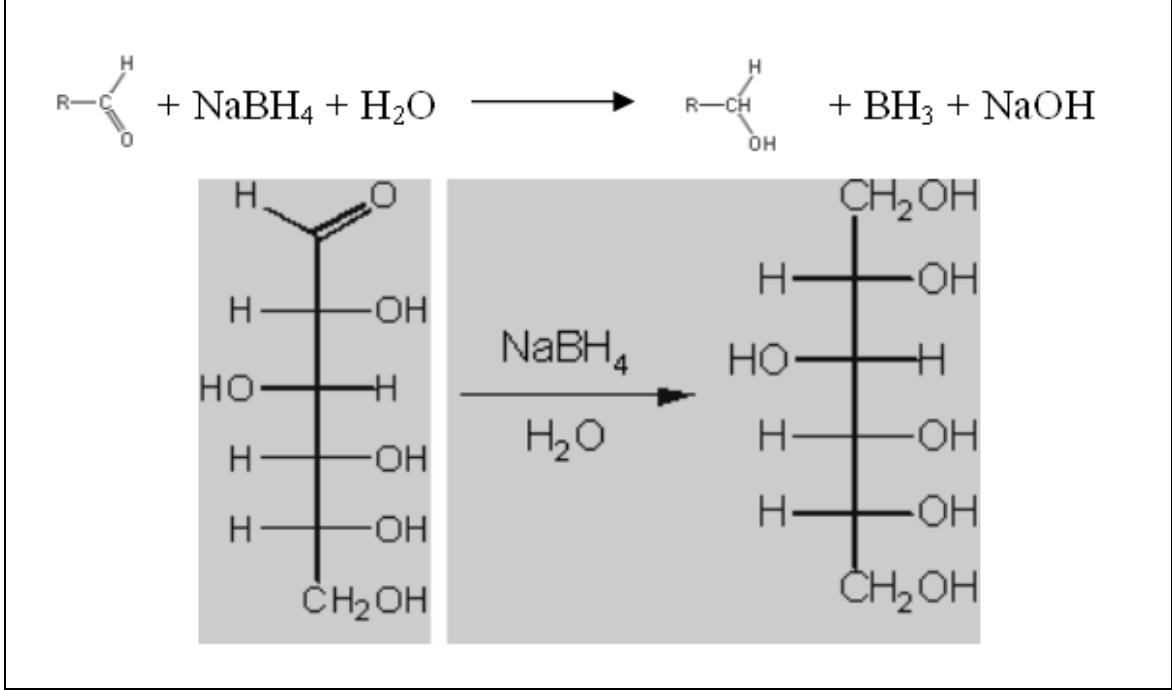
Temel kraft teknolojisindeki iyileşmeler için polisülfür ve antrakinon (AQ) gibi ilave maddelerin kullanımı, geliştirilen fırsatlar arasında olmasına rağmen, hiçbir ilave madde ticari açıdan büyük bir ilgi görmemiştir (Kocurek, 1989, Ateş ve Kırıcı, 2001).

Kraft hamuru üretiminde kullanılan hammaddeden, ligninin uzaklaştırılması için, gerekli alkali konsantrasyonu, normal olarak çözünebilen hemiselülozların çözeltiye geçmesini sağlayacak kadar yüksektir. Yani degrade olan hemiselüloz miktarının azaltılması, verimi artırmanın bir yolu olacaktır. Odun polisakkaritlerinin alkalen degradasyonundaki ekonomik önemi ve bu konuya olan temel ilgi sebebiyle, bunları alkalen etkilere karşı stabilize etme ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu konuda birçok girişimlerde bulunulmuştur.

Bütün başarılı metotlar, soyulma reaksiyonuna katılmaması için azalan son uç grupların modifikasyonuna dayalıdır. Bunlar; organik bir aside oksidasyon, bir aldotil grubuna indirgenme veya bir alkali stabil uç grubuyla sübtitüsyon reaksiyonlarını içerir (Kocurek, 1989, Ateş ve Kırıcı, 2001).

Bu noktada sodyumborhidrür ( $\text{NaBH}_4$ ) esaslı indirgenme reaksiyonları, geniş bir şekilde çalışılmıştır (Aurell, 1963, Hartler, 1989). Bu işlemde pişirme çözeltisine doğrudan sodyumborhidrür ilave edilir ve bu şekilde indirgenmenin başlaması, reaksiyon için gerekli ısıyı ortaya çıkarır. Verim artışı, hamur içeriğindeki hemiselüloz artışına bağlıdır (Kocurek, 1989, Ateş ve Kırıcı, 2001).  $\text{NaBH}_4$  güçlü bir indirgendir.  $\text{NaBH}_4$  aşağıdaki reaksiyonda göröldüğü gibi pişirme sırasında selüloz zincirinin indirgen ucundaki karbonil grubunu hidroksil grubuna indirgeyerek muhtemel soyulma reaksiyonunu durdurur. Böylece, pişirme esnasında verimde meydana gelen azalma önlenmiş olur. Bu reaksiyon sadece selülozda değil hemiselülozda da meydana gelir. Soyulma reaksiyonu pişirme

enasında sıcaklığın 80–100 °C'ye ulaşmasıyla başlar. Sıcaklığın 150 °C'yi geçmesiyle bu kez zincir alkali hidrolize maruz kalır (Hafizoğlu, 1982). Soyulma reaksiyonunda monomerler indirgen uçtan birer birer koparken, alkali hidrolizde ise zincirin ortasından soyulma reaksiyonuna göre daha büyük kopmalar meydana gelmektedir ve şekil 1.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Pişirme Sırasında Soyulma Reaksiyonları

Bujanovic et al. (2003) *Picea mariana*'da sodyum metaborat ( $NaBO_2$ ) ilaveli kraft pişirmeleri yaparak verim üzerine etkisini incelemiş,  $NaBO_2$ 'ın verimi %1.8 artırdığını tespit etmiştir. Bujanovic et al. (2004) ise  $NaBO_2$  *Acer saccharum* ve *Betula papyrifera*'dan yapılan kraft pişirmelerinde verim üzerinde önemli bir artış sağlamadığını tespit etmiştir.

Böylece, verim artırma çalışmalarında karbonhidratların tutunmasını artırmak diğer bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Verimde %4'ten %6'ya varan bir artış isteniyorsa, hemiselüloz tutunmasının şekil 1.4.'de görüldüğü şekilde artırılması gerekir. Diğer taraftan, hamur üretimi sırasında karbonhidrat kaybının büyük bir kısmını hemiselülozların oluşturduğu açıkça görülmektedir (Kocurek, 1989, Ateş ve Kırıcı, 2001).

Bu karbonhidratlar iki yolla kaybedilir. Bunlar; Alkali konsantrasyonuna bağlı olarak karbonhidratların çözünmesi Depolimerizasyon derecesindeki azalma bu iki kaybın önlenmesiyle verimde önemli derecelerde bir artışın gerçekleşeceği belirtilmektedir (Kocurek, 1989, Ateş ve Kırıcı, 2001).

Verimi artırmada basit bir yöntem de; pişirme süresini düşürerek yüksek kappa numarası elde etmektir. Kappa numarasındaki her on birimlik artış yaklaşık olarak verimde %1.5'luk bir artışa sebep olmaktadır. Bu tür verim artışının bir sakıncası; direnç değerlerindeki azalmadır. Kappa numarası artarken direnç değerleri düşer ve dövme

zamanı artar. Bazı ilave maddelerle bir takım direnç değerleri düşer ve dövme zamanı artar (Andrews, 1974, Ateş ve Kırıcı, 2001).

Polisülfür oksidasyonu yöntemiyle de verimi artırmak mümkündür. Polisülfürün etkili bir şekilde kullanımını sağlamak için, kısa ve ince yonga kullanmak, emprenye süresini uzatmak ve optimum sonuç elde etmek için yavaş bir sıcaklık artış oranı sağlamak gibi pişirme değişkenleri, önemli sıcaklık artışları olmadan önce oksidasyonun gerçekleşmesi yönünde ayarlanmalıdır (Sanyer, 1964). Yapılan çalışmalar, polisülfür seviyesini %0.8'den %1.0'a çıkarmakla, %1.2'den %1.4'e varan bir verim artışı elde edildiğini göstermiştir (Ateş ve Kırıcı, 2001).

Yüksek sülfidite pişirmesi de verimi artırmanın bir başka yoludur. İskandinavya'da, kağıt fabrikalarının kimyasal atıklarına yönelik büyük çevresel baskılar uygulanmaktadır. Bu ise, artan sülfidite oranına bağlı olarak, daha düşük kappa numaralarında pişirmelerin yapılması sonucunu doğurmuştur. Burada, verim ve viskozite aşırı derecede düşmektedir. Hatta belirli kappa numarası değerleri için daha yüksek sülfidite oranı, biraz daha yüksek verim oranı dahi vermektedir.

Sülfidite %20'den %50'ye artırıldığında hamurda ağartmadan sonraki verim artışı %0.6 ve sülfidite %25'ten %40'a çıkarıldığında ise bu artışın %0.4 olduğu belirtilmektedir. Aynı zamanda ağartma kimyasallarının tüketimi de azalmaktadır. İskandinav şartlarında optimum sülfidite %40 olarak tahmin edilmektedir (Virkola, 1984, Ateş ve Kırıcı, 2001).

Yüksek sülfidite metoduyla pişirmeler, verimde sınırlı oranda bir artışa sebep oldukları için bu alan dışındaki kullanımlara uygulanmalarının daha iyi sonuçlar doğurabileceği belirtilmiştir (Virkola, 1984, Ateş ve Kırıcı, 2001).

Yüksek verimli iğne yapraklı ağaç odunu oksijen delignifikasyonu yöntemiyle pişirilmeleri, devamlı kraft pişirmelerinden daha iyi sonuçlar vermiştir. Laboratuvar deneylerinde 50'den daha az bir kappa numarası hedeflendiği zaman, kappa numarasında bir ünite azalma sağlayabilmek için gerekli doğal alkalinin ilave tüketimi, önemli derecede azalmaya başlamıştır. Sonuçta oksitlenmiş beyaz çözelti kullanılarak oksijen delignifikasyonu ile yüksek verimli kraft pişirmesi yapmak, ilginç bir kombinasyon olarak görülmüştür.

Aynı kappa numarasındaki kraft pişirmesi hamurları ile karşılaştırıldığında, kombine kraft pişirmesinde kappa numarası, 70 için ve oksijen delignifikasyonu kappa numarası için %1.8'lik bir verim artışı olduğu görülmüştür. Eğer oksijen safhasında sadece NaOH kısmı aktif olan kısmı oksitlenmiş beyaz çözelti kullanılırsa, gerekli beyaz çözelti miktarı yaklaşık olarak her iki durumda da aynı olduğu bulunmuştur. Norveç'te bu prensiplerle çalışma Mass fabrikasında, orta derecede oksijen varlığında, kappa numarası 50-60'tan 25-30'a düşmektedir. Amerika'daki bir fabrika da aynı yöntem kullanılmaktadır (Virkola, 1984, Ateş ve Kırıcı, 2001).

Finlandiya'da ilginç bir alkalin pişirme işlemi geliştirilmiştir. Bu işlemin amacı kraft işleminin basit kimyasal bir geri kazanma döngüsünü yapmaktır. İşlemden kostikleştirme ünitesine gerek kalmadan delignifikasyon oranı sodyum sülfür ilavesiyle artırılmış, aynı



zamanda pişirme verimi de polisülfür ilavesiyle artırılmıştır (Virkola, 1984, Ateş ve Kırıcı, 2001).

Kağıt hamuru verimi artırma yolunda en iyi ilave maddeyi bulabilmek için Bach ve Fiehn (Bach ve Fiehn, 1972), sıcak alkali içerisinde bir selüloz model bileşiğini (hidroselüloz) stabilize etmişlerdir, yani soyulma reaksiyonunu yavaşlatmışlardır. Bu çalışma farklı ülkelerde birçok benzer çalışmaların yapılmasına sebep olmuş ve alkalen pişirmede modifiye edilmemiş antrakinon (AQ) kullanmasıyla Holton'a patent kazandırmıştır (Holton, 1977).

Holton (1977), yalnızca AQ'nun verimi artırdığını değil, ayrıca eşit pişirme şartlarında daha düşük lignin seviyesi için delignifikasyonu da artırdığını bulmuştur. Böylece, AQ hem verimi hem de delignifikasyonu artıran bir madde olarak ortaya çıkmıştır (Ateş ve Kırıcı, 2001).

Kraft ve polisülfür pişirmelerinde AQ ilavesiyle birlikte verimde meydana gelen artış gözlenmektedir. Bazı ağartma deneyleri ve laboratuvar çalışmaları kraft yönteminde polisülfür ve AQ ilavesiyle verimin arttığını açıkça göstermiştir.

Hem polisülfür hem de AQ'la elde edilen verim artışı, ağartma aşamasında ortaya çıkar. Bu da kraft pişirmesiyle ilgili tartışmalarda büyük ilgi görmüştür (Virkola, 1984, Ateş ve Kırıcı, 2001).

Finlandiya'da otokostikleştirilebilir bor esaslı kağıt hamuru elde edilmesi ile ilgili bir laboratuvar çalışması yapılmıştır. Hem pişirme sırasındaki alkalite hem de yenilenme sırasında arzu edilen reaksiyonları başarılı bir şekilde yerine getirebilecek bir kimyasal olarak, disodyum borat ( $\text{Na}_2\text{HBO}_3$ ) kullanılmıştır.

Genellikle soda, kraft, soda-oksijen, soda-AQ gibi alkalen pişirmelerde disodyum borat, sodyum hidroksit ile yer değiştirir özellikle boratın, sülfite, oksijen veya kinon ile değil de sadece hidroksit ile yer değiştirdiğini belirtmek gerekir (Virkola, 1984, Ateş ve Kırıcı, 2001).

Medeniyetlerin ortaya çıkışından (M.Ö. 8.yy) bu yana kullanıldığı bilinen bor bileşiklerinin önemi her geçen gün daha da artmaktadır. Türkiye'nin bor madenlerinden başka dünya çapında söz sahibi olduğu ikinci bir madeni yoktur. Dünyanın toplam bor rezervinin % 64'ü Türkiye'de bulunmaktadır (Karakoç, 2004).

Yüzlerce bilim adamının "21. yüzyılın petrolü" diye tanımladığı ve uzay teknolojisinden, bilişim sektörüne, nükleer teknolojiden savaş sanayiine kadar pek çok alanın vazgeçilmez hammaddesi durumuna gelen bor madeni ülkemizin ve çocuklarımızın geleceği konumundadır. Bu zenginliğin ekonomik ve stratejik öneminin farkına varmamız, bu günümüzü ve yarınımızı daha iyi değerlendirmemizi sağlayacaktır.

Deterjan sanayiinden uzay teknolojisine kadar, yüzlerce değişik alanda kullanılan bor minerali, petrol ve doğal gaz kadar büyük bir stratejik öneme sahiptir (Kılıç, 2004).

Türkiye en büyük rezerv sahibi olarak bor dünya piyasasını ve fiyatlarını belirleyebilecek konumda olma imkanına sahiptir. Ancak, dünyadaki örnekler maden zengini gelişmekte olan ülkelerin bu madenlerden yeterince yararlanmadığını, ham madene sahip olan ülkelere ziyade, bu madenle ilgili teknolojiye sahip olan gelişmiş ülkelerin piyasaları kontrol ettiğini göstermektedir (Kılıç, 2004).

Burada birey olarak bize düşen görev, bor, bor bileşikleri vb. değerli madenlerimizin kendi çalışmalarımızda kullanılabilirliğinin tespitini yaparak, ülke ekonomisine gelecekte bir katkı sağlamaktır.

### 1.5.2. Pişirmede Verim Kaybına Neden Olan Reaksiyonlar

Alkalilerin etkisiyle özellikle yüksek sıcaklıklarda bazı reaksiyonlar meydana gelmektedir. Bunlardan soyulma reaksiyonu önemli bir yer tutmaktadır. Alkalen 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 da belirli bir düzeye ulaşmaktadır. Sülfat pişirme sıcaklığında oldukça hızlıdır. (Hafizoğlu, 1982)

Sülfat pişirmesinin temel amacı ligninin odun 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 girer (Kırcı, 2000).

Selülozun soyulma reaksiyonundan bahsetmeden önce birkaç önemli noktaya değinilmelidir. Selülozun kimyasal özellikleri hemen hemen sadece fonksiyonel gruplarla belirlenmektedir. Bu gruplar genellikle selülozun tüm kimyasal reaksiyonlarına katılmaktadır. Selülozdaki, fonksiyonel gruplar her glukoz anhidrit ünitesindeki üç alkolik hidroksil grubuyla üniteler arasındaki oksijen köprüleridir. Hidroksil gruplarından biri primer (C<sub>6</sub>-OH), ikisi sekonder (C<sub>2</sub>-OH ve C<sub>3</sub>-OH) dir (Hafizoğlu, 1982).

Selüloz asitlerin etkisiyle hidrolize uğrayarak reaksiyon ürünü olarak glukozu oluşturur. Hidrojen iyonlarının katalize ettiği bu reaksiyonla glikozidik oksijen köprülerinde kopmalar meydana gelir ve her kopma noktasında selüloza bir molekül su eklenir (Hafizoğlu, 1982).

Odunun yapısında ortalama lignin oranını %25–30 olarak kabul edersek ve kraft yönteminde hamur verimini %45–55 olarak düşünürsek aradaki verim kaybının nasıl olduğu sorusu akla gelmektedir. Bu soruya soyulma (peeling) ve alkali hidroliz reaksiyonlarıyla cevap bulabiliriz.

Hemiselülozların büyük bir kısmı delignifikasyon reaksiyonları başlamadan önce odun yongasından uzaklaşır. Galaktoglukomannan pişirmede en erken çözülmeye başlayan hemiselülozlardandır. Sıcaklık 130 °C'a ulaştığında galaktoglukomannan'ın önemli bir kısmı çözeltilmeye geçerken çok az bir kısmı kararlı hale gelerek hamur içersinde kalır (Kırcı, 2000).

Ksılan türü hemiselülozların 140 °C’ın altında çözünmesi yavaştır. Sıcaklık ve alkali konsantrasyonu artırıldıkça ksılanların çözünmesi hızlanır. Çünkü ksılanlar parçalanmamış polimer zinciri olarak ayrılmaya eğimlidir.

Piştirme sıcaklığının artışı ve alkali konsantrasyonunun düşmeye başlamasıyla ksılan ayrılması yavaşlar. Pişirmenin ileri evrelerinde (pH’nın 12.5’in altına düşmesi) çözelti fazına geçen ksılanların tekrar lif üzerine çökmesi (reabsorpsiyon reaksiyonu) meydana gelir. Çökelen ksılanların % 20’sinin alkalide tekrar çözünmediği tespit edilmiştir (Fengel et al, 1989, Kırıcı, 2000’den).

Kraft pişirmesi esnasındaki verim kaybının esas nedeni karbonhidratların (hemiselüloz ve selüloz) degradasyona uğramasıdır. Kraft pişirmesi esnasında karbonhidratlara zarar veren iki mekanizma vardır. Bunlardan bir tanesi soyulma (peeling), diğeri ise alkalen hidrolizdir. Soyulma reaksiyonu 100 °C de başlarken, alkalen hidroliz ise 140 derecede başlar (Cerig, 2003).

Piştirme sıcaklığı 100 °C’a ulaştığında ortamda soyulma reaksiyonları hakim olmaya başlar. Polisakkarit zincirinin indirgen ucundan başlayan soyulma reaksiyonu ile monomerler ana zincirden birer birer ayrılır. Birincil soyulma denen 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 (stopping) reaksiyonu) devam eder ve sonuçta zincir kararlı hale gelir (Kırıcı, 2000).

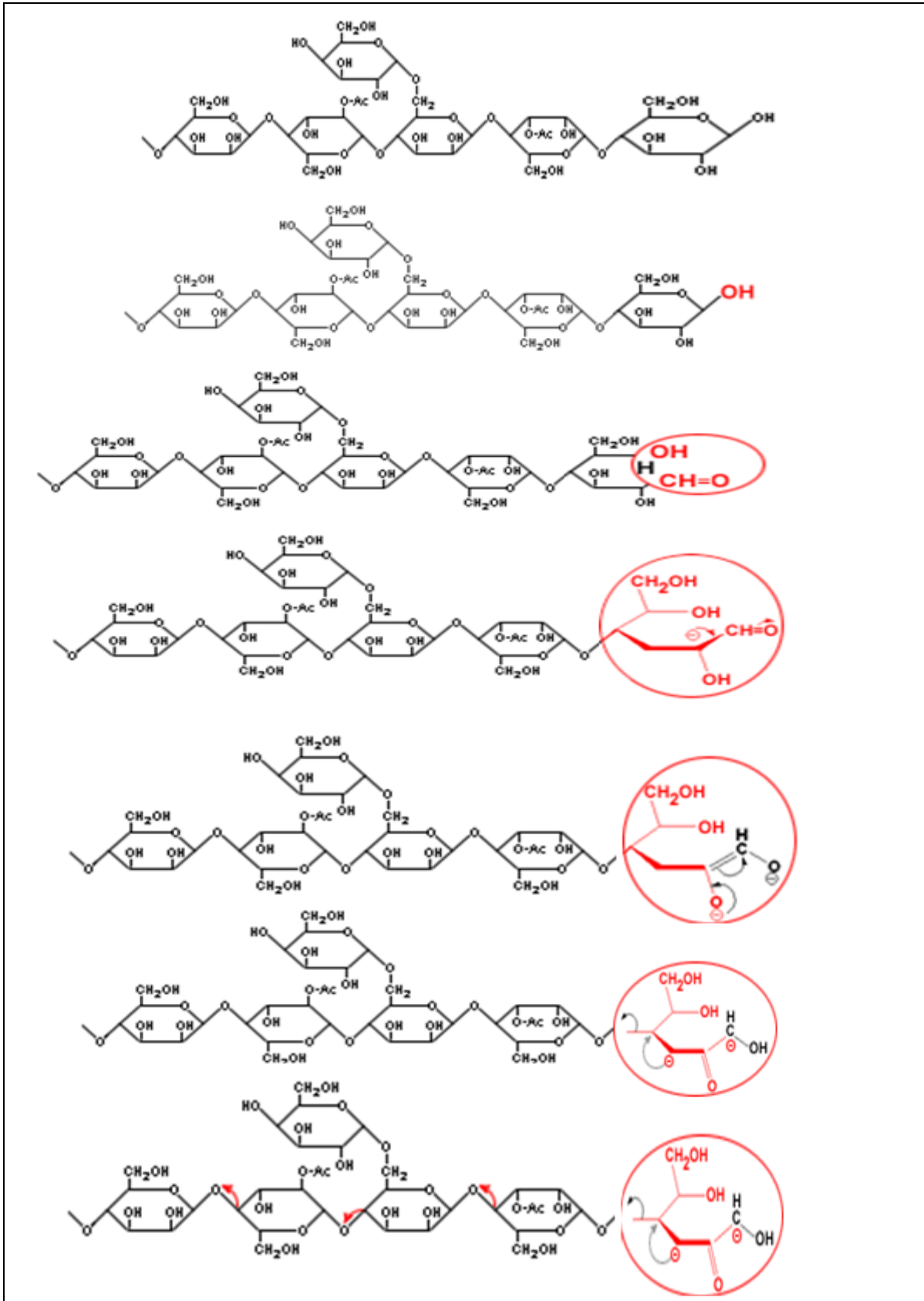
Alkalen koşullarda polisakkaritlerin en belirgin reaksiyonu indirgen uç gruptan başlayan soyulma reaksiyonudur. Bu reaksiyon daha düşük sıcaklıklarda da meydana gelmektedir, fakat reaksiyon hızları ancak 80–100 °C de belirli bir düzeye ulaşmaktadır (Hafizoğlu, 1982).

Selülozun soyulma reaksiyonunda uçtaki glukoz birimi alkalen koşullarda fruktoz, tipine izomerize olur. Bu da  $\beta$ -alkoksi eliminasyonu ile koparak ayrılır. Aynı zamanda indirgen bir yeni uç grupta deoksi bir bileşik meydana gelir.

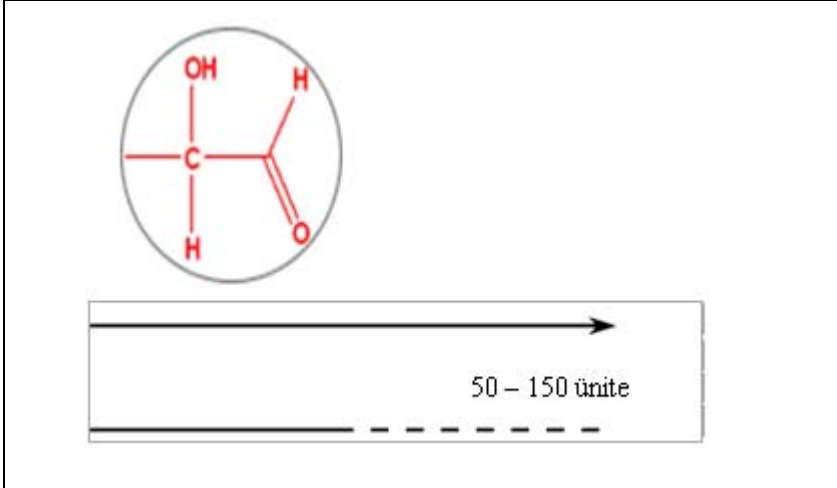
Alkalen koşullarda bu deoksi bileşik izomerizasyon yoluyla izosakkarinik aside dönüşür, fakat önemlice bir kısmı da fragmentasyonla özellikle yüksek sıcaklıkta gliseraldehid verecektir. Gliseraldehit de çeşitli reaksiyon evreleri sonucu süt asidine dönüşmektedir (Hafizoğlu, 1982).

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).

Soyulma reaksiyonunu şemalarla anlatacak olursak;



Şekil 1.5. Selüloz Molekülü (Cerig, 2003)



Şekil 1.6. Selüloz Molekülünün Bitişi (Cerig, 2003)

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 (Cerig, 2003).

Soyulma reaksiyonunu sona erdiren durdurma reaksiyonu soyulma reaksiyonu ile yarış halindedir. Durdurma reaksiyonundaki  $\beta$ -alkoksi eliminasyonu yerine B-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 (Hafizoğlu, 1982).

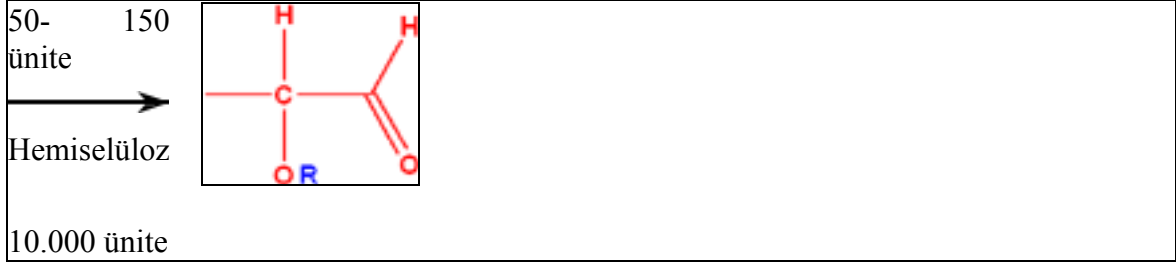
Süstitüentlerin ve farklı bağların soyulma reaksiyonu üzerindeki etkisi oldukça fazladır. Örneğin 2–3 bağlı polisakkaritlerin B-eliminasyonu doğrudan doğruya olur ve metasakkarinik asit uç grubunun oluşumu olanaksızdır. (metasakkarinik asit kopup ayrılan birimlerden oluşur.) Benzer olarak iğne yapraklı odunlardaki arabinoglukuronoksilanın stabilizasyonu bununla olur.

Arabinoz birimi ksilan zincirine 1–3 biçiminde bağlanmış olup B-eliminasyonu 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 C 2 'ye bağlanmış olan süstitüent de zincirin soyulmasını 100 °C'nin altında frenlemektedir. Fakat ksilanın üronik asit birimleri pişirme sırasında parçalanmaktadır. C6'daki süstitüent (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 gulukomannana göre daha stabildir. Özellikle yapraklı ağaç ksilanının yüksek verimi onun tekrar lifler üzerinde yeniden adsorpsiyonundan kaynaklanır (Hafizoğlu, 1982).



Şekil 1.7. Soyulma Hızlarında Hemiselülozların Molekül Yapısı (Cerig, 2003)

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 (Cerig, 2003).

Hemiselülozların yapısında ki gulukomannazlar 100 °C 'a gelmeden hemen hemen tümüyle degrade olurlar. Bunun aksine, ksilanlar gulukomannazlardan daha dirençlidirler, çünkü daha farklı ve karmaşık bir yapıları vardır (Cerig, 2003).

Selüloz alkali atağına karşı en dayanıklı polimer olmasına karşın kraft pişirmesi sırasında odundaki selülozun yaklaşık olarak %5'i çözünüp pişirme çözeltilisine geçmektedir. Selülozun parçalanma reaksiyonları 120–130 °C sıcaklıkta başlar ve sıcaklığın yükselmesiyle artar. Maksimum pişirme sıcaklığına (170 °C) çıktığında selülozdeki bozulma tedrici olarak yavaşlar. Kalıntı delignifikasyon bazında selülozun bozunma reaksiyonu oldukça yüksek bir seviyeye ulaşır. Öyle ki bu evrede selüloz, yüzeyine tutunan ligninle birlikte çözünür (Fengel et al, 1989, Kırıcı, 2000'den).

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 et al, 1989, Kırıcı, 2000'den).

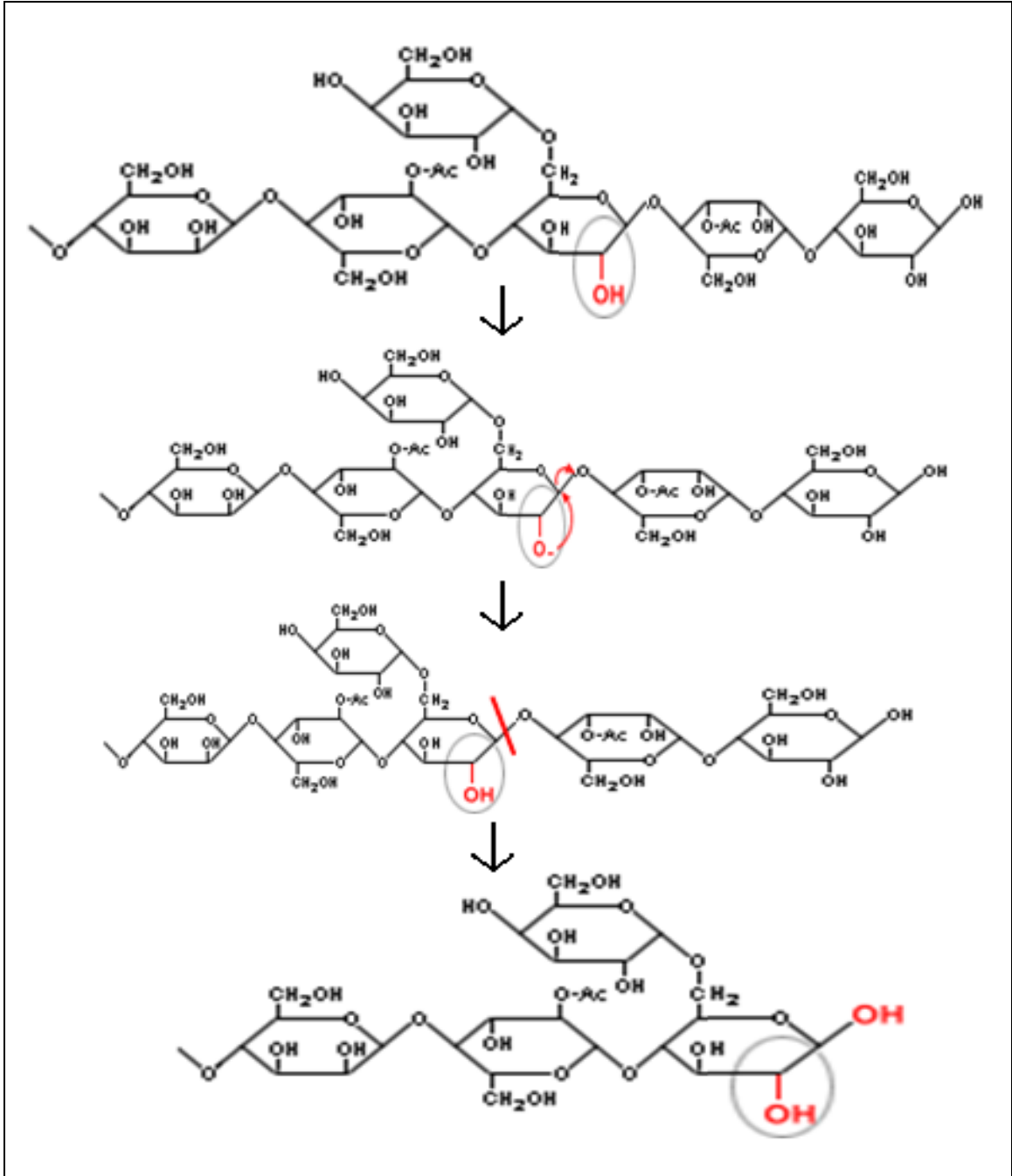
Buradan anlaşılabilceği gibi selüloza zarar veren asıl reaksiyon alkalin reaksiyondur. Kraft pişirmesi esnasında karbonhidratlara zarar veren mekanizmalardan ikincisi alkalin hidrolizdir.

Pişirme sıcaklığının 150 °C'ın üzerine çıkmasıyla alkalin hidroliz reaksiyonları da başlar. Alkalin hidroliz polisakkarit zincirini koparıp DP'de azalma meydana getirmenin yanında, molekül zincirinde soyulma reaksiyonuna karşı hassas yeni indirgen uç gruplarının oluşmasına sebep olur. Dolayısıyla alkalin hidroliz reaksiyonlarını çoğu kere ikincil soyulma reaksiyonları takip eder (Kırıcı, 2000).

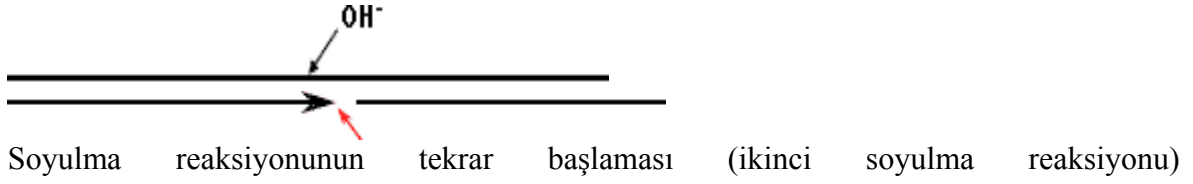
Asidik hidrolize göre polisakkaritlerin alkalin hidrolizi çok yavaş olmaktadır. Selülozun alkalin hidrolizinde önemli ölçüdeki zararlı etkiler ancak sülfat pişirme koşullarında 150 °C'dan daha yüksek sıcaklıklarda görülür. Böyle bir hidroliz hızı örneğin soyulma reaksiyonuna kıyaslandığında çok küçük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

## 1.5.2.1. Alkalen Hidroliz

Yüksek karbonhidrat kaybı yalnızca soyulma (peeling) reaksiyonu (ilk soyulma) ile izah edilemez. Alkalen içerikli alkalen hidroliz mekanizmasının yüksek sıcaklıktaki (130 °C ve üstü) etkisi şekil 1.5a'da gösterilmiştir.



Şekil 1.8. Alkalen Hidrolizi



Asıl yüksek alkalili soyulma mekanizması budur.

## 1.6. Bor Elementi

Bor, ametal (metal olmayan) sınıfında B harfi ile gösterilen bir kimyasal elementtir. Aslında metal ile ametal arasındaki bir sınırdadır.

Bor ilk defa 1808 yılında Gay-Lussac, Louis Jacques Thenard ve Sir Davy tarafından bor oksidin potasyum ile ısıtılmasıyla elde edilmiştir. Daha saf bor, ancak bromit veya klorit formlarının tantalum flamenti vasıtasıyla hidrojen ile reaksiyona sokulmasıyla elde edilmektedir. Bor ismi borun tuzu olan borakstan türetilmiştir (Anonim, 2007a).

Periyodik cetvelin 3A grubunun ilk ve en hafif üyesidir. Atom numarası 5'tir. Temel hal elektron konfigürasyonu  $1s^2 2s^2 2p^1$ 'dir. İlk üç iyonlaşma enerjisi 800.6, 2427.1 ve 3659.7  $\text{kJmol}^{-1}$ 'dir ve grup IIIA'nın diğer elementlerinin iyonlaşma enerjilerinden büyüktürler (Greenwood, 1973).

### 1.6.1. Bor Elementinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Borun erime noktası belirsizdir, fakat en iyi tahmini erime noktası  $2200^\circ\text{C}$ 'dir.

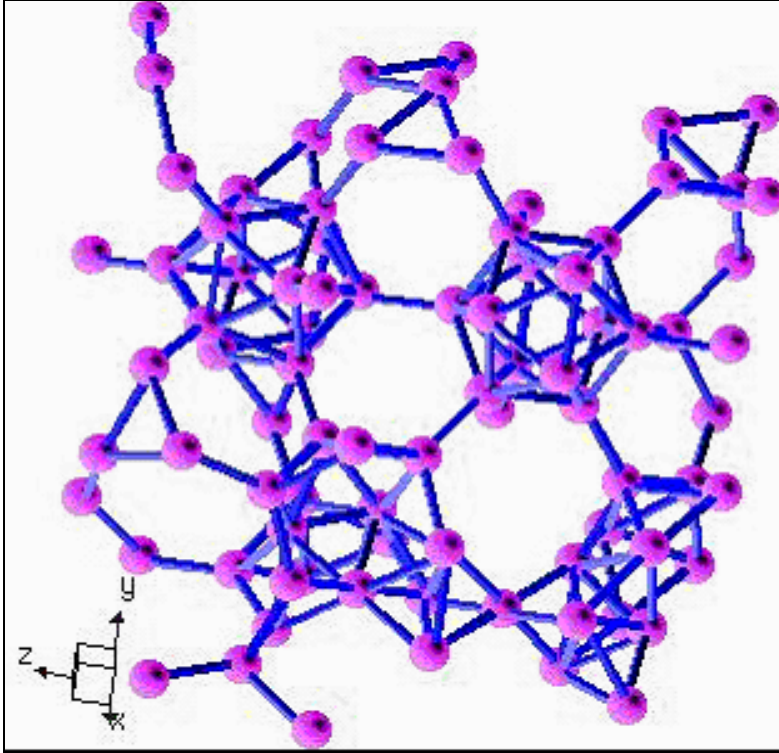
Atom ağırlığı:  $10.811 \pm 0.005$  g/mol  
 Kaynama noktası:  $2500^\circ\text{C}$   
 Yoğunluğu:  $2.34$  g/cm<sup>3</sup>  
 Oksidasyon sayısı: 3  
 Elektronegatifliği: 2,0  
 İyonlaşma enerjisi 191 k cal / g atom  
 Sertliği: 9.3 Mohs  
 Atom yarıçapı: 0.98  
 Fusyon Isısı: 5.3 k cal / g atom  
 Buharlaşma Isısı: 128 k cal / g atom  
 Kristal Yapısı: Hexagonal

Tabii olarak iki tane izotopu vardır, bunlar;  $^{10}\text{B}$  (%18.8) ve  $^{11}\text{B}$  (%81.2) izotoplarıdır. Her ikisinin çekirdeği spine sahip oldukları için nükleer magnetik rezonans araştırmalarında kullanılır. Borun radyoaktif izotopları  $^8\text{B}$  ve  $^{12}\text{B}$ 'dirler.

Kristal bor, önemli ölçüde hafiftir, serttir, çizilmeye karşı mukavemetlidir ve ısıya karşı kararlıdır. Bor kırmızı ötesi ışığın bazı dalga boylarına karşı saydamdır ve oda sıcaklığında zayıf elektrik iletkenliğine sahiptir. Yüksek sıcaklıkta iyi bir iletkenidir. Kristal bor kimyasal olarak inerttir. Bor hidroklorik ve hidroflorik asitlerle kaynatıldığında



bozulmaz. Sadece çok ince öğütülmüş bor, konsantre nitrat asidi ile yavaş oksitlenir. Şekil 1.6.'da borun kristal yapısı verilmiştir.



Şekil 1.9. Bor'un Kristal Yapısı

Kristal bor, önemli ölçüde hafiftir, serttir, çizilmeye karşı mukavemetlidir ve ısıya karşı kararlıdır. Bor kırmızı ötesi ışığın bazı dalga boylarına karşı saydamdır ve oda sıcaklığında zayıf elektrik iletkenliğine sahiptir. Yüksek sıcaklıkta iyi bir iletkenidir. Kristal bor kimyasal olarak inerttir. Bor hidroklorik ve hidroflorik asitlerle kaynatıldığında bozulmaz. Sadece çok ince öğütülmüş bor, konsantre nitrat asidi ile yavaş oksitlenir. Şekil 1.6.'da borun kristal yapısı verilmiştir.

Bor' u saf olarak elde etmek zordur. %95-98 safsızlıkta bor, borik asidin magnezyum ile indirgenmesinden amorf halde elde edilir ve safsızlığı baz ve asit ile yıkanarak filtre edilir. Elde edilen bor, oksit ve bor bulunduran bileşikler ihtiva eder ve küçük kristaller halinde koyu kahve renklidir. Bor, tungsten yüzeyinde bor oksidin hidrolizi ile elde edilir. Bor' un 5 allotropu bilinir (Anonim, 2007a).

Bor, biri amorf ve altısı kristalin polimorf olmak üzere, çeşitli allotropik formlarda bulunur. Alfa ve beta rombohedral formlar en çok çalışılmış olan kristalin polimorflarıdır. Alfa rombohedral yapısı 1200 °C' nin üzerinde bozulur ve 1500 °C' de beta rombohedral form oluşur. Amorf form yaklaşık 1000 °C' nin üzerinde beta rombohedrale dönüşür ve her türlü saf bor ergime noktasının üzerinde ısıtılıp tekrar kristalleştirildiğinde beta rombohedral forma dönüşür.

Borun a-rombohedral yapısı en basit allotropik yapısıdır ve az bozulmuş kübik sıkı istiflenmede hemen hemen düzenli ikosahedral B<sub>12</sub> içerir. Rombohedral birim hücre a<sub>0</sub>= 5.057 Å, α=58.06° sahiptir ve 12 adet B atomu içerir.

Termodinamik olarak borun en kararlı polimorfu b-rombohedral modifikasyonu olup birim hücredeki 105 tane B atomuyla en karmaşık yapıdır ( $a_0=10.145 \text{ \AA}$ ,  $\alpha=65.28^\circ$ ). Temel hücre merkezdeki ikozahedron  $B_{12}$ ' nin ikozahedronlarla kuşatılarak oluşturulduğu düşünülebilir.

İlk olarak hazırlanmış kristal polimorf B, a-tetragonal bor olarak adlandırıldı ve birim hücrede ( $4B_{12}+2B$ ) 50 bor atomuna sahip olduğu bulundu. Bununla beraber, yapılan son çalışmalar, bu fazın azot ve karbon yokluğunda oluşamayacağını ve hazırlama koşullarına bağlı olarak,  $B_{50}C_2$  veya  $B_{50}N_2$  formüllerine sahip oldukları görülmüştür.

Diğer polimorf borun kristal bileşiklerin yapısının özellikle b-tetragonal faz birim hücrede, 152 bor atomunun bulunması, yapıyı daha karmaşık hale getirmiştir.

Bor elementinin kimyasal özellikleri morfolojisine ve tane büyüklüğüne bağlıdır. Mikron ebadındaki amorf bor kolaylıkla ve bazen şiddetli olarak reaksiyona girerken kristalin bor kolay reaksiyona girmez. Bor yüksek sıcaklıkta su ile reaksiyona girerek borik asit ve diğer ürünleri oluşturur. Mineral asitleri ile reaksiyonu, konsantrasyona ve sıcaklığa bağlı olarak yavaş veya patlama şeklinde olabilir ve ana ürün olarak borik asit oluşur.

Bor telleri, plastik ve metallerle kullanılır. Bunların mukavemetini artırır.  $^{10}B$  ısıya ait veya yavaş elektronları çok iyi absorblar ve nükleer kontrol çubuğu ve kılıf olarak kullanılır. Nötron detektörü olarak kullanıldığı gibi roket yapımında da istifade edilir. Bor ve bor bileşikleri, termoelektrik tipindeki elektrik üreticileri ve yüksek sıcaklıkta emniyetle çalışan yarı iletkenler için infrared (kırmızı ötesi) ışıklara saydam olan pencereleri yapmak için malzeme olarak kullanılır.

Bor yanıcıdır, fakat tutuşma sıcaklığı yüksektir. Buna ilaveten yanma sonucunda kolaylıkla aktarılabilecek katı ürün vermesi ve çevreyi kirletecek emisyon açığa çıkarmaması gibi bir özelliğe sahip olduğundan dolayı katı yakıt hücresi olarak kullanılmaktadır. Kimyasal olarak ametal olan kristal bor, normal sıcaklıklarda su, hava ve hidroklorik/hidroflorik asitler ile soy davranışlar göstermekte, sadece yüksek konsantrasyonlu nitrik asit ile sıcak ortamda borik asite dönüşebilmektedir.

### 1.6.2. Borlu Bileşiklerin Kağıt Hamuru Pişirmede Kullanılması

Günümüzde hidrojen taşıma ortamı olarak büyük bir önem kazanmış olan sodyumborhidrürün mevcut kullanım alanları

- Özellikli arıtım kimyasalları,
- Selüloz ağartma,
- Metal yüzeylerin temizlenmesi,
- Fotoğrafçılık ve metal yüzey işlemlerinde değerli metal kazanma,
- Atık sulardan ağır metalleri giderme olarak sıralanabilir.

Sodyumborhidrürün en önemli tüketicisi Avrupa'daki kağıt endüstrisidir. Sodyumborhidrür tüketiminde yıllık %4 artış beklenen bir üründür (Örs ve ark. 2002).

Kağıt hamuru üretimi ile ilgili araştırmalarda bu zamana kadar kullanılan indirgen kimyasallardan birinin de sodyumborhidrür ve sodyum perborat olduğunu belirtmektedir. Bunların sudaki çözeltileri biraz alkali olup alkali koşullarda oldukça stabildir (Hafizoğlu, 1982).

Vizkozite ve depolimerizasyon derecesi genellikle alkali çözeltilerde ölçüldüğü ve bu çözeltilerde karbonil içeren molekül zincirleri kolaylıkla depolimerize olduğundan önemlidir. Aynı zamanda borhidrür indirgenmesiyle selülozun uç grupları da indirgenerek alkali çözeltilerde soyulma reaksiyonlarına karşı stabil hale gelir (Lierop, 1996). Bununla birlikte ağartılmış selülozun sararma eğilimi de azalmaktadır. Bunun nedeni sodyumborhidrürün indirgen uç grupları ve diğer aldehit keton gruplarını kolayca indirgeyerek hidroksil grubuna çevirmesidir.

Sodyumborhidrürün selüloz kimyasında kullanılması ile karbonhidratların analizinde indirgenmiş olan şekerlerin tanınması kolaylaşır.

Ligninin renk gruplarına etkisi nedeniyle sodyumborhidrür lignini koruyucu ağartma elemanı olarak kullanılmaktadır (Leary, 1997). Sülfat pişirmesinde katalizör olarak ilave edilen sodyumborhidrür karbonhidratların indirgen uç gruplarını soyulma reaksiyona karşı koruyarak kağıt hamurunun elenmiş verimini ve dolayısıyla kağıdın fiziksel direnç özelliklerini artırdığı tespit edilmiştir.

Alkali pişirme ortamında selülozun karbonil grupları hidroksil gruplarına indirgenebilir. Ayrıca, pişirme esnasında katalizör görevi görerek işlem sıcaklığı ve pişirme süresinin kısa tutulmasını sağlamaktadır (Hafizoğlu, 1982; Tutuş, 2004; İstek ve ark. 2005).

Sodyumborhidrür güçlü bir indirgendir.  $\text{NaBH}_4$  reaksiyonda pişirme sırasında selüloz zincirinin indirgen ucundaki karbonil grubunu hidroksil grubuna indirgeyerek muhtemel soyulma reaksiyonunu durdurur. Böylece, pişirme esnasında verimde meydana gelen azalma önlenmiş olur. Bu reaksiyon sadece selülozda değil hemiselülozda da meydana gelir. Soyulma reaksiyonu pişirme esnasında sıcaklığın 80–100 °C'ye ulaşmasıyla başlar.

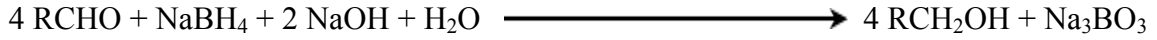
Sıcaklığın 150 °C'yi geçmesiyle bu kez zincir alkali hidrolize maruz kalır (Hafizoğlu, 1982). Soyulma reaksiyonunda monomerler indirgen uçtan birer birer koparken, alkali hidrolizde ise zincirin ortasından soyulma reaksiyonuna göre daha büyük kopmalar meydana gelir.

### 1.6.3. Sodyumborhidrürün ( $\text{NaBH}_4$ )'ün Kraft Pişirmesine Etkisi

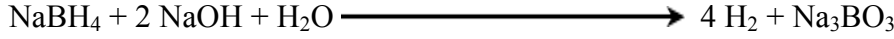
Polisakarit kimyasında kullanılan en önemli indirgen sodyumborhidrür ( $\text{NaBH}_4$ )'dür. Bunun sudaki çözeltisi biraz alkali olup alkali koşullarda oldukça stabildir (Hafizoğlu, 1989).

$\text{NaBH}_4$  alkali ortamda (bu ortamda  $\text{NaBH}_4$  nispeten stabildir) selülozun karbonil gruplarını hidroksil gruplarına indirgeyebilir.  $\text{NaBH}_4$  karboksil gruplarını etkileyemez.  $\text{NaBH}_4$ 'ün bozunmasının oldukça hızlı olduğu hafif alkali koşullarda laktonların da

karbonillere indirgendiği savunulmaktadır. Karbonillerde sonradan hidroksillere indirgenmektedir (Hafizoğlu, 1989).



yan reaksiyon olarak da;



Viskozite ve DP genellikle alkalin çözeltilerde ölçüldüğü ve bu çözeltilerde de karbonil içeren molekül zincirleri kolaylıkla depolimerize olduğu için, selülozun gerçek DP değerini belirlemede borhidrür indirgenmesinin önemi çok büyüktür. Örnek önce sodyumborhidrürle indirgenir ve alkalin degradasyona karşı stabil hale getirilir. Aynı zamanda borhidrür indirgemesiyle selülozun indirgen uç grupları da indirgenerek alkalin çözeltilerde meydana gelen soyulma reaksiyonuna karşı stabil duruma gelmektedir. Ağartılmış selülozun sararma eğilimi de azalmaktadır. Bunun nedeni de karbonil gruplarının hidroksillere indirgenmiş olmasıdır (Hafizoğlu, 1982).

Kraft hamuru üretiminde kullanılan hammaddeden, ligninin uzaklaştırılması için, gerekli alkali konsantrasyonu, normal olarak çözünebilir hemiselülozların çözeltiye geçmesini sağlayacak kadar yüksektir. Yani degrade olan hemiselüloz miktarının azaltılması, verimi artırmanın bir yolu olacaktır.

Odun polisakkaritlerinin alkalin degradasyonundaki ekonomik önemi ve bu konuya olan temel ilgi sebebiyle, bunları alkalin etkilere karşı stabilize etme ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu konuda birçok girişimlerde bulunulmuştur. Bütün başarılı metotlar, soyulma reaksiyonuna katılmaması için azalan son uç grupların modifikasyonuna dayalıdır. Bunlar; organik bir aside oksidasyon, bir aldotil grubuna indirgenme veya bir alkali stabil uç grubuyla süstitüsyon reaksiyonlarını içerir (Kocurek, 1989, Ateş ve Kırıcı, 2001).

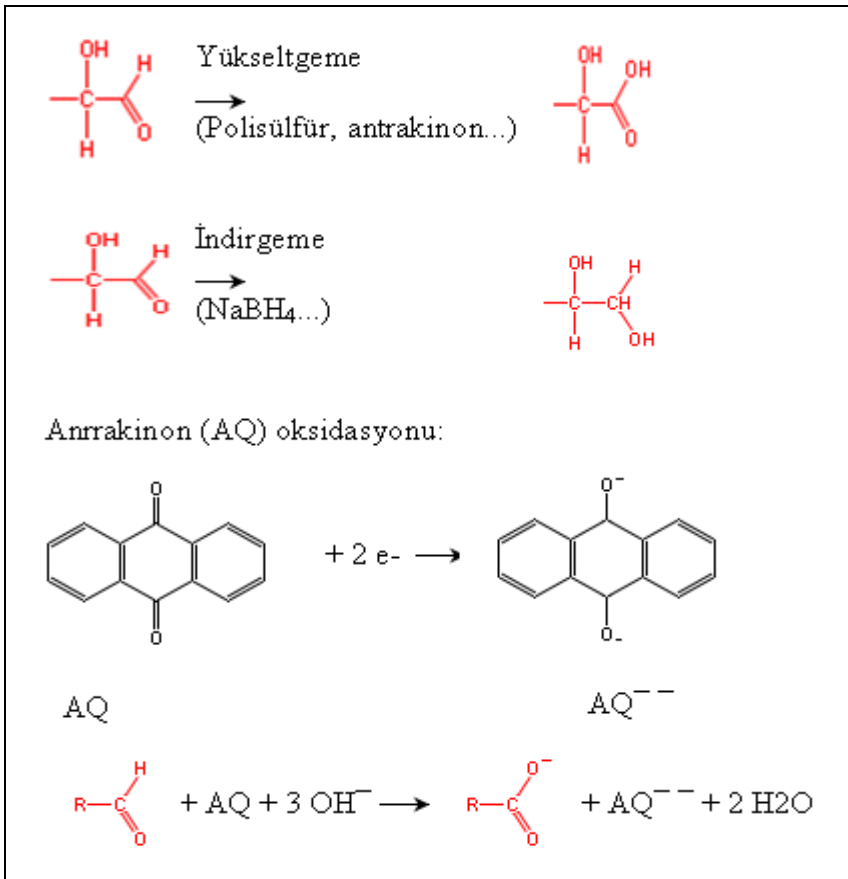
$\text{NaBH}_4$  esaslı indirgenme reaksiyonları, geniş bir şekilde çalışılmıştır (Aurell, 1963, Hartler, 1989). Bu işlemde pişirme çözeltisine doğrudan sodyumborhidrür ilave edilir ve bu şekilde indirgenmenin başlaması, reaksiyon için gerekli ısıyı ortaya çıkarır.

Verim artışı, hamur içeriğindeki hemiselüloz artışına bağlıdır (Kocurek, 1989, Ateş ve Kırıcı, 2001).  $\text{NaBH}_4$  güçlü bir indirgendir.  $\text{NaBH}_4$  aşağıdaki reaksiyonda görüldüğü gibi pişirme sırasında selüloz zincirinin indirgen ucundaki karbonil grubunu hidroksil grubuna indirgeyerek muhtemel soyulma reaksiyonunu durdurur. Böylece, pişirme esnasında verimde meydana gelen azalma önlenmiş olur. Bu reaksiyon sadece selülozda değil hemiselülozda da meydana gelir. Soyulma reaksiyonu pişirme esnasında sıcaklığın 80–100 °C'ye ulaşmasıyla başlar.

Şekil 1.5.'de görüldüğü gibi sıcaklığın 150 °C'yi geçmesiyle bu kez zincir alkali hidrolize maruz kalır (Hafizoğlu, 1982). Soyulma reaksiyonunda monomerler indirgen uçtan birer birer koparken, alkali hidrolizde ise zincirin ortasından soyulma reaksiyonuna göre daha büyük kopmalar meydana gelir (şekil 1.6.).

Böylece, verim artırma çalışmalarında karbonhidratların tutunmasını artırmak diğer bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Verimde %4'ten %6'ya varan bir artış isteniyorsa, hemiselüloz tutunmasının şekil 1.7.'de görüldüğü şekilde artırılması gerekir. Diğer taraftan, hamur üretimi sırasında karbonhidrat kaybının büyük bir kısmını hemiselülozların oluşturduğu açıkça görülmektedir. Bu karbonhidratlar iki yolla kaybedilir. Bunlar; Alkali konsantrasyonuna bağlı olarak karbonhidratların çözünmesi ve Depolimerizasyon derecesindeki azalmadır. Bu iki kaybın önlenmesiyle verimde önemli derecelerde bir artışın gerçekleşeceği belirtilmektedir (Kocurek, 1989, Ateş ve Kırıcı, 2001). Açıktır ki verim kaybı pişirmenin başında ve sonunda yoğun olarak gerçekleşir. Bu yüzden verimi iyileştirmek için pişirmenin başında ve sonunda müdahale edilebilir. Uç grupların degradasyonunu soyulma (peeling) reaksiyonunu engelleyerek sağlayabiliriz (Cerig, 2003).

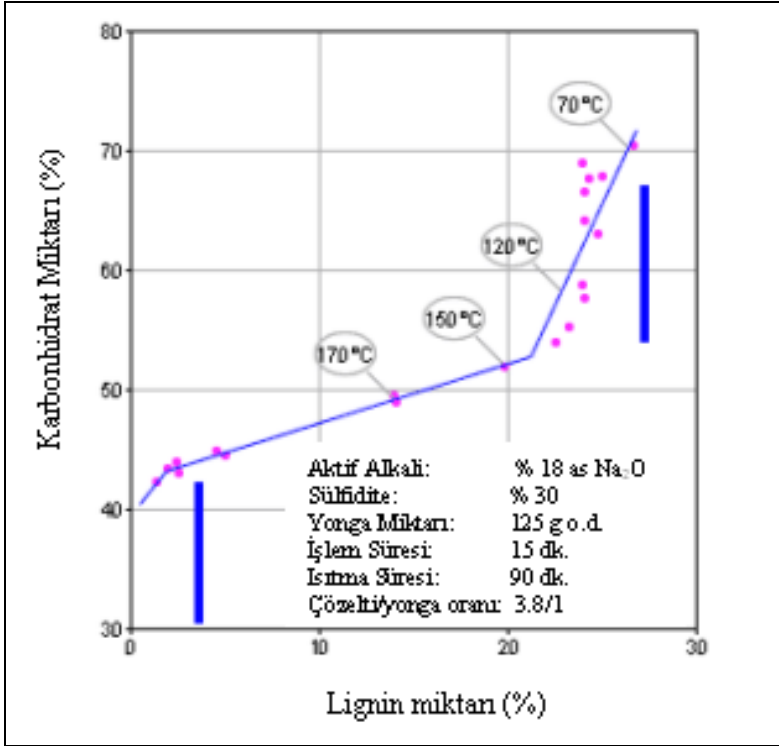
Soyulma reaksiyonunu indirgenme reaksiyonu ile engelleyebileceğimiz gibi yükseltgenme reaksiyonlarını da kullanabiliriz.



Şekil 1.10. Yükseltgenme (Oksidasyon) ve İndirgenme (Redüksiyon) Reaksiyonları ile Uç Grupların Etkileşimi; (Cerig, 2003)

NaBH<sub>4</sub> iyi bir indirgeyicidir ve aldehit ve ketonlarla uyum sağlayarak reaksiyona girebilir. %0.5 NaBH<sub>4</sub> ile odunun verimi %3'e kadar artabilir. Ama NaBH<sub>4</sub>'ü verimi artırmak için kullanmak çok pahalıya gelir (Cerig, 2003).

Şekil 1.11.'da NaBH<sub>4</sub>'ün pişirmedeki bazı önemli verim noktaları verilmiştir.

Şekil 1.11. NaBH<sub>4</sub>'ün Pişirmedeki Bazı Önemli Verim Noktaları

Çizelge 1.7. Kağıt Hamuru Üretim Yöntemleri Arasında Bazı Değerlerin Karşılaştırılması (Molin and Teder, 2002)

| İşlem (Norveç ladini) | PH Prehydrolysed | Geleneksel hamur | PS   | ITC  | RDH  |
|-----------------------|------------------|------------------|------|------|------|
| Kappa No.             | 22               | 28               | 28   | 28   | 28   |
| Viskozite (g/ml)      | 1150             | 1160             | 1205 | 1350 | 1190 |
| Verim (%)             | 44               | 49.1             | 52.5 | 50.3 | 49   |
| Hemiselüloz (%)       | 9.8              | 17.6             | 20.7 | 18   | 17.4 |
| Sel. / Hemiselüloz    | 9                | 4.4              | 3.6  | 4.4  | 4.5  |

Yeni kağıt hamuru üretim yöntemleri verim oranı açısından uygunluk arz etmelidir. Bu durumda çizelge 1.7. dikkate alındığında görünüşe göre en uygun yöntem ITC yöntemidir. Bu sondan ikinci delignifikasyon elbette daha seçici ayırıcıdır (Cerig, 2003).

Kağıt hamurunda verimin artması, kağıdın sağlamlık özelliklerine etki edecektir. Genellikle verim artışı, kağıdın yırtılma kuvveti ve çekme sağlamlığı üzerine olumsuz etki yapar. Bunun iki izahatı vardır:

Kağıt hamurunda verim artışı sağlanırsa, bu durum kağıt hamurunun yapısında hemiselüloz miktarının arttığını gösterir. Dolayısıyla kağıt hamurunda ki selüloz miktarının hemiselüloz miktarına oranı doğal olarak azalmış olur.

Kağıdın birim ağırlığındaki lif sayısındaki azalma selülozun hemiselüloza oranındaki düşüş ve daha kırılğan (gevrek) ve sert lifler (Cerig, 2003).

Verim artışı, hamur içindeki hemiselüloz artışına bağlıdır. Bu durum büyük ihtimalle yırtılma direncinde azalmaya sebep olmaktadır. Çünkü artan hemiselüloz oranı, artan bağlanma verecektir. Yırtılma direncindeki bu düşüş, artan hemiselüloz oranının tipik bir sonucudur (Kocurek, 1989, Ateş ve Kırıcı, 2001'den).

Sodyumborhidrür selüloz kimyasında oldukça değişik amaçlar için kullanılmaktadır. Örneğin: (Hafizoğlu, 1989) karbonhidratların analizinde indirgenmiş olan şekerlerin tanınması kolaylaşmaktadır. Karbonil gruplarının başlattığı zincir kısalmasının önlenmesi amacıyla indirgenme viskozite belirlenmesinde de kullanılabilir. Bu konuda yaygın bir uygulama vardır.

Lignin kromoforlarına etkisi nedeniyle borhidrür lignini koruyucu ağartma elemanı olarak kullanılabilir. Son yıllarda bu nedenle borhidrür endüstriyel ölçüde bir kullanışa ulaşmıştır (Borol ağartması).

Sülfat pişirmesinde katkı maddesi olarak kullanılan borhidrür karbonhidratları indirgen uç gruplarını soyulma reaksiyonuna karşı indirger. Borhidrür pişirmeye olağan biçimde katılabilir; fakat en iyisi bir ön muameledir. Verim artışı için ağaç türüne ve işlem koşullarına göre değişmek üzere bir miktar bor hidrür yüzdesi (çözeltilde) gereklidir.

Diğer taraftan, borhidrür pahalı bir indirgendir. Hidrojen daha ucuz bir indirgen olmasına karşın uygulamada güçlükler yaratmaktadır. Hidrojen endüstriyel ölçüde ksilozun ksilitola indirgenmesinde kullanılır (Hafizoğlu, 1989).

**2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**

Pettersson ve Rydholm (1961), huş yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamuru üretimi esnasında pişirme çözeltilisine %2 NaBH<sub>4</sub> ilave edildiğinde toplam hamur veriminin %52.6'dan %59.2'ye yükseldiğini tespit etmiştir.

Khaustova et al. (1971), Larix gmelinii yongaları ile kraft pişirmesi esnasında NaBH<sub>4</sub> ilavesinin hamur verimini yaklaşık %4 artırdığını belirtmiştir.

Acar ve Gökçe (1971), Tarsus Karabucak Okaliptüsüne ait aşağıdaki bulguları elde etmişler. Elde edilen bulgular: Özgül ağırlık: 0.654 g/cm<sup>3</sup>, basınç direnci (liflere paralel): 541.3 kg/cm<sup>2</sup>, statik eğilme: 1174.5 kg/cm<sup>2</sup>, dinamik eğilme: 3.051 kgm/cm<sup>2</sup> Sertlik (Chalais-Meudon): 5.098 teğet daralma: %12.3 radyal daralma: %7.6 Ayrıca aynı araştırmada, *Eucalyptus camaldulensis* odunundan sülfat usulüne göre kağıt imal ederek, elde edilen kağıdın fiziksel özellikleri tespit etmişlerdir.

Gabir and Khristov (1973), papirus saplalarıyla kraft hamuru elde edilirken pişirme çözeltilisine %1.5 NaBH<sub>4</sub> ilave edildiğinde hamur veriminin yaklaşık % 5 oranında arttığını tespit etmiştir.

Diaconescu and Petrovan (1976), kraft hamuru üretiminde NaBH<sub>4</sub> ilavesinin hamur verimini artırdığını belirtmiştir.

Arslan (1995), *Eucalyptus camaldulensis*' in hava kurusu yoğunluğunu 0.669 g/cm<sup>3</sup>, tam kuru yoğunluk değerini 0.624 g/cm<sup>3</sup> ve hacim yoğunluk değerini 0.505g/cm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.

Gül Baba ve arkadaşları (1998), sahip arazi denemeleri için dördü Doğu Akdeniz, ikisi Batı Akdeniz Bölgesinde olmak üzere toplam 6 deneme alanı kurmuşlardır. Deneme alanlarından 6. yaş sonunda elde edilen verileri değerlendirerek tür ve orijinlerin, boy, çap, yaşama yüzdesi ve hektardaki göğüs yüzeyi yönünden gelişmeleri incelemişlerdir. Başarılı gelişme gösteren tür ve orijinlerin odun örneklerinin analizlerini, Türkiye'de yetiştirilen *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. ve *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden türlerinin kağıt hamuru üretiminde kullanılabileceğini belirlemişlerdir.

Ay ve Peker (1999), Tarsus bölgesinden buharlanmış Okaliptüs odununda liflere paralel basınç direnci 491.85 kg/cm<sup>2</sup>, buharlanmamış liflere paralel basınç direnci 346.5 kg/cm<sup>2</sup>; buharlanmış makaslama direnci 63.50 kg/cm<sup>2</sup>, buharlanmamış makaslama direnci 61.16 kp/cm<sup>2</sup>; buharlanmış dinamik eğilme direnci 0.620 kgm/cm<sup>2</sup>, buharlanmamış dinamik eğilme direnci 0.616 kg/cm<sup>2</sup>, buharlanmış Brinell sertlik değeri 3.83 kgm/mm<sup>2</sup>, buharlanmamış Brinell sertlik değeri 3.24 kgm/mm<sup>2</sup> olarak belirlemiştir. Sonuçlar, buharlanmış ve buharlanmamış olarak kendi arasında, aynı ağaç türü ve benzer ağaç türleri ve diğer çalışma sonuçlarıyla karşılaştırmıştır.

Ay ve Peker (1999), Tarsus Karabucak yöresinden alınan 17 adet okaliptüs odunu üzerinde buharlanmamış okaliptüs odununun hava kurusu özgül ağırlığı 0.504-0.777g/cm<sup>3</sup>, buharlanmış okaliptüs odununda bu değer 0.561-0.965 g/cm<sup>3</sup>; tam kuru özgül ağırlık değeri 0.486-0.701 g/cm<sup>3</sup> tespit edilirken, buharlanmış okaliptüs odununda bu değer 0.487-0.890



g/cm<sup>3</sup>; buharlanmamış okalıptüs odununun hacim-yoğunluk değeri 0.419-0.610 g/cm<sup>3</sup>, buharlanmış okalıptüs odununda 0.437-0.715 g/cm<sup>3</sup> olarak tespit etmiştir. Araştırmada; buharlamanın etkisi istatistiksel anlamda değerlendirmiş, sonuçlar aynı ağaç türü ve benzer ağaç türleriyle karşılaştırmıştır.

Tan ve arkadaşları (2003), odun koruma amaçlı birçok emprenye maddesinin bileşiminde yer alan borik asit, boraks ve sodyum perborat'ın preparatlar halinde emprenyeler sonrasında odundan yıkanma özelliklerinin tespitini; bor'un odundan yıkanarak kısa sürede etkinliğini kaybetmesi gibi dış mekânda kullanımını sınırlayıcı sakıncaların giderilmesinde fiziksel bir engel oluşturmak için (SİM)'in kullanılma imkânlarını araştırmışlardır. Araştırmada, PEG-400'de çözündürülen bor tuzlarının sulu çözeltilerle yapılan emprenyelere oranla daha fazla yıkandığını ve SİM'in PEG'li tuzların yıkanmasını engelleyemezken, sulu çözeltiler halinde yapılan borlu tuz emprenyesi sonrasında ikinci bir işlem olarak uygulanması halinde yıkanmayı önemli ölçüde engellediğini ortaya koymuşlardır. Ancak yıkanma süresi artmasıyla, SİM'in yıkanmayı engelleme etkisinin azaldığı sonucuna varmışlardır.

Tutuş (2005), buğday saplarından kraft yöntemi ile kağıt hamuru üretimi sırasında pişirme çözeltilisine %1.5 oranında NaBH<sub>4</sub> ilave edildiğinde hamur veriminin %2.95 oranında %1 NaBH<sub>4</sub> ilavesi ile %3.83 oranında arttığını tespit etmiştir.

Tutuş (2006), pamuk saplarından kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle kağıt hamuru üretiminde sodyumborhidrürün hamur verimi üzerine etkisini araştırmıştır. Optimum hamur üretim koşullarını belirlemek için 11 adet pişirme denemesi yapmıştır. En yüksek elenmiş hamur verimi ekonomikte göz önüne alındığında; sülfidite %20, aktif alkali oranı %30, sıcaklık 140 °C, pişirme süresi 100 dakika, NaBH<sub>4</sub> oranı %1 ve çözelti/sap oranı 4/1 olarak alınmış 10 nolu pişirme deneyinde elde etmiştir. Sonuç olarak sodyumborhidrürün elenmiş hamur verimini ortalama %1–7 oranında artırdığını tespit etmiştir.

Gönteki (2006), elde edilen hamurların 50±SR<sup>0</sup> lik kağıtlarının patlama yırtılma kopma, uzama ve opaklık değerlerinin azalırken, parlaklık değerlerinde istatistiği olarak %95 güven aralığında anlamlı artışlar olduğunu belirtmiştir. Pinus yongalarının NaBH<sub>4</sub> ilaveli, kraft hamuru üretiminde pişirme çözeltilisine ilave edilen NaBH<sub>4</sub> oranı arttıkça hamurların elenmiş verimlerinin arttığını, kappa numaralarının azaldığı tespit etmiştir. Ayrıca bu hamurlardan yapılan kağıtların fiziksel ve optik özellikleri ilave edilen NaBH<sub>4</sub> oranının arttıkça istatistiksel anlamda farklılıklar olduğunu söylemektedir.

### **3. MATERYAL VE METOT**

#### **3.1. Materyal**

##### **3.1.1. Deneme Alanlarının Tanıtımı**

Deneme ağaçları Tarsus–Karabucak Orman işletme şefliğinde seçilen deneme alanlarından temin edilmiştir. Bu alanlar aşağıda kısaca tanıtılmıştır.

##### **3.1.2. Tarsus - Karabucak Orman İşletme Şefliği**

İşletme şefliği 19249.0 ha açık saha, 2453.0 ha ormanlık saha olmak üzere toplam 21702.5 ha alana sahiptir. Plana göre 2453.5 ha ormanlık sahanın 271.0 ha üretken koru, 1116.5 ha üretken baltalık, 1066.0 ha ise bozuk baltalık şeklinde işletilmektedir. İşletme şefliği, Güresin ve Emeksiz olmak üzere iki seriden meydana gelmiştir. Güresin serisinde, 1979 yılından itibaren koru niteliğindeki orman kesilerek baltalık olarak işletilmiş olmasına rağmen çeşitli nedenlerden dolayı artım düşüklüğü olmuş ve istenen verim elde edilememiştir.

1992 yılında hazırlanan 1992–2001 yıllarını kapsayan 10 yıl süreli Karabucak Orman İşletme Şefliği amenajman planı kesim düzeninde 729.5 ha sahanın bir kısmında tıraşlama ve köklemeler yapılmıştır. Kökleme işleminden sonra okaliptüs türlerini dikmişlerdir. 1992–2001 yıllarını kapsayan 10 yıl süreli Karabucak Orman İşletme Şefliği amenajman planında *Eucalyptus camaldulensis* türünde 6–10 yıl gibi kısa sürede ortalama 30 m<sup>3</sup> ha yıllık artım sağlamayı, *Eucalyptus grandis* türünde ortalama 40–45 m<sup>3</sup> yıllık artım sağlamayı ve Klonal plantasyonlar kurarak % 70–100'e varan artım fazlalığını hedeflemişlerdir.

Bu çalışmalar 1993 yılında bu yana devam ede gelmekte, şu ana kadar Güresin ormanında 782.0 ha Emeksiz ormanında 122.0 ha olmak üzere toplam 904.0 ha gerçekleşmekte olup, 2004 yılının sonuna kadar Güresin ormanında 41.0 ha yukarıda bahsedilen çalışmalar yapılmıştır. Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü Tarsus serisi içerisinde “Kumul tespit ve yöresel odun hammaddesi ihtiyaçlarını karşılamak” gayesiyle ile Emeksiz ormanı adı altında 1962–1965 yılları arasında 1653.83 ha alan Okaliptüs ağaç türü ile ağaçlandırılmıştır. Fakat serinin taban suyunun düşük ve toprağın çok fazla tuzlu olması nedeniyle istenen düzeyde bir artım sağlanamamıştır. Buna rağmen rüzgar erozyonunu önleme de başarı sağlanmış böylece en az 20000 ha büyüklüğünde bir alan ziraata uygun duruma getirilerek ülke ekonomisine katkıda bulunulmuştur. 1971 yılında düzenlenen Amenajman planında okaliptüs işletme sınıfı içinde mütalaa edilen bu sınıfın 696.0 ha'lık kısmında kumul hareketini önlemek, sahil çamını plante edilecek alanlardan endüstriyel odun hammaddesi temin etmek ve fıstık çamı plantasyonu yapılacak alandan hem meyve hem de odun hammaddesinden faydalanmak için tür değişikliği projesine gidilmiştir.

2002 yılı sonunda işletme şefliğinin yıllık ortalama etası 8527 m<sup>3</sup> civarında olmuştur. Her yıl ortalama 100.0 ha sun'i tensil, 300.0 ha kültür bakım çalışmaları yapmaktadır. Sosyal problemin olmadığı sahalarda ise yıllık ortalama 300 ton civarında odun kömürü üretimi gerçekleştirmektedir.

### 3.1.2.1. Toprak Durumu

Ana yapı itibariyle genç alüviyal karakterde turbalık toprağı olup, arazi şekli düzdür. Fidanlığın toprağı, kum, toz ve kilin çeşitli oranlardaki karışımlarına göre balçık, kumlu-killi balçık ve balçıktan meydana gelmiştir. Fidanlığın toprak reaksiyonu pH 7.75–8.00 arasındadır. Kireç Oranı (%CaCO<sub>3</sub>) %30.12-%39.82, Total Azot %0.17-%0.27 ve P305 ise 74-143 ppm değerleri arasında değişmektedir. Fidanlık toprağında tuzluluk sorunu yoktur. Toprak %3.30–5.06 oranında değişen zengin organik madde değerlerine sahiptir.

### 3.1.2.2. Su Durumu

Sulama için gerekli olan su, fidanlığın çevresindeki içinde su bulunan drenaj kanalları ile tahliye edilmektedir. Drenaj kanallarında her mevsim su bulunmakta olup, yeterlidir. Fidanlığın sulama suyunda yapılan analiz sonuçlarına göre C2S1 sınıfında olup sulamalarda kullanılabilir olduğu ortaya çıkmaktadır. Tarsus Orman Fidanlığı'nda; 2 m genişliğinde ve 1.90 m derinliğinde, fidanlığı kuzey-güney yönünde kat eden 5 adet drenaj kanalı vardır. Şaşırtma parselleri bu kanallardan motopomla alınan suyun salma olarak parsellere aktırılması suretiyle sulanmaktadır. Ekim sahası ile tüplü fidan sahası ise seyyar toprak üstü yağmurlama tesisatı ile sulanmaktadır. Yağmurlama tesisatında ana borular 3 ve 2 inç, lateraller 2 ve 1.5 inç olup, springler en çok 12 m çapında saha sulayabilmektedir.

### 3.1.2.3. İklim Özellikleri

İklim verileri Köy Hizmetleri Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonu'ndan alınmaktadır. Meteoroloji istasyonu ile fidanlık arasındaki yatay mesafesi 4 km<sup>2</sup> dir. Fidanlık ile meteoroloji istasyonunun yüksekliği aynıdır. Her ikisinin de denizden yüksekliği 10 m dir. Tarsus–Karabucak Orman Fidanlığı'nın iklim değerleri çizelge 3.1.'de verilmiştir. Günlük en çok yağış miktarı 220 mm olup yağışlı günler sayısı 66.8 gün, donlu günler sayısı 10.8 gün, kırığılı günler sayısı 0.7'dir.

Çizelge 3.1. Köy Hizmetleri Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü İklim Verileri

| Aylar                     | Ocak  | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | YILLIK |
|---------------------------|-------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|--------|
| Ortalama Sıcaklık (°C)    | 8.8   | 9.8   | 12.7 | 16.7  | 20.7  | 24.4    | 26.6   | 26.5    | 24.0  | 19.8 | 14.6  | 10.3   | 17.9   |
| Yüksek Sıcaklık Ort. (°C) | 14.7  | 15.7  | 19.7 | 23.5  | 27.4  | 30.6    | 31.2   | 32.8    | 31.8  | 28.6 | 22.8  | 16.6   | 24.6   |
| En Yüksek Sıcaklık (°C)   | 28.4  | 25.0  | 30.3 | 35.8  | 39.6  | 40.1    | 39.5   | 41.0    | 40.0  | 41.0 | 37.5  | 33.5   | 41.0   |
| Düşük Sıcaklık Ort. (°C)  | 4.3   | 5.0   | 7.3  | 10.7  | 14.3  | 18.3    | 21.2   | 21.3    | 17.9  | 13.9 | 9     | 5.5    | 12.4   |
| En Düşük Sıc.Ort.(°C)     | -8.5  | -5.7  | 5.4  | 1.4   | 4.0   | 12.0    | 14.0   | 13.7    | 9.3   | -8.5 | -2.0  | -2.7   | 8.5    |
| Ortalama Yağış (mm)       | 122.9 | 82.9  | 65.3 | 41.3  | 28.4  | 13.2    | 3.5    | 2.2     | 9.5   | 28.3 | 76.9  | 132.1  | 616.4  |
| Ortalama Nisbi Nem (%)    | 69.3  | 71.0  | 71.8 | 70.7  | 70.3  | 70.3    | 74.3   | 75.2    | 68.5  | 64.0 | 64.6  | 71.2   | 70.1   |
| En Düşük Nisbi Nem (%)    | 27.2  | 33.0  | 27.2 | 25.7  | 23.7  | 26.0    | 31.5   | 35.5    | 21.7  | 19.7 | 24.5  | 22.0   | 26.5   |

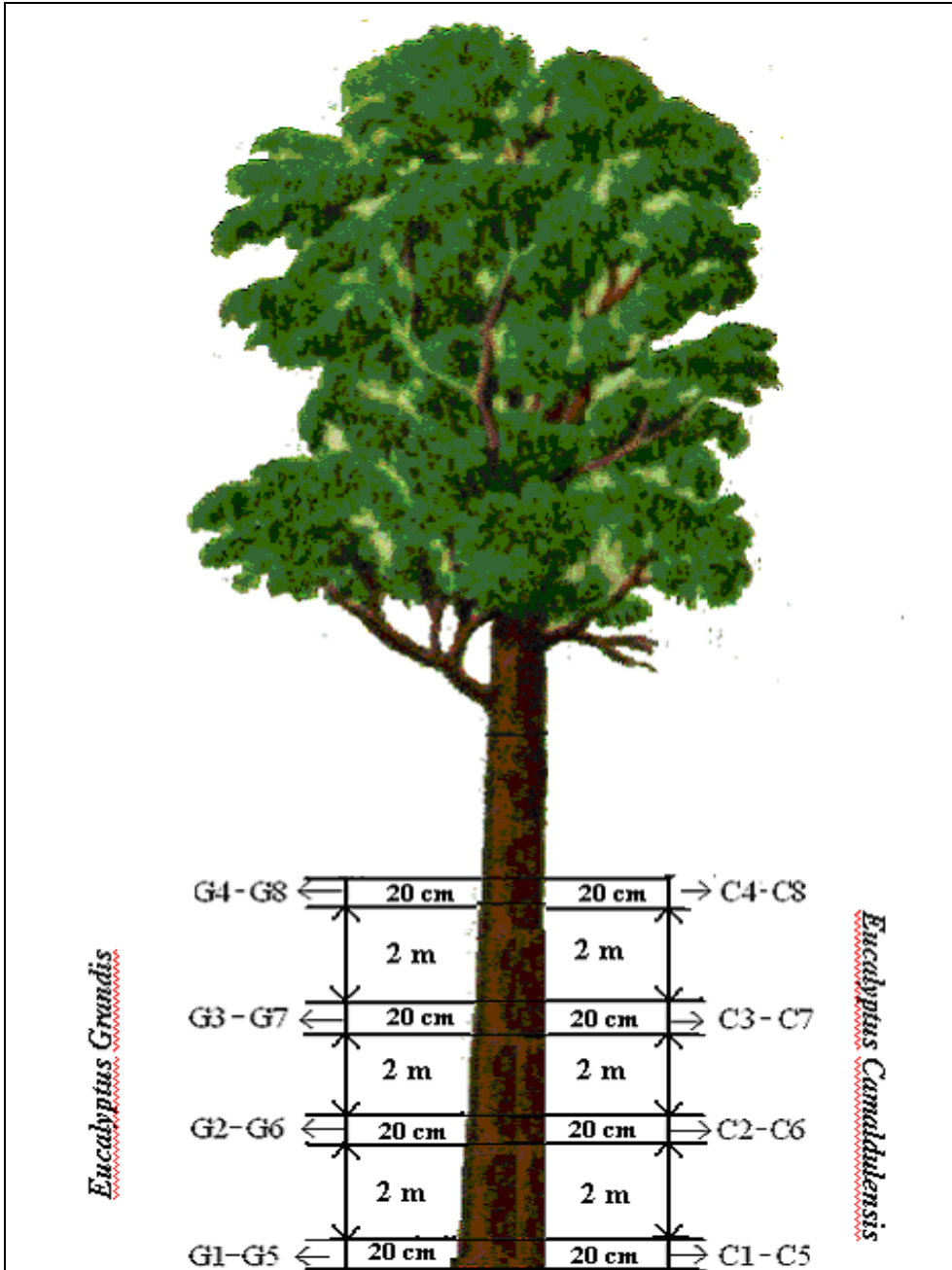
### 3.1.3. Deneme Ağaçlarının Seçimi

Denemede kullanılan ağaç türleri Doğu Akdeniz Araştırma Enstitüsü fidanlığından alınmış olup, ağaç türleri rast gele seçilmiştir. Denemede kullanılan ağaç türleri *Eucalyptus camaldulensis* ve *Eucalyptus grandis* türlerine ait bazı ilgiler çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Deneme Ağaçlarına Ait Bilgiler

| Ağaç Adı                        | Boyu (m) | Çapı (cm) |
|---------------------------------|----------|-----------|
| <i>Eucalyptus camaldulensis</i> | 25       | 27        |
| <i>Eucalyptus camaldulensis</i> | 23       | 24        |
| <i>Eucalyptus grandis</i>       | 30       | 38        |
| <i>Eucalyptus grandis</i>       | 30       | 35        |

## 3.1.4. Deneme Ağaçlarından Seksiyonların Alınması

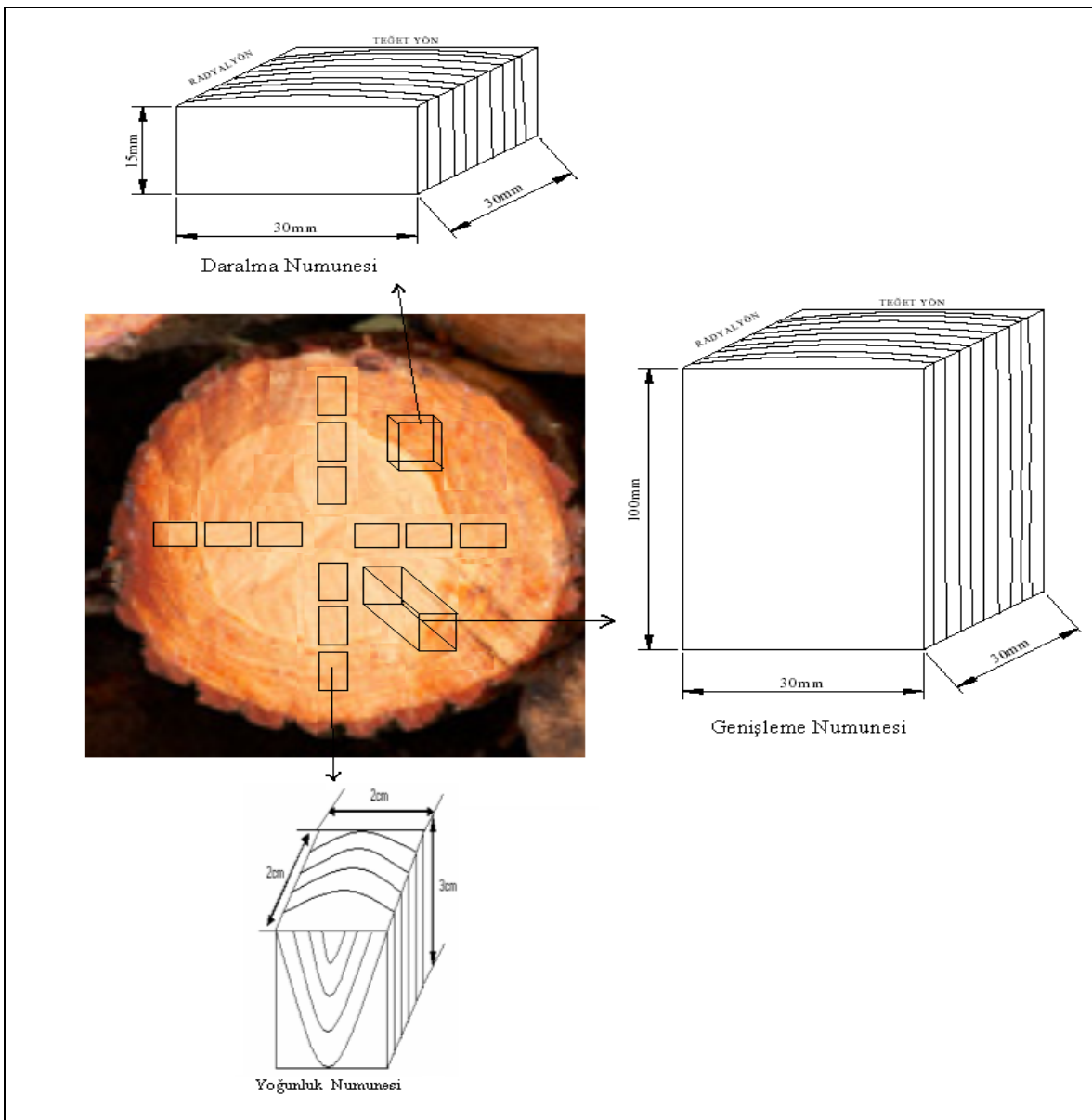


Şekil 3.1. Test Örneklerinin Alınması

### 3.1.5. Seksiyonlardan Test Örneklerinin Hazırlanması

*Eucalyptus grandis* ve *Eucalyptus camaldulensis* türlerinden 2 şer adet ağaç alınıp 15 cm lik seksiyonlardan TS 2470'e uygun olarak 2x3x3 cm lik yoğunluk ve hacim ağırlık deney numuneleri hazırlanmıştır. Bu numunelerin 3 cm lik kenarlarının liflere paralel olmasına özen gösterilmiş, çatlak, budak, v.b. kusurlu numunelerin yerine aynı özelliklere sahip yedekleri konmuştur.

Sorpsiyon denemeleri için deneme ağaçlarının 2-4 m lik yüksekliklerinden alınan 1 m.lik gövde parçaları kullanılmıştır. Radyal ve teğet yönlerdeki çalışma örnekleri 30x30x15 mm boyutlarında yıllık halkaların radyal yönde olduğu örneklerden itinaya ile seçilmiştir. Boyuna yöndeki (Liflere paralel) çalışma miktarını bulmak için 30x30x100 mm lik örnekler kullanılmaktadır.



Şekil 3.2. Seksiyonlardan Test Örneklerinin Hazırlanması

### 3.2. Metot

#### 3.2.1. Fiziksel Özellikler

Bu bölümde *Eucalyptus camaldulensis* ve *Eucalyptus grandis*'in fiziksel özelliklerinden tam kuru yoğunluk, hava kurusu yoğunluk, hacim ağırlık değeri, çalışma (su alma-su verme ) belirlenmiştir.

##### 3.2.1.1. Yoğunluk

Yoğunluğun tespiti için, TS 2472'ye uygun olarak hazırlanan örnekler kullanılmıştır (şekil 3.2.).

##### 3.2.1.2. Hava Kurusu Yoğunluk ( $D_{12}$ )

Hazırlanmış olan deney numunelerini, %12 rutubet içeriğiyle hava kurusu hale getirebilmek için, hava sıcaklığının  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$  ve bağılnemin %  $65 \pm 5$  olduğu bir ortamda klimatize edilmiştir. Örneklerin yaklaşık olarak %12 rutubete gelmeleri sağlandıktan sonra, radyal, teğet ve boyuna yönlerdeki uzunlukları ölçülerek hacimleri tespit edilmiş, daha sonrada ağırlıkları belirlenerek aşağıdaki formüle göre HKÖ belirlenmiştir.

$$D_{12} = \frac{W_{12}}{V_{12}} \text{ (gr / cm}^3 \text{ )} \quad (1)$$

Burada;

$D_{12}$  = Hava kurusu yoğunluk ( $\text{g/cm}^3$ )

$W_{12}$  = Hava kurusu ağırlık (g)

$V_{12}$  = Hava kurusu hacim ( $\text{cm}^3$ )

##### 3.2.1.3. Tam Kuru Yoğunluk ( $D_0$ )

Örnekler kurutma dolabına konmuş ve sıcaklığı kademeli olarak  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve  $103 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' ye çıkarılarak, yüksek ısıda zarar görmesi önlenmiştir.

Kurutma dolabında örnek ağırlıklarının sabit hale gelmesini mütaakip, dolaptan alınan örnekler desikatöre alınarak, soğumaları sağlanmış daha sonrada ağırlıkları ve üç yöndeki boyutları ölçülerek  $D_0$  şu formülle hesaplanmıştır.

$$D_0 = \frac{W_0}{V_0} \text{ (gr / cm}^3 \text{ )} \quad (2)$$

Burada;

$D_0$  = Tam kuru özgül ağırlık ( $\text{g/cm}^3$ )

$W_0$  = Tam kuru ağırlık (g)

$V_0$  = Tam kuru hacim ( $\text{cm}^3$ )

### 3.2.1.4. Hacim Ağırlık Değeri (R)

Hacim ağırlık değeri (R), dikili veya taze haldeki 1 m<sup>3</sup> odunda kaç kg kuru odun maddesi olduğunu ifade etmektedir. Bu özellik daha çok hammadde alımlarını m<sup>3</sup>, satışlarını ise kg veya ton olarak yapan kağıt ve selüloz endüstrisi için önemlidir.

Hacim ağırlık değerinin tespitinde, daha önce D<sub>12</sub> ve D<sub>0</sub> ölçümlerinde kullanılan örnekler kullanılmıştır. D<sub>0</sub> tespit edilen örnekler su içerisine bırakılarak boyutları değişmez hale gelinceye kadar bekletilmiş, sonrada radyal (r), teğet (t) ve boyuna (l) yöndeki uzunlukları ölçülerek tam yaş hacmi (V<sub>t</sub>) belirlenmiştir. Bunu takiben aşağıdaki formül yardımıyla hacim ağırlık değeri hesaplanmıştır (Bektaş, 1997).

$$R = \frac{W_o}{V_t} \text{ (gr / cm}^3 \text{ veya kg / m}^3 \text{ )} \quad (3)$$

Burada;

R = Hacim ağırlık değeri (g/cm<sup>3</sup> veya kg/m<sup>3</sup>)

W<sub>0</sub> = Tam kuru ağırlık (g veya kg)

V<sub>t</sub> = Tam yaş haldeki hacim (cm<sup>3</sup> veya m<sup>3</sup>)

### 3.2.1.5. Sorpsiyon (Daralma, Genişleme) Denemeleri

Denemeler TS 4083 – 4084 – 4085 – 4086 (Aralık 1983) şekil esaslara uygun yapılmıştır.

#### 3.2.1.5.1. Daralma Denemeleri

Daralma miktarını bulmak için, örnekler su içerisinde batık halde boyutları değişmez hale gelinceye kadar bekletilerek radyal ve teğet yönde tam yaş üzerindeki ölçüleri tespit edilmiştir.

Daha sonra aynı örnekler kurutma dolabına konarak 103±2 °C’de değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş, sonrada desikatöre alınarak soğumaya bırakılmıştır. Soğumayı takiben radyal, teğet ve boyuna yöndeki tam kuru ölçüleri belirlenerek aşağıdaki formüle göre daralma miktarı (β) tayin edilmiştir (Bektaş 1997).

$$\beta = \frac{\text{Rutubetli ölçü} - \text{Tam kuru ölçü}}{\text{Rutubetli ölçü}} \times 100 \text{ (\%)} \quad (4)$$

Bu formülle teğet yöndeki ölçüler kullanılarak, teğet yöndeki daralma yüzdesi (β<sub>t</sub>) ve radyal yöndeki daralma yüzdesi (β<sub>r</sub>) boyuna yöndeki daralma yüzdesi (β<sub>l</sub>) tespit edilmiştir. Hacmen daralma yüzdesi (β<sub>v</sub>) ise;

$$\beta_v = \beta_r + \beta_t + \beta_l \quad (5)$$

Formülü ile hesaplanmıştır.

### 3.2.1.5.2. Genişleme Denemeleri

Daralma yüzdesinin tespitinde tam kuru ölçüleri elde edilmiş olan deneme örnekleri su içerisine batık halde konarak, boyutları değişmez hale gelinceye kadar bekletilmiştir. Daha sonra radyal, teğet ve boyuna yönlerdeki yaş ölçüleri tespit edilerek aşağıdaki formül yardımıyla genişleme yüzdesi ( $\alpha$ ) belirlenmiştir (Bektaş 1997).

$$\alpha = \frac{\text{Rutubetli ölçü} - \text{Tamkuru ölçü}}{\text{Tamkuru ölçü}} \times 100 \quad (6)$$

Bu genel formülde radyal yöndeki değerler yerine konarak radyal genişleme yüzdesi ( $\alpha_r$ ) ve teğet yöndeki değerlerde formülde yerine konarak teğet genişleme yüzdesi ( $\alpha_t$ ) ve boyuna genişleme yüzdesi ( $\alpha_l$ ) hesaplanmış daha sonrada şu formülle hacmen genişleme yüzdesi ( $\alpha_v$ ) bulunmuştur.

$$\alpha_v = \alpha_r + \alpha_t + \alpha_l \quad (7)$$

Formülü ile hesaplanmıştır.

### 3.2.1.6. Lif Doygunluğu Halindeki Su Miktarı

Lif doygunluğu su miktarı ağaç malzemedeki aşağıdaki formülle hesaplanır.

Burada;

$$M_f = \frac{\beta_v}{R} (\%) \quad (8)$$

Formülü ile hesaplanmıştır.

R = Hacim ağırlık değeri

$M_f$  = Lif doygunluğu rutubet derecesi

$\beta_v$  = Hacmen daralma yüzdesi

## 3.3. Okaliptüs (*Eucalyptus Camaldulensis* ve *Eucalyptus Grandis*)'in Kağıt Endüstrisinde Kullanımının Araştırılmasında Uygulanan Materyal

Okaliptüs odunlarına ait yongaları kullanılmıştır. Hammadde Tarsus–Karabucak Orman işletme şefliğinde bulunan deneme alanlarından temin edilmiştir. Alınan odun örnekleri bölgenin özelliklerini temsil edecek şekilde seçilmiştir.

Örneklerin KSÜ Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü örnek hazırlama laboratuvarında 15–20 mm uzunluğunda, 1.5–2 mm kalınlığında 20–25 mm genişliğinde olacak şekilde yongalanmıştır.



### 3.3.1. Okalıptüs (*Eucalyptus Camaldulensis* ve *Eucalyptus Grandis*) Odunlarından Kraft-NaBH<sub>4</sub> Yöntemiyle Kağıt Hamuru Üretiminde Uygulanan Deneş Planı

Okalıptüs odunlarından Kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle kağıt hamuru üretim koşullarının araştırılması aşağıda çizelgelerde verilen deneş planlarına bağılı kalınarak yapılmıştır.

Aşağıda Çizelge 3.3. ve 3.4.'de belirtilen pişirme şartlarında kraft-sodyumborhidrür kağıt hamuru üretim yönteminde her bir odun türüne (*Eucalyptus camaldulensis* ve *Eucalyptus grandis*) ait 1 adet sodyumborhidrürsüz, aktif alkali oranı %18, sülfidite oranı %28, sıcaklık 150 °C ve çözelti/yonga oranı 5/1 olarak sabit alınmış ve sodyumborhidrür oranı ve pişirme süresi sözkonusu çizelgelerde görüldüğü gibi değıştirilerek 9' ar adet olmak üzere her bir odun türün ait toplam 10 pişirme yapılmıştır.

Çizelge 3.3. *Eucalyptus Camaldulensis* Odunlarından Kraft-NaBH<sub>4</sub> Yöntemiyle Kağıt Hamuru Elde Edilmesinde Uygulanan Pişirme Koşulları

| Pişirme No | Aktif Alkali Oranı (%) | Sülfidite Oranı (%) | NaBH <sub>4</sub> Oranı (%) | Sıcaklık (°C) | Süre (dak.) |
|------------|------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------|-------------|
| C0         | 18                     | 28                  | -                           | 150           | 150         |
| C1         | 18                     | 28                  | 0.1                         | 150           | 130         |
| C2         | 18                     | 28                  | 0.3                         | 150           | 130         |
| C3         | 18                     | 28                  | 0.5                         | 150           | 130         |
| C4         | 18                     | 28                  | 0.1                         | 150           | 150         |
| C5         | 18                     | 28                  | 0.3                         | 150           | 150         |
| C6         | 18                     | 28                  | 0.5                         | 150           | 150         |
| C7         | 18                     | 28                  | 0.1                         | 150           | 170         |
| C8         | 18                     | 28                  | 0.3                         | 150           | 170         |
| C9         | 18                     | 28                  | 0.5                         | 150           | 170         |

Çözelti/Yonga Oranı: 5/1 olarak sabit alınmıştır.

Çizelge 3.4. *Eucalyptus Grandis* Odunlarından Kraft-NaBH<sub>4</sub> Yöntemiyle Kağıt Hamuru Elde Edilmesinde Uygulanan Pişirme Koşulları

| Pişirme No | Aktif Alkali Oranı (%) | Sülfidite Oranı (%) | NaBH <sub>4</sub> Oranı (%) | Sıcaklık (°C) | Süre (dak.) |
|------------|------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------|-------------|
| G0         | 18                     | 28                  | -                           | 150           | 150         |
| G1         | 18                     | 28                  | 0.1                         | 150           | 130         |
| G2         | 18                     | 28                  | 0.3                         | 150           | 130         |
| G3         | 18                     | 28                  | 0.5                         | 150           | 130         |
| G4         | 18                     | 28                  | 0.1                         | 150           | 150         |
| G5         | 18                     | 28                  | 0.3                         | 150           | 150         |
| G6         | 18                     | 28                  | 0.5                         | 150           | 150         |
| G7         | 18                     | 28                  | 0.1                         | 150           | 170         |
| G8         | 18                     | 28                  | 0.3                         | 150           | 170         |
| G9         | 18                     | 28                  | 0.5                         | 150           | 170         |

Çözelti/Yonga Oranı: 5/1 olarak sabit alınmıştır.

### 3.4. Kimyasal Analizlere Ait Metotlar

Kimyasal analizlerde kullanılacak olan odun örnekleri, ana kütleyi yani örneğin alındığı materyalin tamamını temsil edecek şekilde alınmıştır.

Her tomruktan ortalama 2 cm kalınlığında biri tomruğun merkezinden (orta yerinden) biri ince uçtan diğeri de kalın uçtan 15 cm içten olmak üzere 3 tane tekerlek alınmıştır. Bu tekerlekler dikaçı oluşturacak şekilde 2 ye kesilip dörde bölünmüştür. Bu parçalardan karşılıklı dilimler alınarak kibrit çöpü büyüklüğüne kadar kesici kullanılarak parçalanmıştır. Elde edilen bu parçalar Willey değirmeninde öğütülmüş ve sarsak eleklerde elenmiştir. Elenecek odun tozları 40 mesh'lik elek üzerine konulmuş ve bu elekten geçen ve 60 mesh'lik elek üzerinde kalan odun unları ağzı kapalı naylon ve cam kaplarda saklanarak aşağıdaki kimyasal analizlere tabi tutulmuştur.

1. Rutubet oranı: TAPPI T 264 om-88 (Anon, 1992).
2. Holoselüloz oranı: Wise' nin klorit metodu (Wise, 1962).
3. Lignin oranı: TAPPI T 222 om-88.
4. Alfa selüloz oranı: TAPPI T 203 os-71.
5. Alkol benzende çözünürlük oranı: TAPPI T 207 om-88.
6. Soğuk ve sıcak suda çözünürlük oranı: TAPPI T 207 om-88.
7. % 1 lik NaOH ' de çözünürlük oranı: TAPPI T 207 om-88.
8. Kül oranı: TAPPI T 211 om-85.

### 3.5. Kağıt Hamuru ve Deneme Kağıtlarının Elde Edilmesinde Uygulanan Metotlar

Odunlar 15–20 mm uzunluğunda, 1.5–2 mm kalınlığında 20–25 mm genişliğinde kağıt hamuru pişirme işleminde kullanılmak üzere yongalanmıştır.

Pişirme işlemi 15 litre kapasiteli, elektrikle ısıtılan, 25 kg/cm<sup>2</sup> basınca dayanıklı, dakikada 4 devir yapabilen ve otomatik kontrol tablosu ile sıcaklığı termostatlı olarak kontrol edilebilen laboratuvar tipi döner kazanda yapılmıştır.

Pişirme sıcaklığı seyri kumanda tablosundan ayarlandıktan sonra kazan üzerindeki termometre ile de kontrol edilerek  $\pm 2$  °C hassasiyetle çalışmak mümkün olmaktadır. Doldurma ve boşaltma elle yapılmış olup her iki tür için pişirme işlemlerinde tam kuru 600 gram yonga oranı kullanılmıştır.

Pişirme sonunda kazandan pişen materyal alınıp, 150 mesh'lik elek üzerinde bol su ile siyah çözelti uzaklaşmaya kadar yıkanmıştır. Yıkama ile kimyasal maddeler uzaklaştırıldıktan sonra laboratuvar tipi hamur disintegratöründe belli bir konsantrasyonda 10 dakika süreyle açılıp, yarık açıklığı 0.15 mm olan sarsıntılı vakum eleğinde elenerek pişmeyen kısımlar ayrılmıştır.

Elenen kısım rutubet dağılımı homojen olacak şekilde %20–25 kuru madde oranına kadar suyu uzaklaştırılıp, karıştırıldıktan sonra polietilen torbalara alınarak rutubetin dengelenmesi için 24 saat ağzı kapalı şekilde bekletilmiştir. Sonra hamurun rutubeti TAPPI T 210 cm-86 standart metoduna göre belirlenerek elenmiş verim tayini yapılmıştır. Elek

üzerinde kalan pişmemiş kısımlar ise alınıp kurutulduktan sonra tam kuru yonga ağırlığına oranlanarak elek artığı oranı tayin edilmiştir (Tutuş, 2000).

### 3.5.1. Deneme Kağıtlarına Uygulanan Fiziksel ve Optik Testler

Okalıptüs odunlarına yukarıda belirtilen yöntemlerle elde edilen deneme kağıtları SEKA - ARGE laboratuvarında TAPPI T 402 om-88 standardına göre sıcaklığı  $23 \pm 1$  ve bağıl nemi  $\%65 \pm 1$  olan klima odasında 24 saat kondisyonlandıktan sonra aşağıdaki testlere tabi tutulmuştur,

1. TAPPI T 410 om-88 standardına göre gramajı,
2. TAPPI T 412 om-90 standardına göre rutubeti,
3. ISO 2470 100 x Reflektans / Reflektivite oranından baskı opaklığı,
4. TAPPI T 452 om-88 standardına göre parlaklık değeri,
5. TAPPI T 220 om-88 standardına göre deneme kağıtlarının kesimi,
6. TAPPI T 494 om-88 standardına göre Frank aletinde, 100 mm uzunluğunda ve 15 mm genişliğinde hazırlanan kağıt şeritler üzerinde kg cinsinden kopma direnci belirlenerek,

$$\text{Kopma Uzunluğu} = 1000 \times \text{Kopma Direnci} / (\text{Gramaj} \times 15) \quad (9)$$

formülünden km cinsinden,

7. TAPPI T 414 om-88 standardına göre Elmendorf aletinde 7 kat kağıt üzerinden gram cinsinden yırtılma direnci bulunarak,

$$\text{Yırtılma İndisi} = \text{Yırtılma Direnci} \times (16/7) \times 9.81 / \text{gramaj} \quad (10)$$

formülünden  $\text{mN.m}^2/\text{g}$  olarak hesaplanmıştır.

10. TAPPI T 403 om-91 standardına göre  $\text{kg/cm}^2$  cinsinden patlama direnci belirlenerek,

$$\text{Patlama İndisi} = 1000 \times \text{Patlama Direnci} \times 0.0981 / \text{gramaj} \quad (11)$$

formülünden  $\text{kPa.m}^2/\text{g}$  olarak hesaplanmıştır.

### 3.5.2. Kappa Numarasının Tayini

Kappa numarası, 1 gram tam kuru kağıt hamurunun belli şartlar altında tükettiği 0.1 N  $\text{KMnO}_4$  çözeltisinin ml olarak miktarıdır.

Genel bir kural olarak, kappa numarası ile 0.13 faktörünün çarpılması ile bulunan değer % olarak hamurda kalan Klason ligninini vermektedir (Rdyholm, 1965). Bu nedenle kappa numarası kağıt hamurunda delignifikasyon oranı hakkında fikir verdiği gibi hamurun ağartılabilirlik derecesi için de iyi bir göstergedir. Kalıntı lignin miktarını çıkardıktan sonra geriye kalan karbonhidratlardır. Kappa numarası tayininde TAPPI T 236 cm-85 standardı kullanılmıştır (Tutuş, 2000).

### 3.5.3. Hamur Viskozitesinin Tayini

Selüloz molekülünü meydana getiren glikoz ünitelerinin sayısına polimerizasyon derecesi denir ve DP olarak kısaltılır. DP, selülozun molekül ağırlığının bir anhidro glikoz ünitesinin ağırlığına (162) bölünmesiyle belirlenir. DP, seyreltik selüloz çözeltisinin viskozitesinin ölçülmesiyle de hesaplanabilir. Dolayısıyla viskozite değeri pişirme ve ağartma sonucu DP azalmasının bir göstergesidir. Ayrıca liflerin çekme dayanımı ve özellikle gerilme yeteneği büyük ölçüde bu liflerin DP 'sine bağlıdır (Clark, 1978).

Viskozite tayininden önce, hamurda kalan ligninin ölçüm üzerine olumsuz etkisini önlemek için, her bir pişirmenin hamuru klorit delignifikasyonuna uğratılmıştır (Nelson, 1992). Daha sonra TAPPI T 230 om-94 standardına göre hamur 0.5 M bakır etilen diamin (CED) çözeltisinde çözüldükten sonra Cannon Instrument company tarafından üretilen 612C tipi pipetler kullanılarak ve aşağıdaki formülden yararlanarak hamur viskoziteleri cp (santipuaaz) cinsinden hesaplanmıştır.

$$V = c \times t \times d \quad (12)$$

c: 612 nolu pipete ait sabite (0.09353)

t: CED ile çözülmüş hamur süsüpanسیونon 612C nolu pipetten akma süresi (saniye)

d: 1.052 sabit deger

Viskozite tayini her hamur örneği için 3 kez tekrarlanarak ortalaması verilmiştir.

### 3.5.4. İstatistiksel Değerlendirmelerde Kullanılan Yöntemler

Bu çalışmada elde edilen deney sonuçlarının ortalama ve standart sapma hesaplamalarında temel ve ileri düzey istatistik analiz yöntemi uygulanacaktır. Varyans analizi ve Duncan testi için SPSS (Statistical Package Social Science) istatistik paket programı kullanılacaktır.

Varyans analizinin uygulanması ile gruplar veya kademeler arasındaki farkların istatistiksel anlamda önemli bulunması durumunda Varyans analizinde uygulanmıştır. Bütün hesaplamalarda %5 yanılma ihtimali esas alınmış olup, bulgular ilgili tablolarda 0 ve 5 rakamları ile gösterilmiştir. Burada 5 rakamı, gruplara ait ortalamalar arasındaki farkın %5 yanılma ihtimali için önemli; 0 rakamı ise gruplar arasındaki farkın önemli olmadığını göstermektedir.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

## 4.1. Bulgular

## 4.1.1. Okalıptüsün Fiziksel Özelliklerine Ait Bulgular

## 4.1.1.1. Daralma

Okalıptüs ün daralma değerleri çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Okalıptüs'ün Daralma Değerleri

| Ağaç Türleri |   | Num. Sayısı | Arit. Ort. (%) | Standart Sapma | Varyas.        | Varyas. Kat. | Min. Değer       | Mak. Değer       | Değişim Genişliği |
|--------------|---|-------------|----------------|----------------|----------------|--------------|------------------|------------------|-------------------|
|              |   | N           | X              | S              | S <sup>2</sup> | V            | X <sub>MIN</sub> | X <sub>MAX</sub> | R                 |
| E.G.         | v | 139         | 12.63          | 1.97           | 3.89           | 15.60        | 7.07             | 17.65            | 10.58             |
| E.C.         | v | 49          | 23.27          | 3.92           | 15.37          | 16.85        | 14.33            | 32.45            | 18.02             |

E.G. (*Eucalyptus grandis*) değeri G1,G2,G3,G4,G5,G6,G7,G8'den hesaplanmıştır.

E.C. (*Eucalyptus camaldulensis*) değeri C1,C2,C3,C4,C5,C6,C8'den hesaplanmıştır.

## 4.1.1.2. Genişleme

Okalıptüsün genişleme değerleri çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Okalıptüs'ün Genişleme Değerleri

| Ağaç Türleri |   | Num. Sayısı | Arit. Ort. (%) | Standart Sapma | Varyas.        | Varyas. Kat. | Min. Değer       | Mak. Değer       | Değişim Genişliği |
|--------------|---|-------------|----------------|----------------|----------------|--------------|------------------|------------------|-------------------|
|              |   | N           | X              | S              | S <sup>2</sup> | V            | X <sub>MIN</sub> | X <sub>MAX</sub> | R                 |
| E.G.         | v | 139         | 11.98          | 1.72           | 2.96           | 14.36        | 8.45             | 19.04            | 10.59             |
| E.C.         | v | 49          | 20.80          | 3.07           | 9.42           | 14.76        | 14.33            | 29.68            | 15.35             |

E.G. (*Eucalyptus grandis*) değeri G1,G2,G3,G4,G5,G6,G7,G8'den hesaplanmıştır.

E.C. (*Eucalyptus camaldulensis*) değeri C1,C2,C3,C4,C5,C6,C8'den hesaplanmıştır.

4.1.1.3. Hava Kuru Yoğunluk (D<sub>12</sub>)

Okalıptüsün hava kuru yoğunluk değerleri çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Hava Kuru Yoğunluk Değerleri (D<sub>12</sub>)

| Ağaç Türleri |  | Num. Sayısı | Arit. Ort. (gr/cm <sup>3</sup> ) | Standart Sapma | Varyas.        | Varyas. Kat. | Min. Değer       | Mak. Değer       | Değişim Genişliği |
|--------------|--|-------------|----------------------------------|----------------|----------------|--------------|------------------|------------------|-------------------|
|              |  | N           | X                                | S              | S <sup>2</sup> | V            | X <sub>MIN</sub> | X <sub>MAX</sub> | R                 |
| E.G.         |  | 274         | 0.528                            | 0.059          | 0.004          | 11.141       | 0.422            | 0.735            | 0.314             |
| E.C.         |  | 160         | 0.701                            | 0.091          | 0.008          | 12.924       | 0.509            | 0.917            | 0.408             |

E.G. (*Eucalyptus grandis*) değeri G1,G2,G3,G4,G5,G6,G7,G8'den hesaplanmıştır.

E.C. (*Eucalyptus camaldulensis*) değeri C1,C2,C3,C4,C5,C6,C8'den hesaplanmıştır.

#### 4.1.1.4. Tam Kuru Yoğunluk ( $D_0$ )

Okaliptüsün tam kuru yoğunluk değerleri çizelge 4.4.'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Tam Kuru Yoğunluk Değerleri ( $D_0$ )

| Ağaç Türleri | Num. Sayısı | Arit. Ort. ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) | Standart Sapma | Varyas. | Varyas. Kat. | Min. Değer       | Mak. Değer       | Değişim Genişliği |
|--------------|-------------|--|----------------|---------|--------------|------------------|------------------|-------------------|
|              | N           | X                                      | S              | $S^2$   | V            | $X_{\text{MIN}}$ | $X_{\text{MAX}}$ | R                 |
| E.G.         | 274         | 0.515                                  | 0.056          | 0.003   | 10.841       | 0.405            | 0.748            | 0.343             |
| E.C.         | 160         | 0.684                                  | 0.084          | 0.007   | 12.339       | 0.499            | 0.857            | 0.358             |

*E.G. (Eucalyptus grandis)* değeri G1,G2,G3,G4,G5,G6,G7,G8'den hesaplanmıştır.

*E.C. (Eucalyptus camaldulensis)* değeri C1,C2,C3,C4,C5,C6,C8'den hesaplanmıştır.

#### 4.1.1.5. Hacim Ağırlık Değerleri (R)

Okaliptüsün hacim yoğunluk değerleri çizelge 4.5.'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Hacim Yoğunluk Değerleri (R)

| Ağaç Türleri | Num. Sayısı | Arit. Ort. ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) | Standart Sapma | Varyas. | Varyas. Kat. | Min. Değer       | Mak. Değer       | Değişim Genişliği |
|--------------|-------------|--|----------------|---------|--------------|------------------|------------------|-------------------|
|              | N           | X                                      | S              | $S^2$   | V            | $X_{\text{MIN}}$ | $X_{\text{MAX}}$ | R                 |
| E.G.         | 274         | 0.455                                  | 0.048          | 0.002   | 10.605       | 0.3608           | 0.623            | 0.262             |
| E.C.         | 160         | 0.573                                  | 0.096          | 0.009   | 16.670       | 0.4161           | 0.884            | 0.468             |

*E.G. (Eucalyptus grandis)* değeri G1,G2,G3,G4,G5,G6,G7,G8'den hesaplanmıştır.

*E.C. (Eucalyptus camaldulensis)* değeri C1,C2,C3,C4,C5,C6,C8'den hesaplanmıştır.

#### 4.1.1.6. Lif Doygunluğu Rutubet Derecesi (LDN)

Okaliptüsün lif doyumluğu rutubet derecesi değerleri çizelge 4.6.'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Lif Doygunluğu Rutubet Derecesi

| Ağaç Türleri | Num. Sayısı | Arit. Ort. (%) | Standart Sapma | Varyas. | Varyas. Kat. | Min. Değer       | Mak. Değer       | Değişim Genişliği |
|--------------|-------------|----------------|----------------|---------|--------------|------------------|------------------|-------------------|
|              | N           | X              | S              | $S^2$   | V            | $X_{\text{MIN}}$ | $X_{\text{MAX}}$ | R                 |
| E.G.         | 274         | 27.79          | 0.028          | 0.001   | 0.1007       | 27.05            | 27.96            | 0.91              |
| E.C.         | 160         | 40.62          | 0.360          | 0.130   | 0.8862       | 39.85            | 41.25            | 1.40              |

*E.G. (Eucalyptus grandis)* değeri G1,G2,G3,G4,G5,G6,G7,G8'den hesaplanmıştır.

*E.C. (Eucalyptus camaldulensis)* değeri C1,C2,C3,C4,C5,C6,C8'den hesaplanmıştır.

#### 4.1.2. Okaliptüs (*Eucalyptus Grandis* ve *Eucalyptus Camaldulensis*)'ün Kimyasal Analiz Sonuçlarına Ait Bulgular

*Eucalyptus grandis* ve *Eucalyptus camaldulensis*'in kağıt hamuru yapımında kullanılabilirliğini araştırmak için kağıt endüstrisi bakımından önem arz eden kimyasal bileşenlerin miktarları tespit edilmiştir.

*Eucalyptus grandis* ve *Eucalyptus camaldulensis*'e ait kimyasal analiz sonuçları çizelge 4.7.'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. *Eucalyptus Grandis* ve *Eucalyptus Camaldulensis*'e Ait Kimyasal Analiz Sonuçları

| BİLEŞENLER                          | <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> | <i>Eucalyptus Grandis</i> |
|-------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| Holoselüloz oranı (%)               | 80.42                           | 81.17                     |
| Lignin oranı (%)                    | 23.30                           | 25.70                     |
| Alfa - Selüloz oranı (%)            | 50.17                           | 52.01                     |
| Soğuk Suda Çözünürlük oranı (%)     | 5.62                            | 3.82                      |
| Sıcak Suda Çözünürlük oranı (%)     | 9.91                            | 4.17                      |
| % 1'lik NaOH Çözünürlük oranı (%)   | 23.56                           | 17.64                     |
| Alkol – Benzen Çözünürlük oranı (%) | 3.29                            | 2.38                      |
| Kül oranı (%)                       | 0.47                            | 0.25                      |

Çizelge 4.7.'de görüldüğü gibi, Holoselüloz oranı yönünden incelendiğinde. *Eucalyptus camaldulensis*'in %80.42 *Eucalyptus grandis*'in ise %81.17 oranında holoselüloz içerdiği tespit edilmiştir.

Alfa selüloz oranı ise *Eucalyptus camaldulensis*'in %50.17, *Eucalyptus grandis*'in ise %52.01 olarak bulunmuştur.

Lignin oranı ise *Eucalyptus camaldulensis*'in %23.30, *Eucalyptus grandis*'in ise %25.70 olarak bulunmuştur.

Soğuk sudaki çözünürlükleri incelendiğinde *Eucalyptus camaldulensis*'in %5.62, *Eucalyptus grandis*'in ise %3.82, sıcak sudaki çözünürlükleri incelendiğinde *Eucalyptus camaldulensis*'in %9.91, *Eucalyptus grandis*'in ise %4.17, alkol benzen çözünürlüğü *Eucalyptus camaldulensis* de %3.29 *Eucalyptus grandis*'de ise %2.38 olarak tespit edilmiştir.

Kül oranı ise *Eucalyptus camaldulensis*'in %0.47, *Eucalyptus grandis*'in ise %0.25 olarak belirlenmiştir.

#### 4.1.3. Okalıptüs (*Eucalyptus Grandis* ve *Eucalyptus Camaldulensis*)'ün Kraft-NaBH<sub>4</sub> Yöntemi ile Elde Edilen Kağıt Hamurlarına Ait Bulgular

##### 4.1.3.1. Okalıptüs (*Eucalyptus Grandis*)'ün Kraft–NaBH<sub>4</sub> Yöntemi ile Elde Edilen Hamurlarının Verimi ve Bazı Kimyasal Özellikleri

*Eucalyptus grandis* yongalarının Kraft–NaBH<sub>4</sub> yöntemle pişirilmesinde uygulanan şartlar, elde edilen hamurların elenmiş verimi, elek, artığı ile kappa numarası ve viskozite değerlerine ait bulgular çizelge 4.8.'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. *Eucalyptus Grandis* Yongalarının Kraft–NaBH<sub>4</sub> Yöntemle Elde Edilen Hamurların Verimi ve Kimyasal Özellikleri

| Pişirme No | PİŞİRME ŞARTLARI            |             |               | Elenmiş Verim (%) | Elek Artığı (%) | Toplam Verim (%) | Kappa Numarası | Hamur Viskozitesi (cm <sup>3</sup> /gr) |
|------------|-----------------------------|-------------|---------------|-------------------|-----------------|------------------|----------------|---|
|            | NaBH <sub>4</sub> Oranı (%) | Süre (dak.) | Sıcaklık (°C) |                   |                 |                  |                |   |
| G0         | -                           | 150         | 150           | 45.25             | 1.03            | 46.28            | 18.82          | 19.7                                    |
| G1         | 0.1                         | 130         | 150           | 48.57             | 0.40            | 48.97            | 17.50          | 18.2                                    |
| G2         | 0.3                         | 130         | 150           | 50.02             | 0.35            | 50.37            | 16.05          | 17.1                                    |
| G3         | 0.5                         | 130         | 150           | 49.36             | 0.25            | 49.61            | 15.15          | 16.5                                    |
| G4         | 0.1                         | 150         | 150           | 48.96             | 0.33            | 49.29            | 17.04          | 17.8                                    |
| G5         | 0.3                         | 150         | 150           | 50.37             | 0.26            | 50.63            | 15.96          | 16.8                                    |
| G6         | 0.5                         | 150         | 150           | 49.51             | 0.20            | 49.71            | 15.08          | 16.0                                    |
| G7         | 0.1                         | 170         | 150           | 49.10             | 0.27            | 49.37            | 16.85          | 17.1                                    |
| G8         | 0.3                         | 170         | 150           | 51.26             | 0.21            | 51.47            | 15.51          | 16.2                                    |
| G9         | 0.5                         | 170         | 150           | 50.05             | 0.19            | 50.24            | 15.00          | 15.9                                    |

#### 4.1.3.2. Okaliptüs (*Eucalyptus Camaldulensis*)'ün Kraft–NaBH<sub>4</sub> Yöntemi ile Elde Edilen Hamurlarının Verimi ve Bazı Kimyasal Özellikleri

Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis*)'ün Kraft–NaBH<sub>4</sub> yöntemle pişirilmesinde uygulanan şartlar, elde edilen hamurların elenmiş verimi, elek artığı ile kappa numarası ve viskozite değerlerine ait bulgular çizelge 4.9.'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. *Eucalyptus Camaldulensis* Yongalarının Kraft–NaBH<sub>4</sub> Yöntemle Elde Edilen Hamurların Verimi ve Kimyasal Özellikleri

| Pişirme No | PİŞİRME ŞARTLARI            |             |               | Elenmiş Verim (%) | Elek Artığı (%) | Toplam Verim (%) | Kappa Numarası | Hamur Viskozitesi (cp) |
|------------|-----------------------------|-------------|---------------|-------------------|-----------------|------------------|----------------|------------------------|
|            | NaBH <sub>4</sub> Oranı (%) | Süre (dak.) | Sıcaklık (°C) |                   |                 |                  |                |                        |
| C0         | -                           | 150         | 150           | 46.27             | 0.65            | 46.92            | 17.65          | 18.8                   |
| C1         | 0.1                         | 130         | 150           | 48.98             | 0.60            | 49.58            | 16.21          | 18.0                   |
| C2         | 0.3                         | 130         | 150           | 50.46             | 0.50            | 50.96            | 16.00          | 17.2                   |
| C3         | 0.5                         | 130         | 150           | 49.67             | 0.45            | 50.12            | 15.72          | 16.3                   |
| C4         | 0.1                         | 150         | 150           | 49.13             | 0.55            | 49.68            | 16.02          | 17.5                   |
| C5         | 0.3                         | 150         | 150           | 50.82             | 0.45            | 51.27            | 15.80          | 16.9                   |
| C6         | 0.5                         | 150         | 150           | 49.32             | 0.40            | 49.72            | 15.00          | 15.9                   |
| C7         | 0.1                         | 170         | 150           | 49.62             | 0.40            | 50.02            | 15.92          | 17.0                   |
| C8         | 0.3                         | 170         | 150           | 51.01             | 0.38            | 51.39            | 15.41          | 16.1                   |
| C9         | 0.5                         | 170         | 150           | 50.00             | 0.30            | 50.30            | 14.87          | 15.8                   |



#### 4.1.4. Okalıptüs (*Eucalyptus Grandis* ve *Eucalyptus Camaldulensis*)'ün Kraft–NaBH<sub>4</sub> ile Elde Edilen Kağıt Hamurlarının Fiziksel ve Optik Özellikleri

##### 4.1.4.1. Okalıptüs (*Eucalyptus Grandis*)'ün Kraft- NaBH<sub>4</sub> Yöntemi ile Elde Edilen Kağıt Hamurlarının Fiziksel ve Optik Özellikleri

*Eucalyptus grandis* yongalarının Kraft–NaBH<sub>4</sub> yöntemle elde edilen kağıt hamurlarının serbestlik dereceleri, ayrıca bu hamurlardan farklı serbestlik derecesi kademelerinde yapılan test kağıtları üzerinde belirlenen kopma uzunluğu, patlama indisi, yırtılma indisi, parlaklık, baskı opaklığı, gramaj değerlerine ait bulgular ise ek çizelgeler bölümünde verilmiştir.

Farklı pişirme koşullarında elde edilen hamurların fiziksel ve optik özelliklerinin karşılaştırılması amacıyla 25±5 SR<sup>0</sup> serbestlik dereceleri seçilmiş olup bu sınırdaki belirlenen önemli fiziksel ve optik özellikler ise çizelge 4.10.'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. *Eucalyptus Grandis* Odunundan Kraft-NaBH<sub>4</sub> Yöntemle Elde Edilen Hamurların 25±5 SR<sup>0</sup> Fiziksel ve Optik Özellikleri

| Pişirme No | PİŞİRME ŞARTLARI            |             |               | Kopma Uzunluğu (km) | Patlama İndisi (kPa.m <sup>2</sup> /g) | Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /g) | Parlaklık (%) | Baskı Opaklığı (%) |
|------------|-----------------------------|-------------|---------------|---------------------|--|--|---------------|--------------------|
|            | NaBH <sub>4</sub> Oranı (%) | Süre (dak.) | Sıcaklık (°C) |                     |  |  |               |                    |
| G0         | -                           | 150         | 150           | 5.22                | 3.45                                   | 4.85                                   | 27.88         | 90.87              |
| G1         | 0.1                         | 130         | 150           | 5.86                | 3.54                                   | 5.24                                   | 27.52         | 89.91              |
| G2         | 0.3                         | 130         | 150           | 5.91                | 3.75                                   | 5.51                                   | 27.21         | 88.95              |
| G3         | 0.5                         | 130         | 150           | 6.14                | 3.84                                   | 5.85                                   | 26.16         | 87.88              |
| G4         | 0.1                         | 150         | 150           | 5.92                | 3.81                                   | 5.37                                   | 26.88         | 89.87              |
| G5         | 0.3                         | 150         | 150           | 6.01                | 3.97                                   | 5.72                                   | 26.25         | 88.66              |
| G6         | 0.5                         | 150         | 150           | 6.25                | 4.30                                   | 5.93                                   | 25.62         | 87.60              |
| G7         | 0.1                         | 170         | 150           | 5.87                | 3.87                                   | 5.31                                   | 25.23         | 89.54              |
| G8         | 0.3                         | 170         | 150           | 5.98                | 3.70                                   | 5.68                                   | 24.95         | 88.25              |
| G9         | 0.5                         | 170         | 150           | 6.17                | 4.11                                   | 5.29                                   | 24.78         | 87.25              |

##### 4.1.4.2. Okalıptüs (*Eucalyptus Camaldulensis*)'ün Kraft-NaBH<sub>4</sub> Yöntemi ile Elde Edilen Kağıt Hamurlarının Fiziksel ve Optik Özellikleri

*Eucalyptus camaldulensis* odunlarından Kraft–NaBH<sub>4</sub> yöntemle elde edilen kağıt hamurlarının serbestlik dereceleri, ayrıca bu hamurlardan farklı serbestlik derecesi kademelerinde yapılan test kağıtları üzerinde belirlenen kopma uzunluğu, patlama indisi, yırtılma indisi, parlaklık, baskı opaklığı, gramaj değerlerine ait bulgular ise ek çizelgeler bölümünde verilmiştir.

Farklı pişirme koşullarında elde edilen hamurların fiziksel ve optik özelliklerinin karşılaştırılması amacıyla 25±5 SR<sup>0</sup> serbestlik dereceleri seçilmiş olup bu sınırdaki belirlenen önemli fiziksel ve optik özellikler ise çizelge 4.11.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. *Eucalyptus Camaldulensis* Odunundan Kraft-NaBH<sub>4</sub> Yöntemle Elde Edilen Hamurların 25±5 SR<sup>0</sup> Fiziksel ve Optik Özellikleri

| Pişirme No | PİŞİRME ŞARTLARI            |             |               | Kopma Uzunluğu (km) | Patlama İndisi (kPa.m <sup>2</sup> /g) | Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /g) | Parlaklık (%) | Baskı Opaklığı (%) |
|------------|-----------------------------|-------------|---------------|---------------------|--|--|---------------|--------------------|
|            | NaBH <sub>4</sub> Oranı (%) | Süre (dak.) | Sıcaklık (°C) |                     |  |  |               |                    |
| C0         | -                           | 130         | 150           | 2.09                | 3.37                                   | 400                                    | 18.60         | 99.81              |
| C1         | 0.1                         | 130         | 150           | 2.35                | 1.67                                   | 250                                    | 21.57         | 99.62              |
| C2         | 0.3                         | 130         | 150           | 4.76                | 3.08                                   | 380                                    | 22.12         | 99.90              |
| C3         | 0.5                         | 130         | 150           | 3.35                | 2.57                                   | 360                                    | 23.00         | 99.87              |
| C4         | 0.1                         | 150         | 150           | 2.31                | 3.60                                   | 450                                    | 21.13         | 99.91              |
| C5         | 0.3                         | 150         | 150           | 4.06                | 3.52                                   | 340                                    | 22.31         | 99.90              |
| C6         | 0.5                         | 150         | 150           | 2.52                | 2.67                                   | 360                                    | 24.34         | 99.98              |
| C7         | 0.1                         | 170         | 150           | 3.47                | 3.58                                   | 330                                    | 22.52         | 99.82              |
| C8         | 0.3                         | 170         | 150           | 4.13                | 3.17                                   | 350                                    | 22.43         | 99.98              |
| C9         | 0.5                         | 170         | 150           | 2.77                | 2.22                                   | 200                                    | 25.30         | 99.89              |

## 4.2. Tartışma

### 4.2.1. Okaliptüsün Fiziksel Özelliklerine Ait Tartışma

Yapılan deneyler sonucunda, *Eucalyptus grandis*'in hava kuru yoğunluk değeri 0.528 gr/cm<sup>3</sup>, tam kuru özgül ağırlık değeri 0.515 gr/cm<sup>3</sup> ve hacim yoğunluk değeri 455 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir.

Aynı şekilde, *Eucalyptus camaldulensis*'in hava kuru yoğunluk değeri 0.701 gr/cm<sup>3</sup>, tam kuru özgül ağırlık değeri 0.684 gr/cm<sup>3</sup> ve hacim yoğunluk değeri 573 kg/m<sup>3</sup> olarak elde edilmiştir.

Elde edilen bu değerlerle, literatürde yer alan Özkurt (2002) Arslan (1995), Ay ve Peker (1999) tarafından elde edilen değerlere ile karşılaştırıldığında genel olarak paralellikler ortaya çıkmaktadır. Bazı farklılıkların ise yetiştirme ortamı faktörleri ve ağaç yaşı gibi yoğunluk üzerine etkili faktörlerin farklılığından ileri geldiği söylenebilir.

Öte yandan, *Eucalyptus grandis*'in hacmen daralma yüzdesi %12.63 ve hacmen genişleme yüzdesi %11.98 olarak bulunmuştur. Aynı şekilde, *Eucalyptus camaldulensis*'in hacmen daralma yüzdesi %23.27 ve hacmen genişleme yüzdesi % 20.80 olarak ortaya konmuştur.

Bu araştırmada elde edilen daralma-genişleme yüzde miktarları ile literatürde Acar ve Gökçe (1971) tarafından tespit edilen değerler karşılaştırıldığında hacmen daralma yüzde miktarında benzer sonuçların elde edildiği anlaşılmaktadır. Ancak konu ile ilgili olarak literatürde çok fazla çalışmaya rastlanamamaktadır.

Aynı türler arasında yapılan araştırmalarda farklı sonuçlar da elde edilebilmektedir. Bu durumu Doğu (2002), “ağaçlar gelişmeleri sırasında farklı faktörlerin etkisi altında kalarak, farklı odun özellikleri göstermektedir ve odun yapındaki değişimleri meydana getiren etkenler ağacın yaşı, genetik özellikleri ve içinde bulunduğu çevre şartlarıdır” şeklinde açıklamaktadır.

Aynı yönde başka literatür bilgilerine de rastlanmaktadır. Nitekim Gürses (1992)’de bu tür farklılıkların odun dokusunu oluşturan hücrelerin boyutlarına, hücre çeperlerinin kalınlığına ve içerdikleri ekstraktif madde miktarına, ekolojik koşulların değişmesine ve örneklerin alındığı ağacın genç yada yaşlı oluşuna bağlı olduğunu belirtmektedir.

Araştırma sonuçları incelendiğinde, en yüksek lif doygunluğu noktası (LDN) rutubet miktarı %40.62 olup, *Eucalyptus camaldulensis*’e ait olmaktadır. *Eucalyptus grandis*’in lif doygunluğu noktası (LDN) rutubet miktarı %27.79 olmaktadır.

Lif doygunluğu rutubeti, odunun hücre çeperi miseller arasındaki boşluğu tamamen su ile doygun bulunduğu noktadaki halidir. Bu noktadan sonra odunun bünyesine su alma işlemi sona ererse dahi, odun boyutlarında kayda değer bir değişme meydana gelmez. Lif soygunluğu rutubet değeri ağaç türleri özgü olarak, her ağaç türü için farklıdır. Ancak genel olarak %25-32 arasında yoğunluk göstermektedir. Lif doygunluğu rutubet derecesi altındaki rutubet miktarları odunun direnç özellikleri üzerine suyun artırması veya azalmasına göre etkilidir (Bektaş, 1997).

#### 4.2.2. Okaliptüs (*Eucalyptus Grandis* ve *Eucalyptus Camaldulensis* )’ün Kimyasal Analiz Sonuçlarına Ait Tartışma

Çizelge 4.12.’de okaliptüs ve bazı yapraklı ağaç türlerinin kimyasal bileşimleri verilmiştir.

Çizelge 4.12. Bazı Yapraklı Ağaç Türlerinin Kimyasal Bileşimleri

| Yapraklı Ağaç Türleri                               | Holoseüloz (%) | Alfa setüloz (%) | Lignin (%) | Alkol benzen (%) | %1 NaOH (%) | Sıcak su (%) | Soğuk su (%) | Kül (%) |
|---|----------------|------------------|------------|------------------|-------------|--------------|--------------|---------|
| <i>Salix alba</i> (Eroğlu ve Usta, 1989)            | 78.10          | -                | 21.60      | 3.20             | 21.50       | 7.40         | -            | -       |
| <i>Fagus orientalis</i> (Tank, 1978)                | 78.87          | -                | 22.57      | 1.50             | 15.62       | 1.92         | -            | 0.61    |
| <i>E. camaldulensis</i> (Huş, Tank ve Göksel, 1975) | 72.72          | 40.59            | 29.40      | 1.49             | 12.48       | 2.62         | -            | 0.56    |
| <i>E. grandis</i> (tespit)                          | 81.17          | 52.01            | 25.70      | 2.38             | 17.64       | 4.17         | 3.82         | 0.25    |
| <i>E. camaldulensis</i> (tespit)                    | 80.42          | 50.17            | 23.30      | 3.29             | 23.56       | 9.91         | 5.62         | 0.47    |

Çizelge 4.12.'de gösterildiği gibi *Salix alba*, *Fagus orientalis*, *Eucalyptus grandis* ve *Eucalyptus camaldulensis*'in kimyasal özellikleri birbirleri ile kıyaslandığında sırasıyla, holoselüloz oranı %78.10, 78.87, 81.17 ve 80.42, lignin oranı %21.60, 22.57, 25.70 ve 23.30, alkol benzen çözünürlüğü % 3.20, 1.50, 2.38 ve 3.29, sıcak suda çözünürlük %7.40, 1.92, 4.17 ve 9.91, kül oranı %0.61, 0.25 ve 0.47 değerlerine ulaşılmıştır.

#### 4.2.3. Okalıptüs (*Eucalyptus Grandis* ve *Eucalyptus Camaldulensis*)'ün Kraft-NaBH<sub>4</sub> ile Elde Edilen Kağıt Hamurlarının Verim ve Bazı Kimyasal Özellikleri Üzerine Pişirme Koşullarının Etkisi

Okalıptüs odunlarından Kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemi ile elde edilen hamurların verimleri ve bazı kimyasal özellikleri incelenmiş olup çizelge 4.13.'de verilmiştir.

Bu yöntemle; kağıt hamuru üretiminde elenmiş verim, kağıt hamurunun kimyasal özelliklerinden kappa numarası ve viskozite değerlerine etkileri ayrı ayrı incelenmiştir.

##### 4.2.3.1. Pişirme Koşullarının Elenmiş Verim Üzerine Etkisi

Okalıptüs yongalarından 2 adet kraft-sodyumborhidrürsüz ve 18 adet Kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemle üretilmiş kağıt hamurlarının elenmiş verim oranları çizelge 4.13., şekil 4.1. ve 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Kraft-NaBH<sub>4</sub> Yapılmış Farklı Pişirme Koşullarının Hamurun Verimi Üzerine Etkileri.

| PİŞİRME SÜRESİ (Dakika) | NaBH <sub>4</sub> Oranı (%) | <i>Eucalyptus Grandis</i> Elenmiş Verim (%) |           | <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Elenmiş Verim (%) |           |
|-------------------------|-----------------------------|---|-----------|---|-----------|
|                         |                             | G   | Verim (%) | C   | Verim (%) |
| 130                     | 0.1                         | G1  | 48.57     | C1  | 48.98     |
|                         | 0.3                         | G2  | 50.02     | C2  | 50.46     |
|                         | 0.5                         | G3  | 49.36     | C3  | 49.67     |
| 150                     | -                           | G0  | 45.25     | C0  | 46.27     |
|                         | 0.1                         | G4  | 48.96     | C4  | 49.13     |
|                         | 0.3                         | G5  | 50.37     | C5  | 50.82     |
| 170                     | 0.5                         | G6  | 49.51     | C6  | 49.32     |
|                         | 0.1                         | G7  | 49.10     | C7  | 49.62     |
|                         | 0.3                         | G8  | 51.26     | C8  | 51.01     |
|                         | 0.5                         | G9  | 50.05     | C9  | 50.00     |

##### 4.2.3.1.1. Pişirme Süresi ve NaBH<sub>4</sub> Oranının Elenmiş Verim Üzerine Etkisi

*Eucalyptus grandis* odunlarından kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle 10 adet pişirme işlemi yapılmıştır. Pişirme süreleri 130, 150 ve 170 dakika olarak 3 kademe değiştirilmiş ve en yüksek elenmiş verim 170 dakikalık G8 nolu pişirmede ve %0.3 sodyumborhidrür oranında %51.26 olarak tespit edilmiştir.

Bu yöntemde sodyumborhidrür oranı %0.1, 0.3 ve 0.5 olarak yine 3 kademe değiştirilmiş ve en yüksek elenmiş verim oranı %0.3 sodyumborhidrür oranında % 51.26 olarak belirlenmiştir.

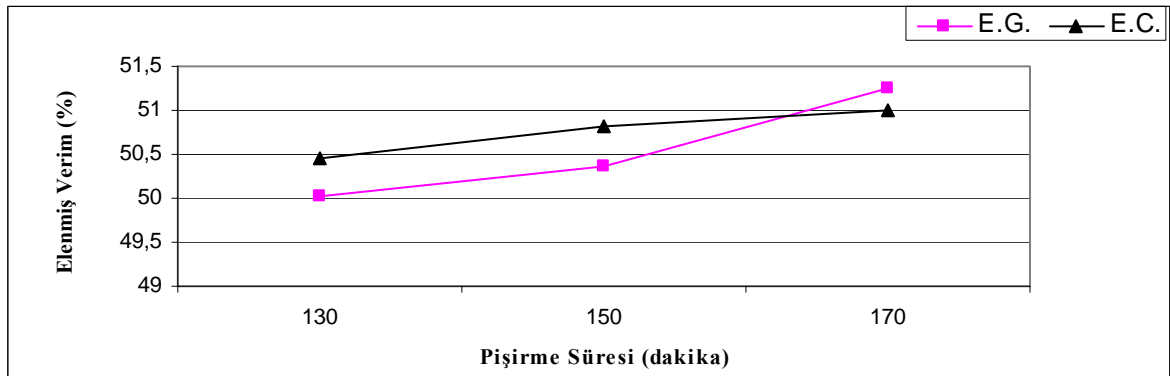
Sodyumborhidrürsüz pişirmede (G0) elenmiş verim %45.25 bulunmuştur. En yüksek elenmiş verimle karşılaştırıldığından (G8), sodyumborhidrür oranındaki %0.3' lik artış, elenmiş verimde %6.01'lik bir artış meydana getirmiştir.

*Eucalyptus camaldulensis* odunlarından sözkonusu yöntemle 10 adet pişirme işlemi yapılmıştır. Pişirme süreleri 130, 150 ve 170 dakika olarak 3 kademe değiştirilmiş ve en yüksek elenmiş verim 170 dakikalık C8 nolu pişirmede ve %0.3 sodyumborhidrür oranında %51.01 olarak tespit edilmiştir.

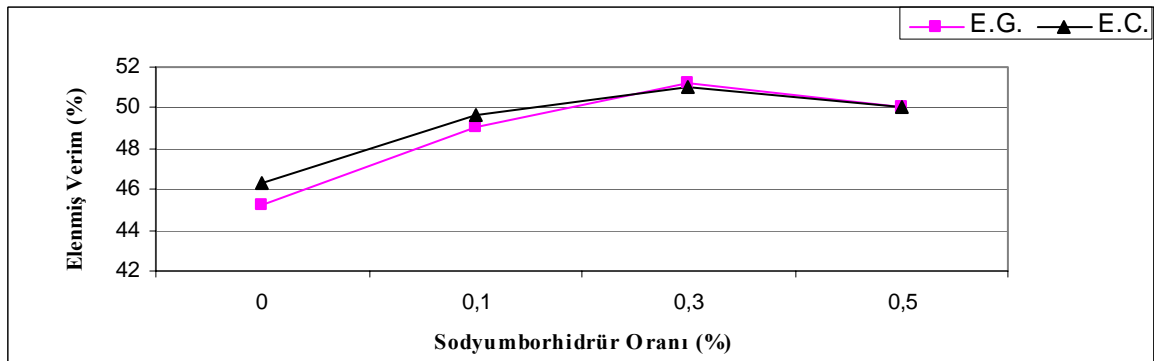
Sodyumborhidrür oranı %0.1, 0.3 ve 0.5 olarak 3 kademe değiştirilmiş ve en yüksek elenmiş verim oranı %0.3 sodyumborhidrür oranında %51.01 olarak belirlenmiştir.

Sodyumborhidrür kullanılmayan pişirmede (C0) elenmiş verim %46.27 bulunmuştur. En yüksek elenmiş verimle karşılaştırıldığından (C8), %0.3'lik sodyumborhidrür oranındaki, elenmiş verimde %4.74'lik bir artış meydana gelmiştir. Her iki odun türünde de en yüksek elenmiş verim oranı 170 dakika pişirme süresinde ve %0.3 NaBH<sub>4</sub> ilavesiyle elde edilmiştir.

Daha önce yapılmış çalışmalarda da ifade edildiği gibi sodyumborhidrür indirgemesiyle selülozun indirgen uç grupları da indirgenerek alkalen çözeltilerde meydana gelen soyulma reaksiyonuna karşı stabil duruma gelmekte ve genel olarak hamur verimini artırmaktadır (Hafizoğlu, 1982).



Şekil 4.1. Pişirme Süresinin Elenmiş Verim (%) Üzerine Etkisi



Şekil 4.2. Sodyumborhidrür Oranının Elenmiş Verim (%) Üzerine Etkisi

#### 4.2.3.2. Pişirme Koşullarının Kappa Numarası Üzerine Etkisi

Süre ve  $\text{NaBH}_4$  oranı değişkenlerinin kappa numarası üzerindeki etkilerinin birlikte incelendiği 20 adet pişirmeye ait kappa numarası sonuçları çizelge 4.14., şekil 4.3. ve 4.4.'de verilmiştir.

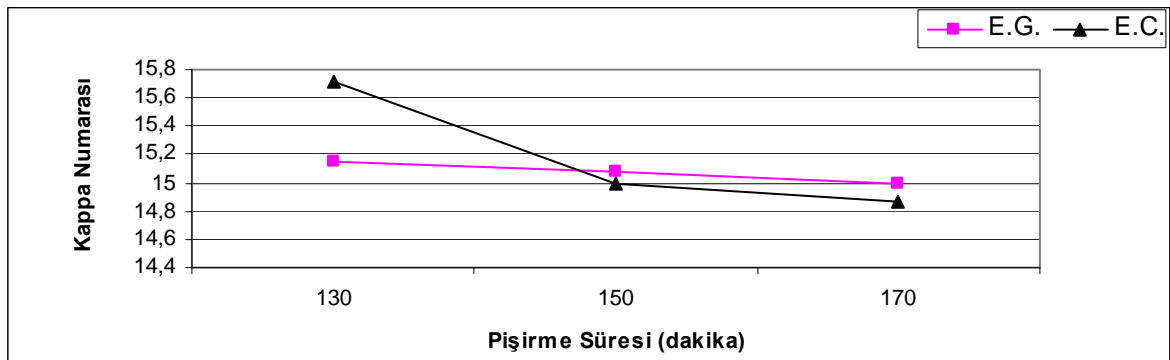
Çizelge 4.14. Kraft- $\text{NaBH}_4$  Yöntemiyle Farklı Pişirme Koşullarının Hamurun Kappa Numarası Üzerine Etkileri.

| PİŞİRME SÜRESİ (Dakika) | $\text{NaBH}_4$ Oranı (%) | <i>Eucalyptus Grandis</i> Kappa Numarası |       | <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Kappa Numarası |       |
|-------------------------|---------------------------|--|-------|--|-------|
|                         |                           | G  | K     | C  | K     |
| 130                     | 0.1                       | G1                                       | 17.50 | C1   | 16.21 |
|                         | 0.3                       | G2                                       | 16.05 | C2   | 16.00 |
|                         | 0.5                       | G3                                       | 15.15 | C3   | 15.72 |
| 150                     | -                         | G0                                       | 18.82 | C0   | 17.65 |
|                         | 0.1                       | G4                                       | 17.04 | C4   | 16.02 |
|                         | 0.3                       | G5                                       | 15.96 | C5   | 15.80 |
|                         | 0.5                       | G6                                       | 15.08 | C6   | 15.00 |
| 170                     | 0.1                       | G7                                       | 16.85 | C7   | 15.92 |
|                         | 0.3                       | G8                                       | 15.51 | C8   | 15.41 |
|                         | 0.5                       | G9                                       | 15.00 | C9   | 14.87 |

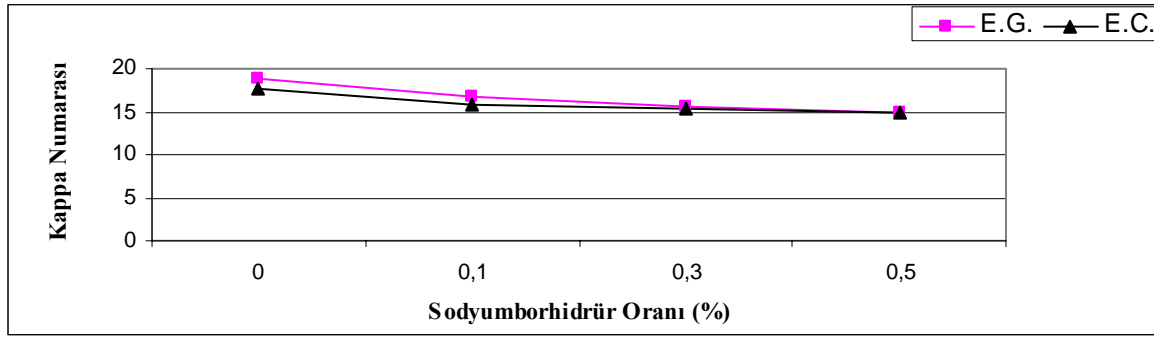
##### 4.2.3.2.1. Pişirme Süresi ve $\text{NaBH}_4$ Oranının Kappa Numarası Üzerine Etkisi

*Eucalyptus grandis* odunlarından 10 adet pişirme işlemi kraft- $\text{NaBH}_4$  yöntemiyle yapılmıştır. 130, 150 ve 170 dakika olarak pişirme sürelerine ilişkin faktörler 3 kademe değiştirilmiş ve en düşük kappa numarası değeri 170 dakikalık %0.5  $\text{NaBH}_4$  ilavesiyle yapılmış G9 nolu pişirmede 15.00 değeri tespit edilmiştir.  $\text{NaBH}_4$  kullanılmadan yapılmış pişirmede (G0) kappa numarası değeri 18.82 bulunmuştur.  $\text{NaBH}_4$  oranı %0.5' de ise 15.00 değeri belirlenmiş ve kappa numarası değerinde 3.82 birimlik bir azalış meydana gelmiştir.

10 adet pişirme işleminin gerçekleştirildiği *Eucalyptus camaldulensis* yongalarından, pişirme süreleri 130, 150 ve 170 dakika olarak 3 kademe değiştirilmiş ve en yüksek kappa numarası değeri C0 nolu pişirmede 17.65 olarak rapor edilmiştir. 150 dakikalık %0.5  $\text{NaBH}_4$  ilaveli pişirmede ise 14.87 olarak bulunmuş ve 2.78 birimlik bir azalış belirlenmiştir. Farklı  $\text{NaBH}_4$  oranları %0.1, 0.3 ve 0.5 incelendiğinde en düşük kappa numarası değeri %0.5  $\text{NaBH}_4$  oranında 14.87 olarak rapor edilmiştir.



Şekil 4.3. Pişirme Süresinin Kappa Numarası Üzerine Etkisi



Şekil 4.4. Sodyumborhidrür Oranının Kappa Numarası Üzerine Etkisi

#### 4.2.3.3. Pişirme Koşullarının Hamurun Viskozitesi Üzerine Etkisi

Okaliptüs yongalarından 2 adet kraft-sodyumborhidrürsüz ve 18 adet kraft-sodyumborhidrürle yapılmış pişirme işlemlerinde pişirme koşullarının kağıt hamurlarının viskozitesi üzerine etkileri çizelge 4.15., şekil 4.5. ve 4.6.'da verilmiştir.

Çizelge 4.15. Kraft-NaBH<sub>4</sub> Yapılmış Farklı Pişirme Koşullarının Hamurun Viskozitesi Üzerine Etkileri.

| PİŞİRME<br>(Dakika) | NaBH <sub>4</sub><br>Oranı<br>(%) | <i>Eucalyptus<br/>Grandis</i><br>Hamur Viskozitesi<br>(cp) |      | <i>Eucalyptus<br/>Camaldulensis</i><br>Hamur Viskozitesi<br>(cp) |      |
|---------------------|-----------------------------------|--|------|--|------|
|                     |                                   |  |      |  |      |
| 130                 | 0.1                               | G1   | 18.2 | C1   | 18.0 |
|                     | 0.3                               | G2   | 17.1 | C2   | 17.2 |
|                     | 0.5                               | G3   | 16.5 | C3   | 16.3 |
| 150                 | -                                 | G0   | 19.7 | C0   | 18.8 |
|                     | 0.1                               | G4   | 17.8 | C4   | 17.5 |
|                     | 0.3                               | G5   | 16.8 | C5   | 16.9 |
| 170                 | 0.5                               | G6   | 16.0 | C6   | 15.9 |
|                     | 0.1                               | G7   | 17.1 | C7   | 17.0 |
|                     | 0.3                               | G8   | 16.2 | C8   | 16.1 |
|                     | 0.5                               | G9   | 15.9 | C9   | 15.8 |

##### 4.2.3.3.1. Pişirme Süresi ve NaBH<sub>4</sub> Oranının Viskozite Üzerine Etkisi

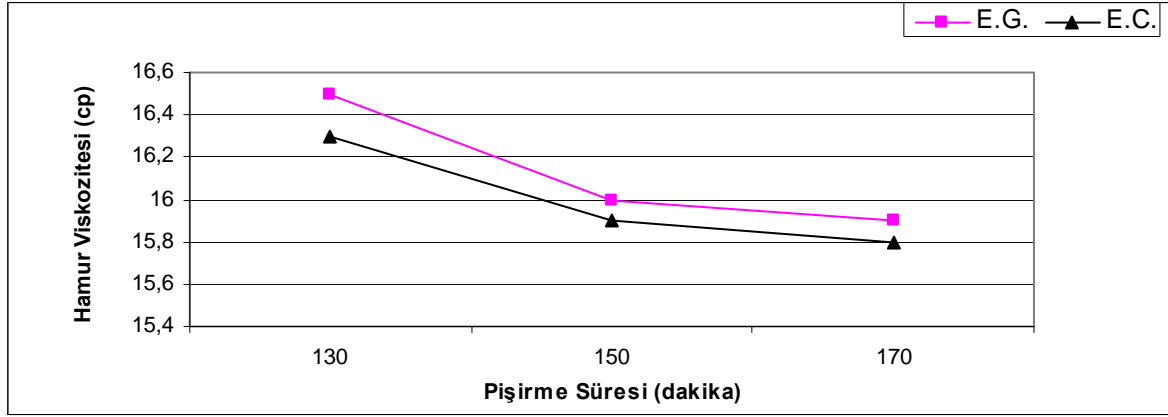
*Eucalyptus grandis* odunlarının 130, 150 ve 170 dakika olarak 3 basamakta değiştirilmiş olup pişirme sürelerine ilişkin faktörler ve en yüksek viskozite değeri 150 dakikalık NaBH<sub>4</sub> kullanılmadan yapılmış G0 nolu pişirmede 19.7 cp olarak bulunmaktadır.

Uygulanan yöntemde NaBH<sub>4</sub> oranı %0.1, 0.3 ve 0.5 olarak yine 3 kademe değiştirilmiş ve en yüksek viskozite değeri %0.1 NaBH<sub>4</sub> ilavesiyle 18.0 cp olarak C1 pişirme deneyinde belirlenmiştir. NaBH<sub>4</sub> kullanılmadan yapılmış pişirmede (G0) viskozite değeri 19.7 cp olarak bulunmuştur. Bu değer aynı zamanda en yüksek viskozite değerine sahiptir. (G1), NaBH<sub>4</sub> oranı %0.5'e çıkarıldığında viskozite değeri 15.9 cp' a kadar azalmıştır.

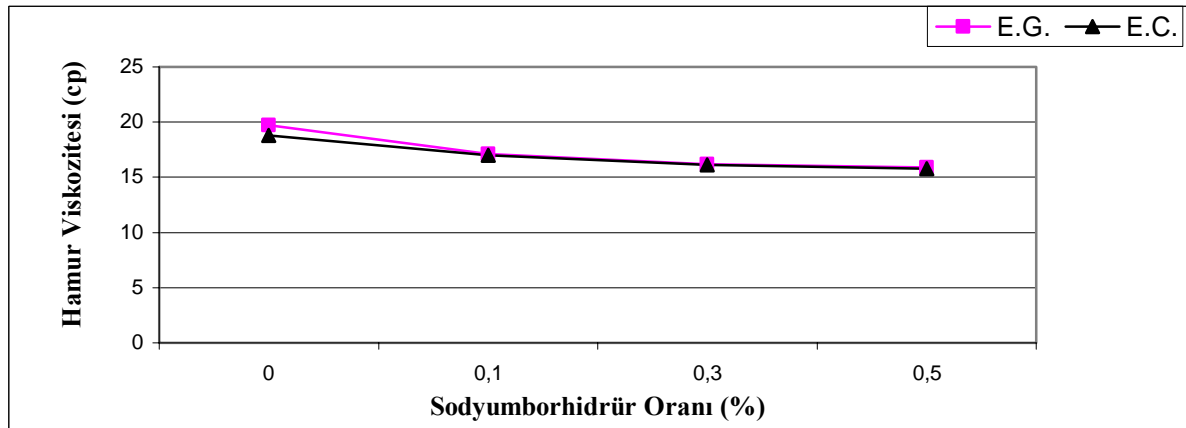
*Eucalyptus camaldulensis* odunlarından 10 adet pişirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Pişirme süreleri 130, 150 ve 170 dakika olarak 3 kademe değiştirilmiş ve en yüksek

viskozite 150 dakikalık  $\text{NaBH}_4$  ilave edilmemiş C0 nolu pişirmede 18.8 cp olarak rapor edilmiştir.  $\text{NaBH}_4$  oranı %0.1, 0.3 ve 0.5 olarak 3 kademe değiştirilmiş ve en yüksek viskozite değeri %0.1  $\text{NaBH}_4$  oranında 18.0 cp olarak belirlenmiştir.

$\text{NaBH}_4$  oranındaki artışa paralel olarak meydana gelen delignifikasyon ve liflerin birbirinden ayrılma dercesini artırmakla birlikte hamur viskozitelerinde düşürmektedir.



Şekil 4.5. Pişirme Süresinin Viskozite (cp) Üzerine Etkisi



Şekil 4.6. Sodyumborhidrür Oranının Viskozite (cp) Üzerine Etkisi

#### 4.2.4. Okaliptüs (*Eucalyptus Camaldulensis* ve *Eucalyptus Grandis*) Odunlarından Kraft- $\text{NaBH}_4$ ile Elde Edilen Kağıt Hamurlarının Bazı Fiziksel ve Optik Özellikleri Üzerine Pişirme Koşullarının Etkisi

Okaliptüs odunlarının Kraft- $\text{NaBH}_4$  yöntemiyle farklı pişirme şartlarında üretilen hamurlardan yapılan test kağıtlarının fiziksel ve optik özelliklerini birbirleri ile karşılaştırmak için  $25 \pm 5 \text{ SR}^0$  serbestlik derecesi esas alınmıştır. Bu çalışma kapsamında, pişirme koşullarının fiziksel özelliklerden kopma uzunluğu, patlama indisi, yırtılma indisi; optik özelliklerden parlaklık ve opaklık değerleri üzerine etkileri aşağıda ayrı ayrı irdelenerek uygulanan istatistik testlerin yardımıyla en uygun pişirme koşulları belirlenmiştir.



#### 4.2.4.1. Pişirme Koşullarının Kağıdın Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi

Pişirme süresi ve  $\text{NaBH}_4$  faktörlerinin birlikte incelendiği her iki odun türüne ait 20 pişirmeden elde edilen kağıt hamurlarından yapılan standart sayfalar üzerinde belirlenen kopma uzunluğu değerleri çizelge 4.16., şekil 4.7. ve 4.8.'de verilmiştir.

Çizelge 4.16. Kraft- $\text{NaBH}_4$  Yöntemiyle Değişik Pişirme Koşullarında Elde Edilen Hamurların  $25+5 \text{ SR}^0$  deki Kopma Uzunlukları (km).

| PİŞİRME SÜRESİ (Dakika) | $\text{NaBH}_4$ Oranı (%) | <i>Eucalyptus Grandis</i> Kopma Uzunluğu (km) |      | <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Kopma Uzunluğu (km) |      |
|-------------------------|---------------------------|---|------|---|------|
|                         |                           | G   | K    | C   | K    |
| 130                     | 0.1                       | G1  | 5.86 | C1  | 4.75 |
|                         | 0.3                       | G2  | 5.91 | C2  | 4.95 |
|                         | 0.5                       | G3  | 6.14 | C3  | 5.10 |
| 150                     | -                         | G0  | 5.22 | C0  | 4.24 |
|                         | 0.1                       | G4  | 5.92 | C4  | 4.85 |
|                         | 0.3                       | G5  | 6.01 | C5  | 4.98 |
|                         | 0.5                       | G6  | 6.25 | C6  | 5.25 |
| 170                     | 0.1                       | G7  | 5.87 | C7  | 4.79 |
|                         | 0.3                       | G8  | 5.98 | C8  | 5.00 |
|                         | 0.5                       | G9  | 6.17 | C9  | 5.19 |

##### 4.2.4.1.1. Pişirme Süresi ve $\text{NaBH}_4$ Oranının Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi

*Eucalyptus grandis* odunlarından kraft-sodyumborhidrür yöntemiyle 10 adet pişirme işleminde, pişirme süreleri 130, 150 ve 170 dakika olarak uygulanan 3 kademe değiştirilmiş ve en yüksek kopma uzunluğu (km) 150 dakikalık sürede ve %0.5  $\text{NaBH}_4$  oranında 6.25 km olarak G6 nolu pişirmede rapor edilmiştir.

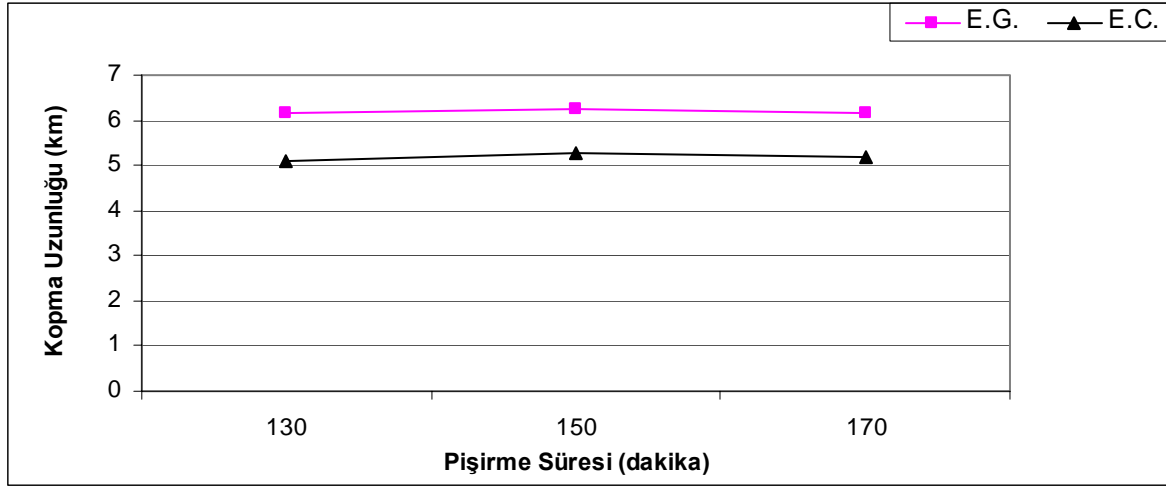
Aktif alkali oranı %18, sülfidite oranı %28 ve sıcaklık 150 °C olarak sabit alınıp  $\text{NaBH}_4$  oranı %0, 0.1, 0.3 ve 0.5 olarak 4 kademe değiştirilmiş ve kopma uzunlukları sırasıyla 5.22, 5.92, 6.01 ve 6.25 km olarak tespit edilmiştir.

$\text{NaBH}_4$  kullanılmadan yapılmış pişirmede (G0) kopma uzunluğu 5.22 km bulunmuştur. G6 nolu pişirmede sodyumborhidrür oranı %0.5'e çıkarıldığında, kopma uzunluğunda 1.03 km'lik bir artış meydana getirdiği sonucuna varılmıştır.

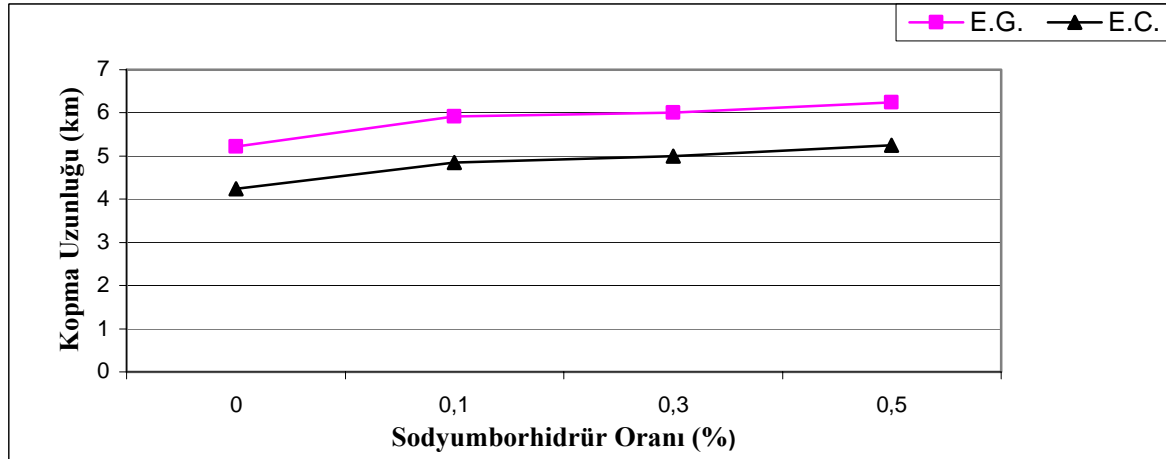
*Eucalyptus camaldulensis* odunlarından uygulanan yöntemle 10 adet pişirme işlemi yapılmıştır. Pişirme süreleri 130, 150 ve 170 dakika olarak 3 basamakta değiştirilmiş ve en yüksek kopma uzunluğu 150 dakikalık C6 nolu pişirmede ve %0.5 sodyumborhidrür oranında 5.25 km olarak tespit edilmiştir.  $\text{NaBH}_4$  oranı %0.1, 0.3 ve 0.5 olarak 3 kademe değiştirilmiş ve en yüksek kopma uzunluğu %0.5 sodyumborhidrür oranında 5.25 km olarak rapor edilmiştir.

$\text{NaBH}_4$  kullanılmayan pişirmede (C0) kopma uzunluğu 4.24 km bulunmuştur. En yüksek kopma uzunluğu karşılaştırıldığından (C6), %0.5'lik  $\text{NaBH}_4$  oranındaki, kopma uzunluğunda 1.01km'lik bir artış meydana geldiği belirlenmiştir.

Her iki odun türünde de en yüksek kopma uzunluğu değeri 150 dakika pişirme süresinde ve %0.5 NaBH<sub>4</sub> ilavesiyle tespit edilmiştir.



Şekil 4.7. Pişirme Süresinin Kopma Uzunluğu (km) Üzerine Etkisi



Şekil 4.8. Sodyumborhidrür Oranının Kopma Uzunluğu (km) Üzerine Etkisi

Çizelge 4.17.' de aktif alkali oranı %18, sülfidite oranı %28, sıcaklık 150 °C, NaBH<sub>4</sub> oranı %0.1, 0.3 ve çözelti/yonga oranı 5/1 olarak sabit alınıp, pişirme süreleri 130, 150 ve 170 dakika değiştirilmesiyle elde edilen *Eucalyptus grandis* pişirmelerine (G2, G5 ve G8 nolu pişirmeler) ait hamurlardan elde edilen test kağıtların kopma değerleri 5.91, 5.98 ve 6.01km olarak bulunmuştur.

Kopma değerlerine uygulanan Varyans analizi ve Duncan testi sonuçlarına göre %5 yanılma payı ile istatistiksel anlamda 130 ile 150 dakikalık ve 130 ile 170 dakikalık pişirmeler arasında önemli bulunmamış, 150 ile 170 dakikalık pişirmeler arasında önemli bulunmuştur.

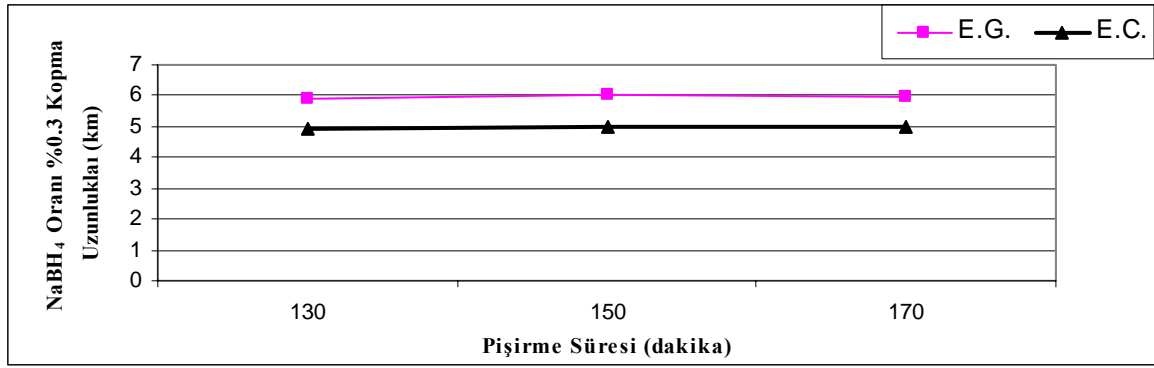
Çizelge 4.17. *Eucalyptus Grandis* Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin 25+5 SR<sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Kopma Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.

| VARYANS ANALİZİ   |                       |                 |               |                 |       |                       | DUNCAN TESTİ |      |      |      |      |
|-------------------|-----------------------|-----------------|---------------|-----------------|-------|-----------------------|--------------|------|------|------|------|
| NaBH <sub>4</sub> | Varyans Kaynağı       | Kareler Toplamı | Serbes Derec. | Kareler Ortala. | Sig   | F-hesap               |              |      | 130  | 170  | 150  |
|                   |                       |                 |               |                 |       |                       |              |      | 5.91 | 5.98 | 6.01 |
|                   | O<br>R<br>A<br>N<br>I | G.Ara.          | 0.016         | 2               | 0.008 | $\alpha=5\%$<br>0.056 | 4.837        | 130  | 5.91 |      |      |
| G.İçi             |                       | 0.010           | 6             | 0.002           |       | 170                   |              | 5.98 | 0    |      |      |
| Toplam            |                       | 0.026           | 8             |                 |       | 150                   |              | 6.01 | 0    | 5    |      |

NaBH<sub>4</sub> oranı %0.3, süre 130, 150 ve 170 dakika değiştirilmesiyle elde edilen *Eucalyptus camaldulensis* pişirmelerine (C2, C5 ve C8 nolu pişirmeler) ait hamurlardan elde edilen test kağıtların kopma değerleri sırasıyla 4.95, 4.98 ve 5.00 km olarak bulunmuştur. Çizelge 4.18.' de kopma değerlerine uygulanan Varyans analizi ve Duncan testi sonuçlarına göre %5 yanılma ihtimali ile istatistiksel anlamda gruplar arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 4.18. *Eucalyptus Camaldulensis* Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin 25+5 SR<sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Kopma Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.

| VARYANS ANALİZİ  |                  |                 |               |                 |       |                       | DUNCAN TESTİ |      |      |      |      |
|------------------|------------------|-----------------|---------------|-----------------|-------|-----------------------|--------------|------|------|------|------|
| S<br>Ü<br>R<br>E | Varyans Kaynağı  | Kareler Toplamı | Serbes Derec. | Kareler Ortala. | Sig   | F-hesap               |              |      | 130  | 150  | 170  |
|                  |                  |                 |               |                 |       |                       |              |      | 4.95 | 4.98 | 5.00 |
|                  | S<br>Ü<br>R<br>E | G.Ara.          | 0.003         | 2               | 0.002 | $\alpha=5\%$<br>0.561 | 0.638        | 130  | 4.95 |      |      |
| G.İçi            |                  | 0.015           | 6             | 0.003           |       | 150                   |              | 4.98 | 0    |      |      |
| Toplam           |                  | 0.019           | 8             |                 |       | 170                   |              | 5.00 | 0    | 0    |      |



Şekil 4.9. *Eucalyptus Grandis* ve *Eucalyptus Camaldulensis* Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin 25+5 SR<sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Kopma Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.

Süre 130, 150 ve 170 dakika ve NaBH<sub>4</sub> oranı %0.3, değiştirilmesiyle elde edilen *Eucalyptus grandis* ve *Eucalyptus camaldulensis* yongalarına ait kopma uzunluklarının Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları şekil 4.9.'da verilmiştir.

#### 4.2.4.2. Pişirme Koşullarının Kağıdın Patlama İndisi Üzerine Etkisi

Okaliptüs yongalarının Kraft-NaBH<sub>4</sub> pişirmesi üzerinde etkili olduğu daha önceki çalışmalarda ortaya konulan değişkenlerden; pişirme süresi ve NaBH<sub>4</sub> oranının elde edilen hamurlardan yapılan test kağıtlarının patlama indisi üzerine bireysel etkileri ele alınmış, bu konu kapsamında uygulanan istatistiksel analizlerin sonuçları ışığında yapılan değerlendirmelere de yer verilmiştir.

Yapılan 20 adet pişirme ile elde edilen hamurlara ait patlama indisi değerleri üzerine pişirme sürelerinin ve NaBH<sub>4</sub> oranlarının gösterdiği etki çizelge 4.19., şekil 4.10. ve 4.11.'de verilmiştir.

Çizelge 4.19. Kraft-NaBH<sub>4</sub> Yöntemiyle Değişik Pişirme Koşullarında Elde Edilen Hamurların 25+5 SR<sup>0</sup> deki Patlama İndisleri (kPa.m<sup>2</sup>/g).

| PİŞİRME SÜRESİ (Dakika) | NaBH <sub>4</sub> Oranı (%) | <i>Eucalyptus Grandis</i> Patlama indisi (kPa.m <sup>2</sup> /g). |       | <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Patlama indisi (kPa.m <sup>2</sup> /g). |       |
|-------------------------|-----------------------------|---|-------|---|-------|
|                         |                             | G   | İndis | C   | İndis |
| 130                     | 0.1                         | G1  | 3.54  | C1  | 3.20  |
|                         | 0.3                         | G2  | 3.75  | C2  | 3.37  |
|                         | 0.5                         | G3  | 3.84  | C3  | 3.40  |
| 150                     | -                           | G0  | 3.45  | C0  | 3.01  |
|                         | 0.1                         | G4  | 3.81  | C4  | 3.65  |
|                         | 0.3                         | G5  | 3.97  | C5  | 3.83  |
| 170                     | 0.5                         | G6  | 4.30  | C6  | 3.96  |
|                         | 0.1                         | G7  | 3.87  | C7  | 3.51  |
|                         | 0.3                         | G8  | 3.70  | C8  | 3.70  |
|                         | 0.5                         | G9  | 4.11  | C9  | 3.81  |

#### 4.2.4.2.1. Pişirme Süresi ve NaBH<sub>4</sub> Oranının Patlama İndisi Üzerine Etkisi

Pişirme süreleri 130, 150 ve 170 dakika olarak uygulanan *Eucalyptus grandis* odunlarına ait deneylerde en yüksek patlama indisi 150 dakikalık sürede ve %0.5 NaBH<sub>4</sub> oranında 4.30 kPa.m<sup>2</sup>/g olarak G6 nolu pişirme de tespit edilmiştir.

Sıcaklık 150 °C olarak sabit alınıp, NaBH<sub>4</sub> oranı %0, 0.1, 0.3 ve 0.5 olarak 4 aşamada değiştirilmiş pişirmelerin patlama indisleri sırasıyla 3.45, 3.81, 3.97 ve 4.30 kPa.m<sup>2</sup>/g olarak belirlenmiştir.

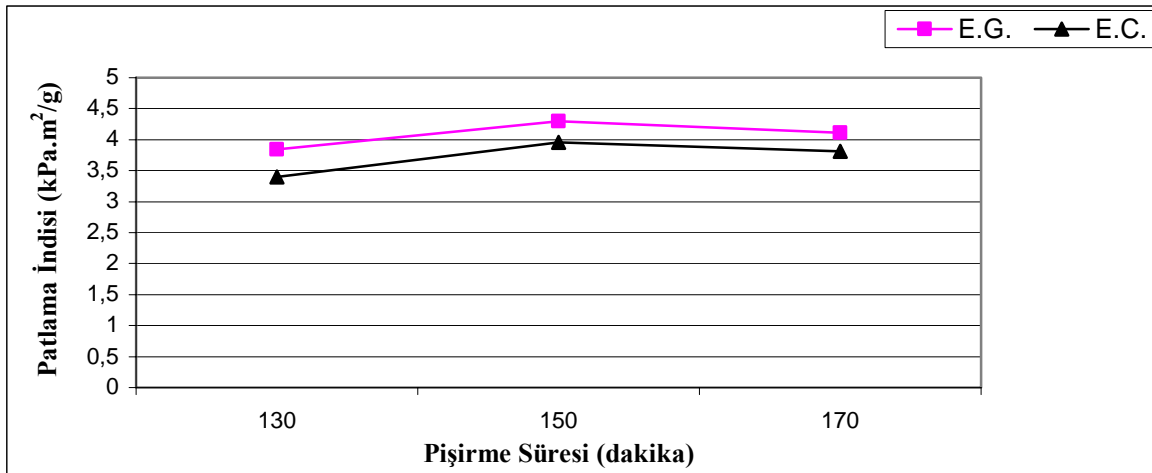
NaBH<sub>4</sub> ilave edilmeden yapılmış pişirmede (G0) patlama indisi 3.45 kPa.m<sup>2</sup>/g bulunmuştur. G6 nolu pişirmede NaBH<sub>4</sub> oranı %0.5' e çıkarıldığında, patlama indisinde 0.85 kPa.m<sup>2</sup>/g'lik bir artış meydana getirmiştir.

Aktif alkali oranı %18, sülfidite oranı %28 ve sıcaklık 150 °C olarak sabit alınıp *Eucalyptus camaldulensis* yongalarına uygulanan yöntemde pişirme süreleri 130, 150 ve 170 dakika olarak 3 kademe de değiştirilmiş ve en yüksek patlama indisi 150 dakikalık C6 nolu pişirmede ve %0.5 sodyumborhidrür oranında 3.96 kPa.m<sup>2</sup>/g olarak bulunmuştur.

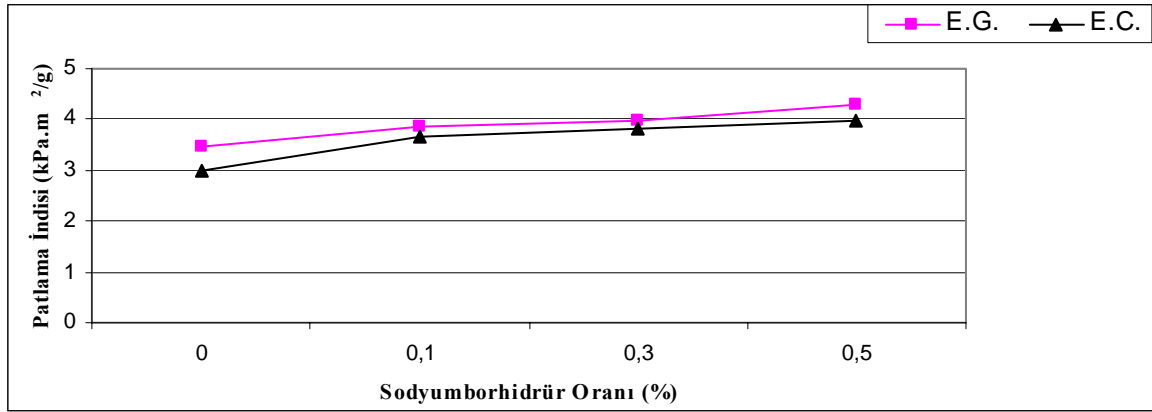
NaBH<sub>4</sub> oranı %0.1, 0.3 ve 0.5 ilaveli pişirmelerin en yüksek patlama indisleri incelendiğinde %0.5 NaBH<sub>4</sub> oranında 3.96 kPa.m<sup>2</sup>/g olarak rapor edilmiştir.

NaBH<sub>4</sub> kullanılmadığı pişirmede (C0) patlama indisi değeri 3.01 kPa.m<sup>2</sup>/g elde edilmiştir. En yüksek patlama indisi kıyaslandığında (C6), %0.5' lik NaBH<sub>4</sub> ilavesiyle patlama indisinde 0.95 kPa.m<sup>2</sup>/g'lik bir artış meydana geldiği belirlenmiştir.

Her iki türde de en yüksek patlama indisi değeri 150 dakika pişirme süresinde ve %0.5 NaBH<sub>4</sub> ilavesiyle elde edildiği rapor edilmiştir.



Şekil 4.10. Pişirme Süresinin Patlama İndisi (kPa.m<sup>2</sup>/g) Üzerine Etkisi



Şekil 4.11. Sodyumborhidrür Oranının Patlama İndisi (kPa.m<sup>2</sup>/g) Üzerine Etkisi

Sıcaklık 150 °C, aktif alkali oranı %18, sülfidite oranı %28, NaBH<sub>4</sub> oranı %0.1, 0.3 ve çözelti/yonga oranı 5/1 olarak sabit alınıp, pişirme süreleri 130, 150 ve 170 dakika değiştirilmesiyle elde edilen *Eucalyptus grandis* pişirmelerine (G2, G5 ve G8 nolu pişirmeler) ait hamurlardan elde edilen test kağıtların patlama indisleri 3.70, 3.75 ve 3.97 kPa.m<sup>2</sup>/g olarak bulunmuş ve çizelge 4.20.' de verilmiştir.

Patlama indislerine uygulanan Varyans analizi ve Duncan testi sonuçlarına göre %5 yanılma payı ile istatistiksel anlamda 130 ile 150 dakikalık ve 130 ile 170 dakikalık pişirmeler arasında önemli bulunmamış, 150 ile 170 dakikalık pişirmeler arasında önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.20. *Eucalyptus Grandis* Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin 25±5 SR<sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Patlama Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.

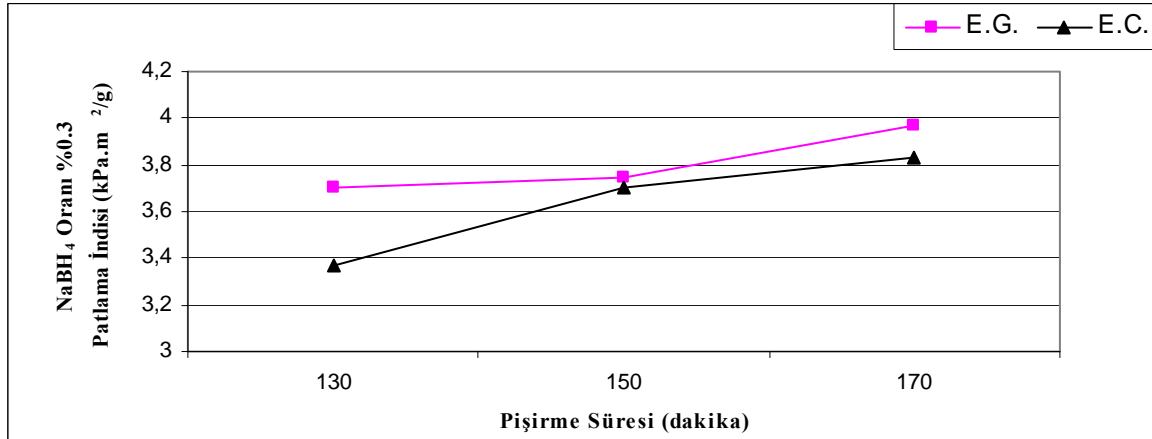
| VARYANS ANALİZİ       |                 |                 |               |                 |      |         | DUNCAN TESTİ |      |      |   |  |
|-----------------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|------|---------|--------------|------|------|---|--|
| NaBH <sub>4</sub>     | Varyans Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbes Derec. | Kareler Ortala. | Sig  | F-hesap | 130          | 150  | 170  |   |  |
|                       |                 |                 |               |                 |      |         | 3.70         | 3.75 | 3.97 |   |  |
| O<br>R<br>A<br>N<br>I | G.Ara.          | 0.124           | 2             | 0.062           | α=%5 | 23.808  | 130          | 3.70 |      |   |  |
|                       | G.İçi           | 0.016           | 6             | 0.003           |      |         | 150          | 3.75 | 0    |   |  |
|                       | Toplam          | 0.139           | 8             |                 |      |         | 170          | 3.97 | 0    | 5 |  |

Çizelge 4.21.'de *Eucalyptus camaldulensis* odunlarına uygulanan 130, 150 ve 170 dakika ve NaBH<sub>4</sub> oranı %0.3 olduğu pişirmelerden (C2, C5 ve C8 nolu pişirmeler) elde edilen test kağıtların patlama indisleri sırasıyla 3.37, 3.70 ve 3.83 kPa.m<sup>2</sup>/g olarak elde edilmiştir. Patlama indisine uygulanan Varyans analizi ve Duncan testi sonuçlarına göre

%5 yanılma ihtimali ile istatistiksel anlamda gruplar arasında önemli bir farklılık bulunmuştur.

Çizelge 4.21. *Eucalyptus Camaldulensis* Odunlarına Ait Değişkenlerinin NaBH<sub>4</sub> Oranı %0.3'deki 25±5 SR<sup>0</sup> Hamurlardan Elde Edilen Kağıtların Patlama Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.

| VARYANS ANALİZİ  |                 |                 |               |                 |      |         | DUNCAN TESTİ |      |      |      |      |
|------------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|------|---------|--------------|------|------|------|------|
| S<br>Ü<br>R<br>E | Varyans Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbes Derec. | Kareler Ortala. | Sig  | F-hesap |              |      | 130  | 170  | 150  |
|                  |                 |                 |               |                 |      |         |              |      | 3.37 | 3.70 | 3.83 |
|                  | G.Ara.          | 0.337           | 2             | 0.169           | α=%5 |         | 130          | 3.37 |      |      |      |
|                  | G.İçi           | 0.015           | 6             | 0.003           |      | 65.727  | 170          | 3.70 | 5    |      |      |
|                  | Toplam          | 0.353           | 8             |                 |      |         | 150          | 3.83 | 5    | 5    |      |



Şekil 4.12. *Eucalyptus Camaldulensis* ve *Eucalyptus Grandis* Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin 25±5 SR<sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Patlama Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.

NaBH<sub>4</sub> oranı %0.3 ve süre 130, 150 ve 170 dakika, değiştirilmesiyle elde edilen *Eucalyptus grandis* ve *Eucalyptus camaldulensis* yongalarına ait patlama indislerinin Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Şekil 4.12.'da verilmiştir.

#### 4.2.4.3. Pişirme Koşullarının Kağıdın Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi

Kağıdın önemli bir kalite göstergesi olan yırtılma indisi değeri üzerine pişirmede kullanılan pişirme süresi ve NaBH<sub>4</sub> oranının göstermiş olduğu etki aşağıda ayrı ayrı ele

alınarak irdelenmiştir. Yapılan 20 adet pişirme denemelerinden elde edilen hamurların  $25 \pm 5$  SR<sup>0</sup> deki yırtılma indisi değerleri çizelge 4.22., şekil 4.13. ve 4.14.'de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Kraft-NaBH<sub>4</sub> Yöntemiyle Değişik Pişirme Koşullarında Elde Edilen Hamurların  $25 \pm 5$  SR<sup>0</sup> deki Yırtılma İndisleri (mN.m<sup>2</sup>/g).

| PİŞİRME SÜRESİ (Dakika) | NaBH <sub>4</sub> Oranı (%) | <i>Eucalyptus Grandis</i> Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /g) |      | <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /g) |      |
|-------------------------|-----------------------------|--|------|--|------|
|                         |                             | G1   | G2   | C1   | C2   |
| 130                     | 0.1                         | G1   | 5.24 | C1   | 4.05 |
|                         | 0.3                         | G2   | 5.51 | C2   | 4.31 |
|                         | 0.5                         | G3   | 5.85 | C3   | 4.70 |
| 150                     | -                           | G0   | 4.85 | C0   | 3.84 |
|                         | 0.1                         | G4   | 5.37 | C4   | 4.12 |
|                         | 0.3                         | G5   | 5.72 | C5   | 4.45 |
|                         | 0.5                         | G6   | 5.93 | C6   | 4.75 |
| 170                     | 0.1                         | G7   | 5.31 | C7   | 4.10 |
|                         | 0.3                         | G8   | 5.68 | C8   | 4.37 |
|                         | 0.5                         | G9   | 5.29 | C9   | 4.67 |

#### 4.2.4.3.1. Pişirme Süresi ve NaBH<sub>4</sub> Oranının Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi

Pişirme süreleri 130, 150 ve 170 dakika olarak üç kademedede değiştirilerek Kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle *Eucalyptus grandis* odunlarında pişirme işlemi sonrasında elde edilen en yüksek yırtılma indisi 150 dakikalık sürede ve %0.5 NaBH<sub>4</sub> oranında 5.93 mN.m<sup>2</sup>/g olarak G6 nolu pişirmede rapor edilmiştir.

Sülfidite oranı %28, aktif alkali oranı %18, ve sıcaklık 150 °C olarak sabit alınıp NaBH<sub>4</sub> oranı %0, 0.1, 0.3 ve 0.5 olarak 4 aşamada değiştirilmiş ve yırtılma indisleri sırasıyla 4.85, 5.37, 5.72 ve 5.93 mN.m<sup>2</sup>/g olarak bulunmuştur.

NaBH<sub>4</sub> kullanılmadan yapılmış pişirmede(G0) yırtılma indisi 4.85 mN.m<sup>2</sup>/g bulunmuştur. G6 nolu pişirmede sodyumborhidrür oranı %0.5' e çıkarıldığında, yırtılma indisi 1.08 mN.m<sup>2</sup>/g'lik bir artış meydana getirdiği rapor edilmiştir.

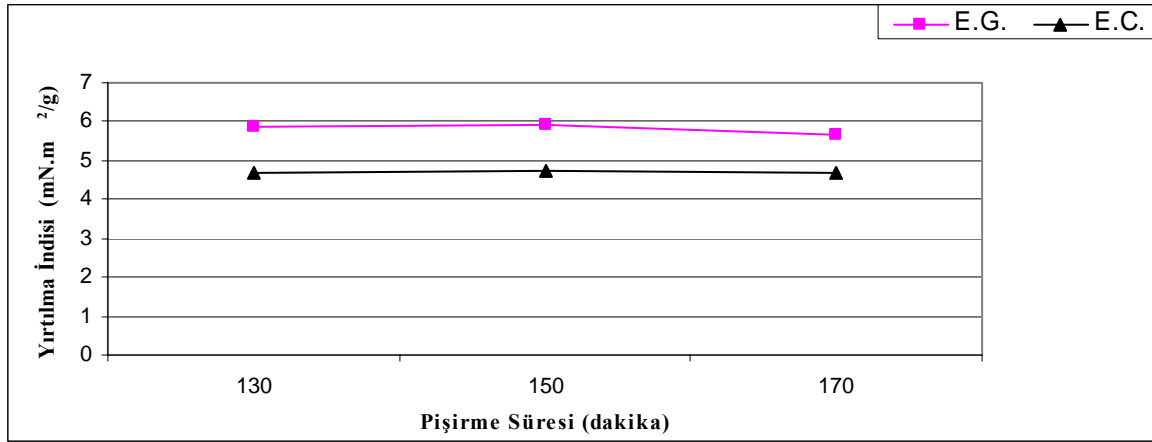
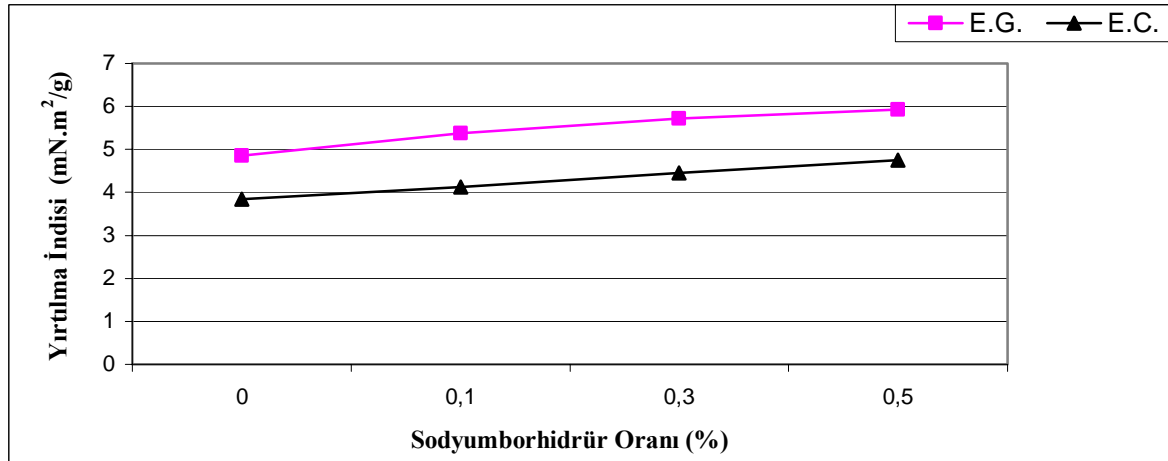
*Eucalyptus camaldulensis* odunlarından uygulanan yöntemle 10 adet pişirme işlemi yapılmıştır. Pişirme süreleri 130, 150 ve 170 dakika olarak 3 kademedede değiştirilmiş ve en yüksek yırtılma indisi 150 dakikalık C6 nolu pişirmede ve %0.5 NaBH<sub>4</sub> oranında 4.75 mN.m<sup>2</sup>/g olarak tespit edilmiştir.

Yöntemde NaBH<sub>4</sub> oranı %0.1, 0.3 ve 0.5 olarak değiştirilmiş ve en yüksek yırtılma indisi %0.5 NaBH<sub>4</sub> oranında 4.75 mN.m<sup>2</sup>/g olarak elde edilmiştir.

NaBH<sub>4</sub> kullanılmayan pişirmede (C0) yırtılma indisi 3.84 mN.m<sup>2</sup>/g bulunmuş, en yüksek yırtılma indisi ile karşılaştırıldığından (C6), %0.5' lik NaBH<sub>4</sub> oranındaki, yırtılma indisinde 0.91 mN.m<sup>2</sup>/g'lik bir artış olduğu tespit edilmiştir.

Okalıptüs türlerinde en yüksek yırtılma indisi değeri 150 dakika pişirme süresinde ve %0.5 NaBH<sub>4</sub> ilavesiyle elde edildiği sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.13. Pişirme Süresinin Yırtılma İndisi (mN.m<sup>2</sup>/g) Üzerine EtkisiŞekil 4.14. Sodyumborhidrür Oranının Yırtılma İndisi (mN.m<sup>2</sup>/g) Üzerine Etkisi

Yukarıdaki sonuçlardan hareketle sülfat pişirmesinde katalizör olarak ilave edilen sodyumborhidrür karbonhidratların indirgen uç gruplarını soyulma reaksiyona karşı koruyarak kağıt hamurunun verimini ve dolayısıyla kağıdın fiziksel direnç özelliklerini artırdığı tespit edilmiştir.

Sülfidite oranı %2, sıcaklık 150 °C, aktif alkali oranı %18, NaBH<sub>4</sub> oranı %0.1, 0.3 ve çözelti/yonga oranı 5/1 olarak sabit alınıp, pişirme süreleri 130, 150 ve 170 dakika değiştirilmesiyle elde edilen *Eucalyptus grandis* pişirmelerine (G2, G5 ve G8 nolu pişirmeler) ait hamurlardan elde edilen test kağıtların yırtılma indisleri 5.51, 5.68 ve 5.72 mN.m<sup>2</sup>/g olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.23.' de belirtilen yırtılma indislerine uygulanan Varyans analizi ve Duncan testi sonuçlarına göre %5 yanılma payı ile istatistiksel anlamda 130 ile 150 dakikalık ve 130 ile 170 dakikalık pişirmeler arasında önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.23. *Eucalyptus Grandis* Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin 25+5 SR<sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Yırtılma Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.

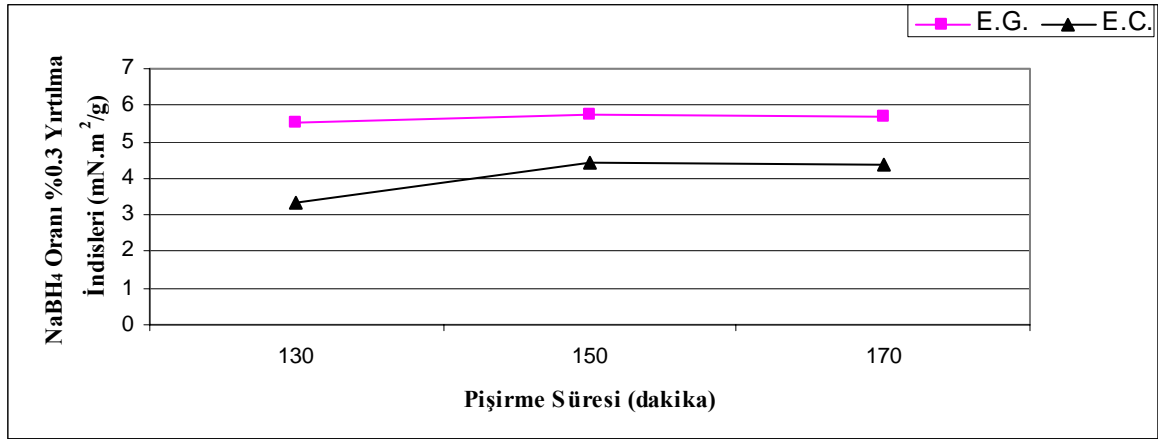
| VARYANS ANALİZİ       |                 |                 |               |                 |      |         | DUNCAN TESTİ |      |      |      |      |
|-----------------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|------|---------|--------------|------|------|------|------|
| NaBH <sub>4</sub>     | Varyans Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbes Derec. | Kareler Ortala. | Sig  | F-hesap |              |      | 130  | 170  | 150  |
|                       |                 |                 |               |                 |      |         |              |      | 5.51 | 5.68 | 5.72 |
|                       | G.Ara.          | 0.075           | 2             | 0.037           | 0.23 | α=%5    | 130          | 5.51 |      |      |      |
| O<br>R<br>A<br>N<br>I | G.İçi           | 0.030           | 6             | 0.005           |      | 7.510   | 170          | 5.68 | 5    |      |      |
|                       | Toplam          | 0.104           | 8             |                 |      |         | 150          | 5.72 | 5    | 0    |      |

NaBH<sub>4</sub> oranı %0.3, süre 130, 150 ve 170 dakika değiştirilmesiyle elde edilen *Eucalyptus camaldulensis* pişirmelerine (C2, C5 ve C8 nolu pişirmeler) ait hamurlardan elde edilen test kağıtların yırtılma indisleri sırasıyla 3.31, 4.37 ve 4.45 mN.m<sup>2</sup>/g olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.24.'de yırtılma indisleri uygulanan Varyans analizi ve Duncan testi sonuçlarına göre %5 yanılma ihtimali ile istatistiksel anlamda 130 ile 150 dakikalık ve 130 ile 170 dakikalık pişirmeler arasında önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.24. *Eucalyptus Camaldulensis* Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin 25+5 SR<sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Yırtılma Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.

| VARYANS ANALİZİ  |                 |                 |               |                 |      |         | DUNCAN TESTİ |      |      |      |      |
|------------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|------|---------|--------------|------|------|------|------|
| S<br>Ü<br>R<br>E | Varyans Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbes Derec. | Kareler Ortala. | Sig  | F-hesap |              |      | 130  | 170  | 150  |
|                  |                 |                 |               |                 |      |         |              |      | 3.31 | 4.37 | 4.45 |
|                  | G.Ara.          | 2.430           | 2             | 1.215           | α=%5 | 552.182 | 130          | 3.31 |      |      |      |
| S<br>Ü<br>R<br>E | G.İçi           | 0.013           | 6             | 0.002           |      |         | 170          | 4.37 | 5    |      |      |
|                  | Toplam          | 2.443           | 8             |                 |      |         | 150          | 4.45 | 5    | 0    |      |



Şekil 4.15. *Eucalyptus Camaldulensis* ve *Eucalyptus Grandis* Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin 25±5 SR<sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Yırtılma Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.

Aktif alkali oranı %18, sülfidite oranı %2, sıcaklık 150 °C, NaBH<sub>4</sub> oranı %0.3 ve süre 130, 150 ve 170 dakika, değiştirilmesiyle elde edilen *Eucalyptus grandis* ve *Eucalyptus camaldulensis* yongalarına ait yırtılma indislerinin Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Şekil 4.15.'de verilmiştir.

#### 4.2.4.4. Pişirme Koşullarının Kağıdın Parlaklığı Üzerine Etkisi

Burada, hamur parlaklığı üzerine pişirme işleminde kullanılan pişirme süresi ve NaBH<sub>4</sub> oranı gibi parametrelerin bireysel etkileri incelenmiştir.

Pişirme süresi ve NaBH<sub>4</sub> oranı değiştirilerek elde edilen kağıt hamurlarından yapılan kağıtların 25±5 SR<sup>0</sup> deki parlaklık değeri ortalamaları çizelge 4.25., Şekil 4.16. ve 4.17.'de verilmiştir.

Çizelge 4.25. Kraft-NaBH<sub>4</sub> Yöntemiyle Değişik Pişirme Koşullarında Elde Edilen Hamurların 25±5 SR<sup>0</sup> deki Parlaklık Değerleri.

| PİŞİRME SÜRESİ (Dakika) | NaBH <sub>4</sub> Oranı (%) | <i>Eucalyptus Grandis</i> Parlaklık (%) |       | <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Parlaklık (%) |       |
|-------------------------|-----------------------------|---|-------|---|-------|
|                         |                             | G                                       | G     | C   | C     |
| 130                     | 0.1                         | G1                                      | 27.52 | C1  | 26.33 |
|                         | 0.3                         | G2                                      | 27.21 | C2  | 26.14 |
|                         | 0.5                         | G3                                      | 26.16 | C3  | 26.00 |
| 150                     | -                           | G0                                      | 27.88 | C0  | 26.90 |
|                         | 0.1                         | G4                                      | 26.88 | C4  | 25.43 |
|                         | 0.3                         | G5                                      | 26.25 | C5  | 25.12 |
| 170                     | 0.5                         | G6                                      | 25.62 | C6  | 24.51 |
|                         | 0.1                         | G7                                      | 25.23 | C7  | 24.02 |
|                         | 0.3                         | G8                                      | 24.95 | C8  | 23.87 |
|                         | 0.5                         | G9                                      | 24.78 | C9  | 23.61 |

#### 4.2.4.4.1. Pişirme Süresi ve NaBH<sub>4</sub> Oranının Parlaklık Üzerine Etkisi

130, 150 ve 170 dakika olarak uygulanan pişirmelerde *Eucalyptus grandis* odunlarına ait denemelerde en yüksek parlaklık değeri 150 dakikalık sürede ve NaBH<sub>4</sub> ilavesiz pişirmede 27.88 olarak G0 nolu pişirme olduğu tespit edilmiştir.

Sıcaklık 150 °C, aktif alkali oranı %18, sülfidite oranı %28, ve NaBH<sub>4</sub> oranı %0, 0.1, 0.3 ve 0.5 olarak 4 kademede değiştirilmiş pişirmelerin parlaklık değeri sırasıyla 27.88, 26.88, 26.25 ve 25.62 olarak bulunmuştur.

%0.1 NaBH<sub>4</sub> kullanılarak yapılmış pişirmede (G1) parlaklık değeri 27.52 olarak tespit edilmiştir.

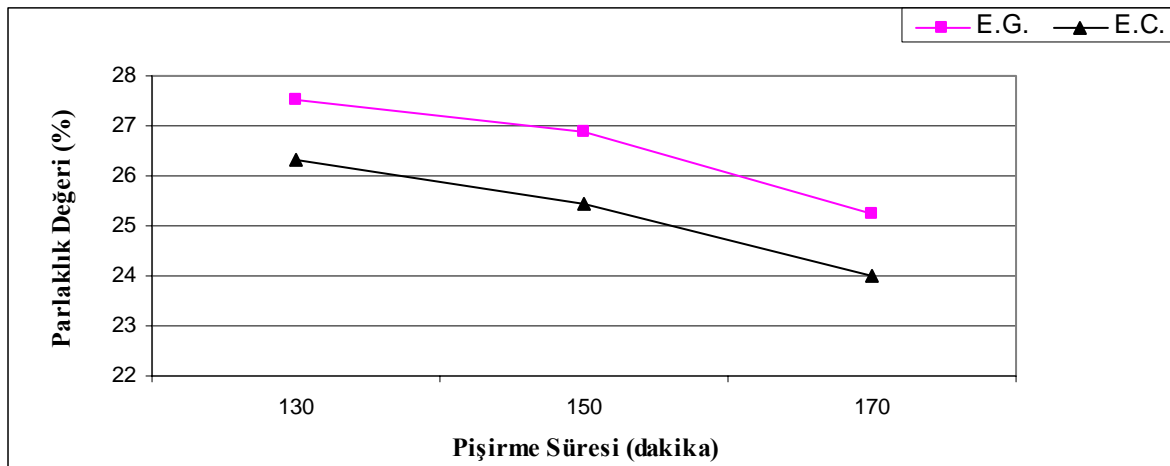
G6 nolu pişirmede NaBH<sub>4</sub> oranı %0.5' e çıkarıldığında, parlaklık değerinde 1.90 birimlik bir azalış meydana getirdiği görülmüştür.

*Eucalyptus camaldulensis* yongalarına uygulanan yöntemde pişirme süreleri 130, 150 ve 170 dakika olarak 3 kademede değiştirilmiş ve en yüksek parlaklık değeri 150 dakikalık %0.1 sodyumborhidrür kullanıldığında C1 nolu pişirmede 26.33 olarak rapor edilmiştir.

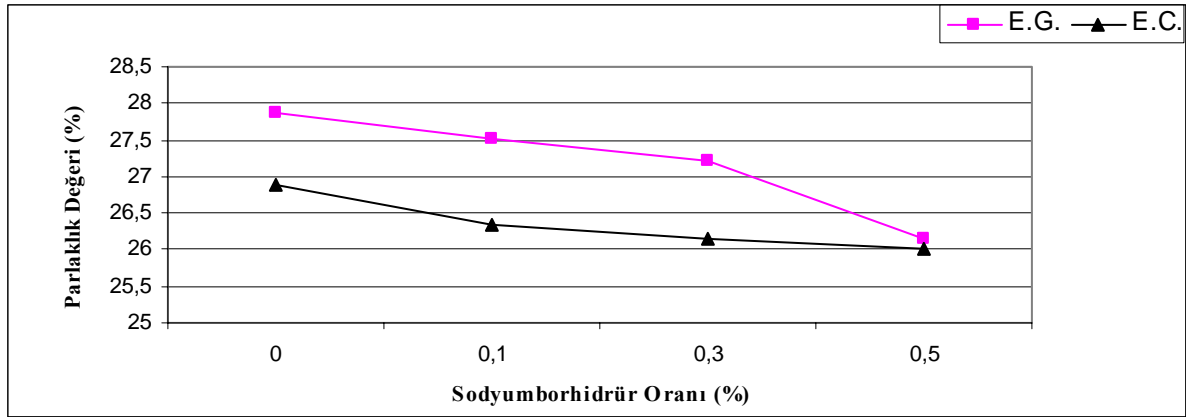
NaBH<sub>4</sub> oranı %0.1, 0.3 ve 0.5 ilaveli pişirmelerin en yüksek parlaklık değeri incelendiğinde %0.1 NaBH<sub>4</sub> oranında 25.43 olarak tespit edilmiştir.

NaBH<sub>4</sub> ilave edilmemiş pişirmede (C1) parlaklık değeri 26.33 olarak bulunmuş, en düşük parlaklık değeri karşılaştırıldığında (C6), %0.5' lik NaBH<sub>4</sub> oranındaki, parlaklık değeri 1.82 birimlik bir azalış meydana geldiği belirlenmiştir.

Türler incelendiğinde en yüksek parlaklık değeri 130 dakika pişirme süresinde ve %0.1 NaBH<sub>4</sub> ilavesindeki pişirmelerden elde edildiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.16. Pişirme Süresinin Parlaklık (%) Üzerine Etkisi



Şekil 4.17. Sodyumborhidrür Oranının Parlaklık (%) Üzerine Etkisi

Sıcaklık 150 °C, aktif alkali oranı %18, sülfidite oranı %28, NaBH<sub>4</sub> oranı % 0.1, 0.3 ve çözelti/yonga oranı 5/1 olarak sabit alınıp, pişirme süreleri 130, 150 ve 170 dakika değiştirilmesiyle elde edilen *Eucalyptus grandis* pişirmelerine (G2, G5 ve G8 nolu pişirmeler) ait hamurlardan elde edilen test kağıtların parlaklık değerleri 24.95, 26.25 ve 27.24 olarak bulunmuş ve çizelge 4.26.' de verilmiştir.

Parlaklık değerlerine uygulanan Varyans analizi ve Duncan testi sonuçlarına göre %5 yanılma payı ile istatistiksel anlamda bütün pişirmeler arasında önemli farklılık bulunmuştur.

Çizelge 4.26. *Eucalyptus Grandis* Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin 25±5 SR<sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Parlaklık Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.

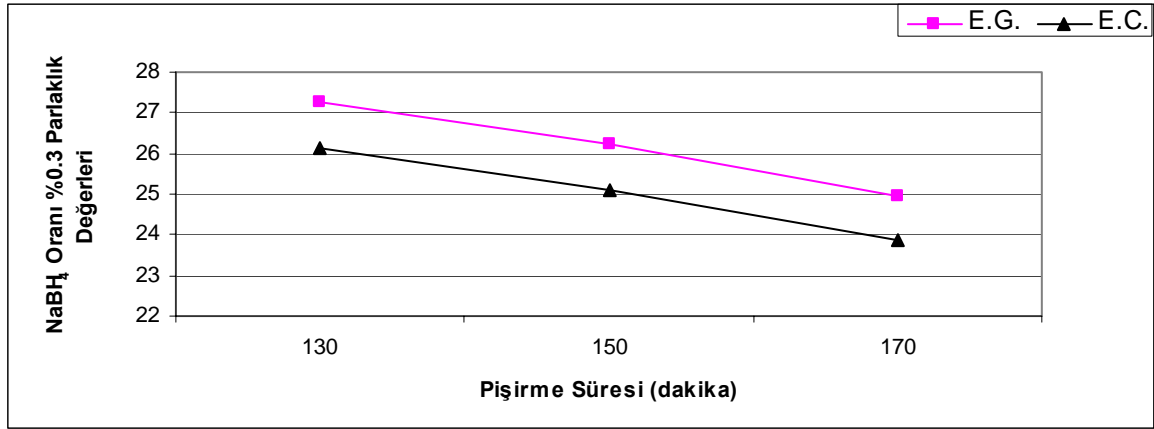
| VARYANS ANALİZİ  |                 |                 |               |                 |      |         | DUNCAN TESTİ |       |       |  |
|------------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|------|---------|--------------|-------|-------|--|
| S<br>Ü<br>R<br>E | Varyans Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbes Derec. | Kareler Ortala. | Sig  | F-hesap |              |       |       |  |
|                  |                 |                 |               |                 |      |         | 170          | 150   | 130   |  |
|                  |                 |                 |               |                 |      |         | 24.95        | 26.25 | 27.24 |  |
|                  | G.Ara.          | 7.719           | 2             | 3.860           | α=%5 | 170     | 24.95        |       |       |  |
|                  | G.İçi           | 0.017           | 6             | 0.003           |      | 150     | 26.25        | 5     |       |  |
|                  | Toplam          | 7.736           | 8             |                 |      | 130     | 27.24        | 5     | 5     |  |

Çizelge 4.27.'de *Eucalyptus camaldulensis* odunlarına uygulanan 130, 150 ve 170 dakika ve NaBH<sub>4</sub> oranı % 0.3 olduğu pişirmelerden (C2, C5 ve C8 nolu pişirmeler) elde edilen test kağıtların parlaklık değerleri sırasıyla 23.87, 25.12 ve 26.14 olarak elde edilmiştir.

Parlaklık değerlerine uygulanan Varyans analizi ve Duncan testi sonuçlarına göre %5 yanılma payı ile istatistiksel anlamda bütün pişirmeler arasında farklılık bulunmuştur.

Çizelge 4.27. *Eucalyptus Camaldulensis* Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin  $25\pm 5$  SR<sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Parlaklık Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.

| VARYANS ANALİZİ  |                 |                 |               |                 |              |         | DUNCAN TESTİ |       |       |       |
|------------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|--------------|---------|--------------|-------|-------|-------|
| S<br>Ü<br>R<br>E | Varyans Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbes Derec. | Kareler Ortala. | Sig          | F-hesap |              |       |       |       |
|                  |                 |                 |               |                 |              |         | 170          | 150   | 130   |       |
|                  |                 |                 |               |                 |              |         |              | 23.87 | 25.12 | 26.14 |
|                  | G.Ara.          | 7.756           | 2             | 3.878           | $\alpha$ =%5 |         | 170          | 23.87 |       |       |
|                  | G.İçi           | 0.011           | 6             | 0.002           |              | 2041.0  | 150          | 25.12 | 5     |       |
|                  | Toplam          | 7.767           | 8             |                 |              |         | 130          | 26.14 | 5     | 5     |



Şekil 4.18. *Eucalyptus Camaldulensis* ve *Eucalyptus Grandis* Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin  $25\pm 5$  SR<sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Parlaklık Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.

Sıcaklık 150 °C, aktif alkali oranı %18, sülfidite oranı %2, NaBH<sub>4</sub> oranı %0.3 ve süre 130, 150 ve 170 dakika, değiştirilmesiyle elde edilen *Eucalyptus grandis* ve *Eucalyptus camaldulensis* yongalarına ait parlaklık değerlerinin Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları şekil 4.18.'de verilmiştir.

#### 4.2.4.5. Pişirme Koşullarının Kağıdın Opaklık Üzerine Etkisi

Yapılan 20 adet Kraft-NaBH<sub>4</sub> pişirmesi ile elde edilen hamurlara ait 25±5 SR<sup>0</sup> deki opaklık değerleri üzerine pişirme değişkenlerden; pişirme süresinin ve NaBH<sub>4</sub> oranının gösterdiği etki çizelge 4.28., şekil 4.19. ve 4.20.'de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Kraft-NaBH<sub>4</sub> Yöntemiyle Değişik Pişirme Koşullarında Elde Edilen Hamurların 25±5 SR<sup>0</sup> deki Opaklık Değerleri.

| PIŞİRME SÜRESİ (Dakika) | NaBH <sub>4</sub> Oranı (%) | <i>Eucalyptus Grandis</i> Opaklık |       | <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> Opaklık |       |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------|---|-------|
| 130                     | 0.1                         | G1                                | 89.91 | C1                                      | 90.62 |
|                         | 0.3                         | G2                                | 88.95 | C2                                      | 88.90 |
|                         | 0.5                         | G3                                | 87.88 | C3                                      | 88.17 |
| 150                     | -                           | G0                                | 90.87 | C0                                      | 91.81 |
|                         | 0.1                         | G4                                | 89.87 | C4                                      | 88.94 |
|                         | 0.3                         | G5                                | 88.66 | C5                                      | 88.25 |
|                         | 0.5                         | G6                                | 87.60 | C6                                      | 88.00 |
| 170                     | 0.1                         | G7                                | 89.54 | C7                                      | 88.82 |
|                         | 0.3                         | G8                                | 88.25 | C8                                      | 88.03 |
|                         | 0.5                         | G9                                | 87.25 | C9                                      | 87.89 |

##### 4.2.4.5.1. Pişirme Süresi ve NaBH<sub>4</sub> Oranının Opaklık Üzerine Etkisi

*Eucalyptus grandis* odunlarına uygulanan 130, 150 ve 170 dakikalık pişirmelere ait en yüksek opaklık değeri 150 dakikalık sürede ve NaBH<sub>4</sub> ilavesiz pişirmede 90.87 olarak G0 nolu pişirme olduğu rapor edilmiştir.

NaBH<sub>4</sub> oranı %0, 0.1, 0.3 ve 0.5 olarak 4 kademe de değiştirilmiş pişirmelerin opaklık değeri sırasıyla 90.87, 89.87, 88.66 ve 87.60 olarak tespit edilmiştir. %0.1 NaBH<sub>4</sub> ilaveli pişirmede (G1) opaklık değeri 89.91 olarak tespit edilmiştir.

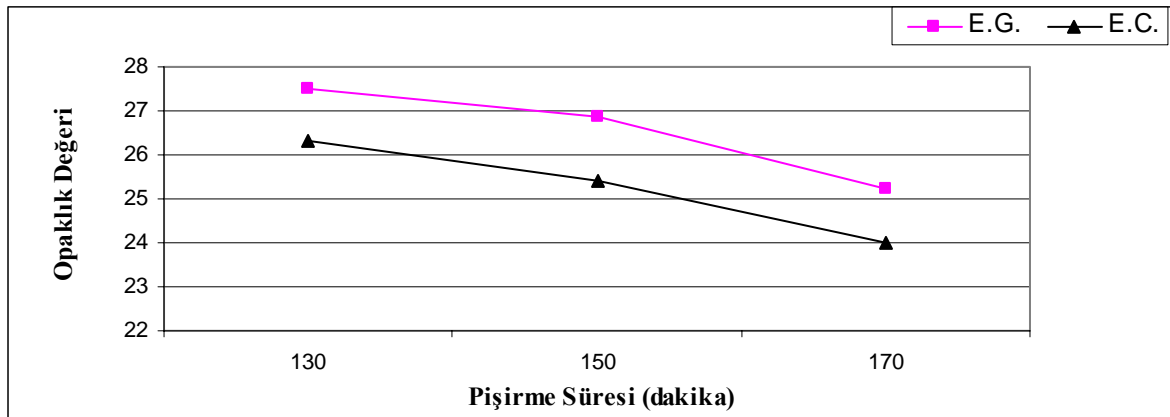
G6 nolu pişirmede NaBH<sub>4</sub> oranı %0.5' e çıkarıldığında, opaklık değerinde 2.31 birimlik bir azalış meydana geldiği görülmüştür.

*Eucalyptus camaldulensis* yongalarına uygulanan pişirme işlemlerinde süreleri 130, 150 ve 170 dakika olarak 3 kademe de değiştirilmiş ve en yüksek opaklık 150 dakikalık sodyumborhidrür kullanılmadan yapılan C0 nolu pişirmede 91.81 olarak rapor edilmiştir.

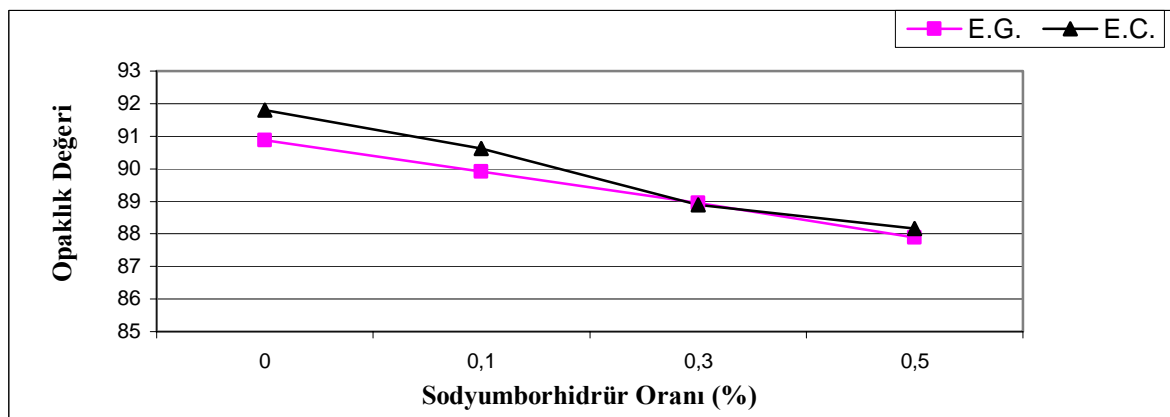
NaBH<sub>4</sub> oranı %0.1, 0.3 ve 0.5 ilaveli pişirmelerin en yüksek opaklık değeri incelendiğinde %0.1 NaBH<sub>4</sub> oranında 87.89 olarak tespit edilmiştir.

%0.1 NaBH<sub>4</sub> ilave edilmiş pişirmede (C1) opaklık değeri 90.62 olarak bulunmuş, en düşük opaklık değeri karşılaştırıldığında (C6), %0.5' lik NaBH<sub>4</sub> oranındaki, opaklık değeri 2.62 birimlik bir azalış meydana geldiği belirlenmiştir.

Yapılan çalışmada odun türleri incelendiğinde en yüksek opaklık değeri 150 dakika pişirme süresinde ve NaBH<sub>4</sub> ilave edilmemiş pişirmelerden elde edildiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.19. Pişirme Süresinin Opaklık Üzerine Etkisi



Şekil 4.20. Sodyumborhidrür Oranının Opaklık Üzerine Etkisi

Çizelge 4.29. *Eucalyptus Grandis* Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin  $25 \pm 5$  SR<sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Opaklık Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.

| VARYANS ANALİZİ  |                 |                 |               |                 |                |         | DUNCAN TESTİ |       |       |  |
|------------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|----------------|---------|--------------|-------|-------|--|
|                  | Varyans Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbes Derec. | Kareler Ortala. | Sig            | F-hesap |              |       |       |  |
|                  |                 |                 |               |                 |                |         | 170          | 150   | 130   |  |
|                  |                 |                 |               |                 |                |         | 88.25        | 88.66 | 88.95 |  |
| S<br>Ü<br>R<br>E | G.Ara.          | 0.742           | 2             | 0.371           | $\alpha = \%5$ | 170     | 88.25        |       |       |  |
|                  | G.İçi           | 0.017           | 6             | 0.003           |                | 150     | 88.66        | 5     |       |  |
|                  | Toplam          | 0.759           | 8             |                 |                | 130     | 88.95        | 5     | 5     |  |



Sıcaklık 150 °C, aktif alkali oranı %18, sülfidite oranı %28, NaBH<sub>4</sub> oranı %0.1, 0.3 ve çözelti/yonga oranı 5/1 olarak sabit alınıp, pişirme süreleri 130, 150 ve 170 dakika değiştirilmesiyle elde edilen *Eucalyptus grandis* pişirmelerine (G2, G5 ve G8 nolu pişirmeler) ait hamurlardan elde edilen test kağıtların opaklık değerleri 88.25, 88.66 ve 88.95 olarak bulunmuş ve çizelge 4.29.' da verilmiştir.

Opaklık değerlerine uygulanan Varyans analizi ve Duncan testi sonuçlarına göre %5 yanılma payı ile istatistiksel anlamda bütün pişirmeler arasında önemli farklılık bulunmuştur.

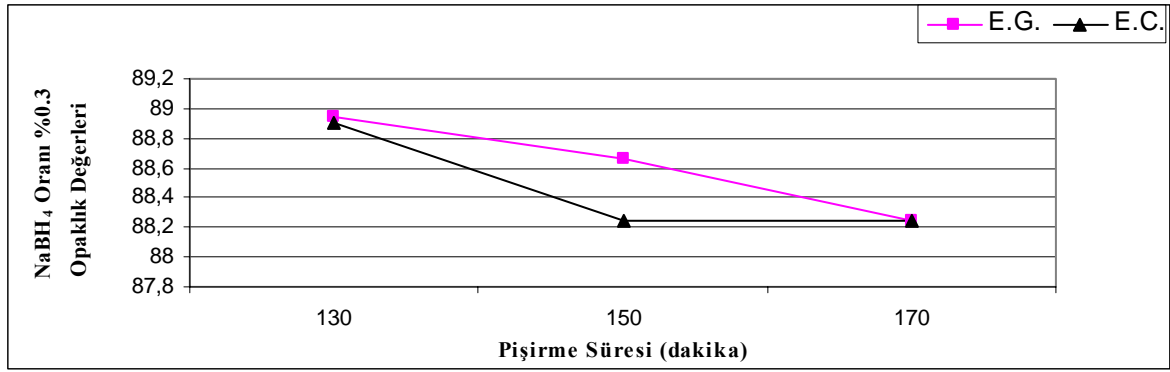
Çizelge 4.30.'da 130, 150 ve 170 dakika ve NaBH<sub>4</sub> oranı %0.3 olduğu *Eucalyptus camaldulensis* odunlarına uygulanan pişirmelerden (C2, C5 ve C8 nolu pişirmeler) elde edilen test kağıtların opaklık değerleri sırasıyla 88.03, 88.25 ve 88.90 olarak elde edilmiştir.

Opaklık değerlerine uygulanan Varyans analizi ve Duncan testi sonuçlarına göre %5 yanılma payı ile istatistiksel anlamda bütün pişirmeler arasında önemli farklılık bulunmuştur.

Çizelge 4.30. *Eucalyptus Camaldulensis* Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin 25±5 SR<sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Opaklık Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.

| VARYANS ANALİZİ  |                 |                 |               |                 |      |         | DUNCAN TESTİ |       |       |       |
|------------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|------|---------|--------------|-------|-------|-------|
| S<br>Ü<br>R<br>E | Varyans Kaynağı | Kareler Toplamı | Serbes Derec. | Kareler Ortala. | Sig  | F-hesap |              |       |       |       |
|                  |                 |                 |               |                 |      |         | 170          | 150   | 130   |       |
|                  |                 |                 |               |                 |      |         |              | 88.03 | 88.25 | 88.90 |
|                  | G.Ara.          | 1.228           | 2             | 0.614           | α=%5 | 170     | 88.03        |       |       |       |
|                  | G.İçi           | 0.012           | 6             | 0.002           |      | 150     | 88.25        | 5     |       |       |
|                  | Toplam          | 1.240           | 8             |                 |      | 130     | 88.90        | 5     | 5     |       |

NaBH<sub>4</sub> oranı %0.3 ve süre 130, 150 ve 170 dakika, değiştirilmesiyle elde edilen *Eucalyptus grandis* ve *Eucalyptus camaldulensis* yongalarına ait opaklık değerlerinin Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Şekil 4.21.'de verilmiştir.



Şekil 4.21. *Eucalyptus Camaldulensis* ve *Eucalyptus Grandis* Yongalarına Ait Pişirme Değişkenlerinin 25+5 SR<sup>0</sup> deki Hamurlardan Elde Edilen Kağıdın Opaklık Üzerindeki Etkisini Gösteren Varyans Analizi ve Duncan Testi Sonuçları.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Okalıptüs (*Eucalyptus camaldulensis*)'ün daralma miktarı %23.27, genişleme miktarı %20.80, lif doygunluğu noktası rutubet miktarı %40.62, hava kuru yoğunluk değeri 0.701 gr/cm<sup>3</sup>, tam kuru yoğunluk değeri 0.684 gr/cm<sup>3</sup> ve hacim ağırlık 573 kg/m<sup>3</sup> değeri elde edilmiştir. Okalıptüs (*Eucalyptus grandis*)'ün daralma miktarı %12.63, genişleme miktarı %11.98, lif doygunluğu noktası rutubet miktarı %27.79, hava kuru yoğunluk değeri 0.528 gr/cm<sup>3</sup>, tam kuru yoğunluk değeri 0.515 gr/cm<sup>3</sup> ve hacim ağırlık 455 kg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.

Bu değerler Okalıptüsün yüksek yoğunluğa sahip ağaç türlerinden biri olduğunu göstermektedir. Yüksek yoğunluğa sahip ağaçlarda mekanik özelliklerde yüksek olmaktadır. Bu nedenle, okalıptüsün direnç değerlerinin de yüksek olacağı sonucu çıkarılabilir.

Bu sonuca istinaden, okalıptüsün yüksek direnç değeri isteyen yapı malzemesi, döşeme materyali, mobilya aksamı, makine altlıkları, ambalaj malzemesi gibi alanlarda kullanılabileceği söylenebilir. Ancak, bu türün suyla olan ilişkisine dikkat edilmelidir. Çünkü bu araştırmadan elde edilen bulgular ve literatürde ki diğer bulgular okalıptüsün teze konu olan iki türünün de hacmen daralma ve genişleme yüzdelerinin oldukça yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Bilindiği gibi okalıptüs hassas ve güç kuruyan bir ağaçtır. Bu nedenle daralma ve genişlemesini azaltmak için hassas bir kurutma yapılması gerekmektedir. Kantay ve ark.(2002)'nin da belirtildiği gibi ön kurutma yapılması odun kalitesi açısından önem arz etmektedir.

Öte yandan, uygun bir kurutmadan sonra okalıptüs, kutu ve sandıklarda, mobilya iç kısımlarda, dekorasyon malzemesi olarak, yonga levha yapımında, kibrit sanayinde, oymacılıkta ve kağıt endüstrisinde de kullanılabileceği söylenebilir.

Okalıptüs odunlarından (*Eucalyptus camaldulensis* ve *Eucalyptus grandis*) kraft-sodyumborhidrür yöntemiyle kağıt hamuru üretiminde en uygun pişirme koşullarını belirlemek amacıyla pişirme değişkenlerinin hamur özellikleri üzerine etkileri bu kısımda topluca ele alınmıştır. Bu amaçla, kraft-sodyumborhidrür pişirmesi üzerinde önemli etkisi bulunan pişirme süresi ve sodyumborhidrür oranı gibi değişkenlerin elde edilen hamurların fiziksel özelliklerinden kopma uzunluğu, patlama ve yırtılma indisi ve optik özelliklerden parlaklık ve opaklık değerleri ile ilgili yapılan Duncan testlerinin toplu bir özeti çizelge 5.1.'de verilmiştir.

Çizelge 5.1.'de fiziksel ve optik özelliklerden en yüksek değeri veren kademenin bir sonraki kademe ile arasında ortalamalar yönünden istatistiksel olarak bir fark varsa yalnızca birinci kademenin, fark yok ise ikinci kademenin de altı çizilmiştir.

Bu plana göre 2 adet değişkenin toplam 5 adet fiziksel ve optik özellik yönünden en fazla sayıda en yüksek değeri veren kademesi pişirme işleminde en uygun kademe olarak alınmıştır. En uygun ikinci kademe ise hemen birinci kademenin altında yazılmıştır.

Çizelge 5.1. Duncan Testi Sonuçlarına Göre Okalıptüs Odunlarından Kraft-NaBH<sub>4</sub> Yöntemiyle Elde Edilen Kağıt Hamuru ve Kağıtların En Uygun Pişirme Koşulları

| Fiziksel ve Optik Özellikler           | Pişirme Koşulları                               |              |   |              |
|--|---|--------------|---|--------------|
|  | <i>Eucalyptus Grandis</i> için<br>Süre (dakika) |              | <i>Eucalyptus Camaldulensis</i> için<br>Süre (dakika) |              |
| Kopma Uzunluğu (km)                    | <u>130</u>                                      | <u>5.91</u>  | <u>130</u>  | <u>4.95</u>  |
|  | <u>170</u>                                      | <u>5.98</u>  | <u>150</u>  | <u>4.98</u>  |
|  | 150   | 6.01         | <u>170</u>  | <u>5.00</u>  |
| Patlama İndisi (kPa.m <sup>2</sup> /g) | <u>130</u>                                      | <u>3.70</u>  | 130   | 3.37         |
|  | <u>150</u>                                      | <u>3.75</u>  | 170   | 3.70         |
|  | 170   | 3.97         | <u>150</u>  | <u>3.83</u>  |
| Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /g) | 130   | 5.51         | 130   | 3.31         |
|  | 170   | 5.68         | 170   | 4.37         |
|  | <u>150</u>                                      | <u>5.72</u>  | <u>150</u>  | <u>4.45</u>  |
| Parlaklık (% Elrepho)                  | 170   | 24.95        | 170   | 23.87        |
|  | <u>150</u>                                      | <u>26.25</u> | <u>150</u>  | <u>25.12</u> |
|  | 130   | 27.24        | 130   | 26.17        |
| Opaklık (%)                            | 170   | 88.25        | 170   | 88.03        |
|  | <u>150</u>                                      | <u>88.66</u> | <u>150</u>  | <u>88.25</u> |
|  | 130   | 88.95        | 130   | 88.90        |
| En Uygun Koşul                         | <b>150</b>                                      |              | <b>150</b>  |              |
|  | <b>130</b>                                      |              | <b>130</b>  |              |

Aktif alkali oranı %18, sülfidite oranı %28, sıcaklık 150 °C, çözelti/yonga oranı 5/1 olarak sabit alınıp, NaBH<sub>4</sub> oranı %0.3 ve pişirme süresi 150 dakika olarak uygulanmış pişirme koşullarını taşıyan G5 nolu pişirme, *Eucalyptus grandis* pişirmeleri arasından en uygun pişirme olarak tespit edilmiştir.

Bu pişirmeye ait koşullar aşağıda verilmiş ve kraft-NaBH<sub>4</sub> yönteminde optimum pişirme koşulu olarak seçilmiştir.

Sülfidite oranı: %28  
Aktif alkali oranı: %18  
NaBH<sub>4</sub> oranı : %0.3  
Sıcaklık: 150 °C  
Süre: 150 dakika  
Çözelti/yonga oranı: 5/1

Sülfidite oranı %28, aktif alkali oranı %18, çözelti/yonga oranı 5/1, sıcaklık 150 °C, olarak sabit alınıp, NaBH<sub>4</sub> oranı %0.3 ve pişirme süresi 150 dakika olarak uygulanmış pişirme koşullarını taşıyan C5 nolu pişirme, *Eucalyptus camaldulensis* pişirmeleri bir biri ile kıyaslandığında en uygun pişirme olarak rapor edilmiştir.

Yukarıdaki değerlendirmelere göre, *Eucalyptus camaldulensis* odunlarından kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle kağıt hamuru üretiminde fiziksel ve optik özellikler yönüyle en uygun pişirme koşulu aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

Sülfidite oranı: %28  
Aktif alkali oranı: %18  
NaBH<sub>4</sub> oranı : %0.3  
Sıcaklık: 150 °C  
Süre: 150 dakika  
Çözelti/yonga oranı: 5/1

Kraft hamuru üretiminde %0.3 NaBH<sub>4</sub> ilavesinin hamur verimini *Eucalyptus camaldulensis* pişirmelerinde %4.74, *Eucalyptus grandis* pişirmelerinde ise %6.01 oranında artırdığı tespit edilmiştir.

Kraft hamuru pişirme değişkenlerinde uygulanan %0.5 NaBH<sub>4</sub> ilavesinin kappa numarasını *Eucalyptus camaldulensis* pişirmelerinde 2.78 birimlik, *Eucalyptus grandis* pişirmelerinde ise 3.82 birimlik bir azalmayı meydana geldiği belirlenmiştir.

Kraft pişirme değişkenlerinde uygulanan %0.5 NaBH<sub>4</sub> ilavesinin hamur viskozite üzerindeki etki incelendiğinde, *Eucalyptus grandis* pişirmelerine ait hamurlarda 3.8 cp'lik, *Eucalyptus camaldulensis* pişirmelerine ait hamurlarda ise 3.0 cp'lik azalma meydana getirmiştir.

%0.3 NaBH<sub>4</sub> ilavesinin hamurların kopma uzunlukları üzerinde *Eucalyptus grandis* pişirmelerinde 1.25 km, *Eucalyptus camaldulensis* pişirmelerinde ise 1.01 km'lik bir artış oluşturduğu tespit edilmiştir.

%0.3 NaBH<sub>4</sub> ilaveli hamurlarda patlama indisleri üzerinde *Eucalyptus grandis* pişirmelerinde 0.85 kPa.m<sup>2</sup>/g, *Eucalyptus camaldulensis* pişirmelerinde ise 0.95 kPa.m<sup>2</sup>/g'lik bir artış meydana getirmiştir.

Kraft pişirme değişkenlerinden %0.3 NaBH<sub>4</sub> ilaveli hamurlarda yırtılma indisleri *Eucalyptus grandis* pişirmelerinde 1.08 mN.m<sup>2</sup>/g, *Eucalyptus camaldulensis* pişirmelerinde ise 0.91 mN.m<sup>2</sup>/g'lik bir artış meydana getirdiği tespit edilmiştir.

Hamur parlaklığı üzerine pişirme işleminde kullanılan %0.3 NaBH<sub>4</sub> ilaveli hamurlarda *Eucalyptus grandis* pişirmelerinde 3.1 birim, *Eucalyptus camaldulensis* pişirmelerinde ise 2.39 birimlik bir azalışın meydana geldiği belirlenmiştir.

%0.3 NaBH<sub>4</sub> ilaveli hamurlarda opaklık değerleri üzerinde *Eucalyptus grandis* pişirmelerinde 3.62 birim, *Eucalyptus camaldulensis* pişirmelerinde ise 3.81 birimlik bir azalış görülmüştür.

NaBH<sub>4</sub>'ün kağıt teknolojisinde daha ekonomik bir şekilde kullanılabilirliği yönünde çalışmalar yapılmalıdır. Günümüzde NaBH<sub>4</sub> oldukça pahalı bir madde olmasına rağmen, gelecekte bor cenneti olarak ifade edilen Türkiye'de bir bor bileşiği olan NaBH<sub>4</sub>'ün daha ekonomik bir şekilde kullanıma sunulacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma ile hammadde sıkıntısı yaşayan Ülkemizde kağıt hamuru ve kağıt üretim endüstrisine katkı sağlayacak okaliptüs odunlarından verimi ve fiziksel direnç özellikleri yüksek kağıtlar üretilecektir.

Ayrıca bu çalışma ile borlu bileşiklerin bir çok kullanım yerine kağıt hamuru endüstrisinde eklenmiş ve bundan sonra bu alanda yapılacak araştırmalara temel teşkil edilebilecek bir araştırmadır.

## KAYNAKLAR

- AVCIOĞLU, E., GÜRSES, M., K., GÜLBABA, A., G., GENÇ, A., ÖZKURT, N., ÖZKURT, A., 1994. Türkiye’de Okaliptüslerin Yetişebileceği Bölgelerde Tür ve Orijin Seçimi Üzerine Araştırmalar, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten No: 1, Tarsus, 60 s.
- ANONİM, 1993. Kağıt Sanayi ve Seka Balıkesir Müessesesi tanıtım kitapçığı s.1
- ANONİM, 2006. Selüloz ve Kağıt Sanayi Vakfı Sektör Görüşü.
- ANONİM, 2007a. Bor ve Bor Elementi. <http://filimsi.net/turkiyenin-gelecegi-bor/>
- ANONİM, 2007b. Kahramanmaraş Kağıt Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi Kağıt Fabrikası Arşivinden Alınan Bilgiler.
- ANONİM 2007c. Performance of Up-flow Anaerobic Filter Treating Wastewater From Saa paper Industry <http://www.grad.cmu.ac.th/abstract/2000/eng/abstract/eng04008.html>.
- ANONİM, 2007d. Okaliptüs Hakkında Bilgiler.[www.sifalibitki.com/?sayfa=liste&harf=O-31k](http://www.sifalibitki.com/?sayfa=liste&harf=O-31k).
- BENERJEE, K., CHEREMISINOFF, P.N., CHANGE. S.L. 1997. Adsorption Kinetics ofOxylene by Flyash. Water Res. 31(2). pp249-261.
- BEKTAŞ, İ. 1997. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Odununun Teknolojik Özellikleri ve Yörelere Göre Değişimi. İ.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- BEKTAŞ, İ. 1989. *Pinus radiata* D.Don.’nın Bazı Fiziksel, Mekanik Özellikleri ve Kullanım Yerleri Hakkında Araştırmalar. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- ÇAKIR, M., 1989. Okaliptüs Ağaçlandırmalarının Ekonomik Analizleri ve Verimliliği. Orman Bakanlığı, 1. Ormancılık Şurası, Tebliğler ve Ön Çalışma Grubu Raporları, Cilt:3, Yayın No:006, Ankara.
- DİNER, A., KOÇER, S., 1999. “I-214” Melez Kavak Ağaçlandırmalarında Ara Tarımın Kavakçılık Ekonomisine Etkileri, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No:189, İzmit.
- DPT, 2001. Devlet Planlama Teşkilatı, 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ormancılık Özel İhtisas Komisyon Raporu, Ankara.
- DOĞU D., 2002. Odun Yapısı Üzerinde Etkili Faktörler, DOA Dergisi, 2:81-102
- DOĞRU, M., 1988. Klonal Okaliptüs Ağaçlandırma İmkanları ve Bu Çalışmalara Ait Ön Ekonomik Değerlendirmeler (Rapor), Ankara
- EROĞLU, H. 1979. Kağıt Fabrikasyonu Ders Notları. K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 29. 236 s.
- EROĞLU, H., USTA, M. 2004. Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi. Ders Kitabı. KTÜ. Trabzon s. 323-325.
- FAO, 1979. Forestry Series, Eucalypts For Planting, Rome
- FAO, 2000. Global Forest Resources Assesment 2000 Main Report <http://www.fao.org/forestry/fo/fra/main/index.jsp>.
- GÖNTEKİ E. 2006. Sahil Çamı (*pinus pinaster*) Yongalarının Kraft Yöntemiyle Kağıt Hamuru Üretimine NaBH<sub>4</sub>’ün Etkisi, ZKU, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi, Zonguldak.
- GÜLBABA, A.G., 2002. Okaliptüste Genetik Islah Çalışmaları: Klon Denemesi 6 Yıllık Sonuçları, DOA Dergisi Sayı 8, Tarsus.

- GÜRBOY, B., ÖZDEN, Ö., 1994. *E. camaldulensis* ve *E. grandis* Odununun Hacim-Ağırlık Değerleri ve Lif Morfolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, 44(1):101-109.
- GÜRSES, M.K., 1990. Dünyada ve Türkiye’de Okaliptüs. Kavak ve Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi, “Türkiye’de Okaliptüs Yetiştiriciliğinin 50. Yılı”, İzmit.
- GÜRSES, M.K., AVCIOĞLU, E., GÜLBABA, A.G., ÖZKURT, N., ÖZKURT, A. 1998. Kağıt Hamuru Üretimine Uygun Okaliptüs Tür ve Orijinlerinin Seçimi, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No:4, Tarsus.
- GÜRSES, M.K., 1998. *Eucalyptus Camaldulensis*’in Yetiştirme Ortamı İstekleri, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No:4, Tarsus.
- KAĞITÇI, M.A. 1977. Kağıdın gelişimi. Eczacıbaşı Dergisi, 4:6-11.
- KANTAY, R., AS, N., ÜNSAL, Ö., 2000. Okaliptüs Kerestesinin Teknik Kurutma Özellikleri, DOA Dergisi, Sayı:5, Tarsus.
- KOÇER, S., 1990. Okaliptüs Ağaçlandırmalarında Karlılık, Kavak ve Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi, “Türkiye’de Okaliptüs Yetiştiriciliğinin 50. Yılı”, İzmit.
- KOÇER, S., 1999. Türkiye’de Kavakçılığın Geliştirilmesinde Yeni Finansman Olanakları. Doktora tezi. Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No:190, İzmit.
- LEBLEBİCİ, A. 2007, Kahramanmaraş Kağıt Fabrikasında Kullanılan Taze ve Atık Suların İncelenmesi ve Arıtılması, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- ÖZKURT, A., 1994. Çukurova Bölgesinde Okaliptüs İşletmeciliğinin Yapısı ve Ekonomisi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- ÖZKURT A. 1994. Türkiye’de Okaliptüslerin Yetiştirilebileceği Bölgelerde Tür ve Orijin Seçimi Üzerine Araştırmalar, Doğu Akdeniz Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten: 1.
- ÖZKURT, A., 2000. Doğu Akdeniz Bölgesinde Orman Ürünleri Sanayii’nde Okaliptüsün Yeri ve Karşılaşılan Sorunlar, Türkiye’de Ve Kahramanmaraş Yöresinde Orman Ürünleri Sanayiinin Önemi, Bugünkü Durumu ve Geliştirilmesi (Panel), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Rektörlüğü, Yayın No:70, Kahramanmaraş.
- ÖZKURT, A. 2002. Türkiye’de Okaliptüs Plantasyonları: Problemler, Yönetim ve Fırsatlar Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No:8, Tarsus.
- ÖZKURT, A. TÜFEKÇİ, S., YILMAZ, E., 2001. Okaliptüs (*E. camaldulensis* Dehn.) Plantasyonlarında Ara Tarım Olanaklarının Araştırılması. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No:13, Tarsus.
- TÜFEKÇİ, S. 2001. Odun Kömürü ve Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Odun Kömürünün Özellikleri, DOA Dergisi Sayı:7, Tarsus.
- TUTUŞ A. 2005. Borlu Bileşiklerin Kağıt Hamuru Üretimi ve Ağartmada Kullanılması. I Ulusal Bor Çalıştay Bildirileri Kitabı. Ankara. s.399.
- TUTUŞ A. 2006. Pamuk Saplarından Kraft-Sodyumborhidrür (NaBH<sub>4</sub>) Yöntemiyle Kağıt Hamuru Üretimi, III. Uluslararası Bor Sempozyumu Bildirileri Kitabı, s.81-84, Ankara.
- TUTUŞ A. 2000. Buğday Saplarından Kağıt Hamuru Üretiminde Kullanılan Soda Oksijen Soda Antrakinon ve Soda Yöntemlerinin Silis Problemi ve Diğer Yönlerden Karşılaştırılması, ZKU, Fen bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Zonguldak.



**ÖZGEÇMİŞ**

1983 tarihinde Mersin’de doğan Ümit AYATA, ilk, orta ve lise eğitimini Mersin’de tamamladıktan sonra Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünde 2005 yılında mezun oldu. 2005 yılında KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Müh. Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı ve Şubat 2008’de bu Anabilim Dalından mezun oldu.