

**DÜZCE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ANADOLU KESTANESİ (*Castanea sativa* Mill.) VE  
TÜRK FINDIĞI (*Corylus colurna* L.) ODUNLARINDAN  
MODİFİYE KRAFT YÖNTEMİ İLE KAĞIT HAMURU  
ÜRETİMİ OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

**Ebru AYTEKİN**

**ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**OCAK 2011  
DÜZCE**



**DÜZCE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ANADOLU KESTANESİ (*Castanea sativa* Mill.) VE  
TÜRK FINDIĞI (*Corylus colurna* L.) ODUNLARINDAN  
MODİFİYE KRAFT YÖNTEMİ İLE  
KAĞIT HAMURU ÜRETİMİ ÜZERİNE  
OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

**Ebru AYTEKİN**

**ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**OCAK 2011  
DÜZCE**

Ebru AYTEKİN tarafından hazırlanan “Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) ve Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.) odunlarından modifiye kraft yöntemi ile kağıt hamuru üretimi olanaklarının araştırılması” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Mehmet AKGÜL .....

Tez Danışmanı

DÜ. FBE Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma jürimiz tarafından oy birliği ile DÜ FBE Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Mehmet AKGÜL (Başkan) .....

Orman Endüstri Mühendisliği, Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Yalçın ÇÖPÜR .....

Orman Endüstri Mühendisliği, Düzce Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Birol Üner .....

Orman Endüstri Mühendisliği, Süleyman Demirel Üniversitesi

14.01.2011

Bu tez ile Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onaylamıştır.

Prof. Dr. Refik KARAGÜL .....

Fen Bilimleri Enstitü Müdürü

## ÖNSÖZ

“Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) ve Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.) odunlarından modifiye kraft yöntemi ile kağıt hamuru üretimi olanaklarının araştırılması” başlıklı bu çalışma Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek Lisans Tez danışmanlığımı üstlenerek, çalışmalarım boyunca göstermiş olduğu her türlü destek ve yardımlardan dolayı çok değerli Hocam Doç.Dr.Mehmet AKGÜL'e en içten dileklerle teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarımızın gerçekleştiği İstanbul Üniversitesi'nin Kağıt Hamuru Laboratuvarlarını kullanımına açan ve yardımlarını esirgemeyip her türlü desteği sağlayan ; Prof.Dr.Bahattin GÜRBOY'a teşekkürü bir borç bilirim.

Bunun yanında laboratuvar çalışmalarında yardımlarını gördüğüm, Lisans öğrencileri; Ayhan CANDAN ve İbrahim Doğan ŞAN' a ayrıca Yüksek Lisans Öğrencisi Salih Aksoy'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Ocak, 2011

Ebru AYTEKİN

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİL LİSTESİ .....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ .....	ix
SEMBOL LİSTESİ.....	x
ÖZ .....	xi
ABSTRACT .....	xii
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	3
2.1.KAĞIDIN TARİHÇESİ .....	3
2.1.1.Kağıt Kronoloji.....	5
2.1.2.Türkiye’de Kağıt Gelişimi .....	8
2.2.KİMYASAL HAMUR ÜRETİMİ.....	11
2.2.1.Kraft (Sülfat) Yöntemi.....	11
2.2.1.1.Kraft (Sülfat) Pişirme Kimyası.....	13
2.2.1.1.1.Kimyasallar.....	13
2.2.1.1.2 Lignin Reaksiyonları.....	14
2.2.1.1.3.Karbonhidrat Reaksiyonları.....	17
2.2.1.1.4.Soyulma Reaksiyonu.....	19
2.2.1.1.5 Alkalen Hidrolizi.....	20
2.2.1.2.Alkali Yöntemlerle Kağıt Hamuru Üretiminde Kullanılan Terimler...	21
2.2.1.3. Kraft Yönteminde Değişkenlerin Pişirme Üzerine Etkisi.....	22
2.2.1.3.1.Kullanılan Odunun türü.....	22
2.2.1.3.2.Odunun durumu.....	23
2.2.1.3.3.Pişirme Çözeltisi.....	23
2.2.1.3.4. Pişirme Süresi ve Sıcaklığı.....	25
2.2.1.4.Kraft Kağıt Hamurlarının Özellikleri.....	26
2.2.2.Sodyum borhidrür (NaBH <sub>4</sub> ) Modifikasyonlu Pişirme .....	26
2.2.2.1.Sodyum borhidrür (NaBH <sub>4</sub> ) Tanımı ve Tarihi .....	26
2.2.2.2. Dünya’da ve Türkiye’de Bor Cevrehi Rezerv Dağılımı.....	28

2.2.2.3.Sodyum borhidrür (NaBH <sub>4</sub> ) 'ün Kullanım Alanları ve Kağıt Pişirmede Kullanılması.....	30
2.2.2.4.Sodyum borhidrür (NaBH <sub>4</sub> ) 'ün Kraft Pişirmesine Etkisi.....	32
2.3.LİTERATÜR ÇALIŞMA .....	33
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	40
3.1.MATERYAL .....	40
3.1.1.Anadolu Kestanesi( <i>Castanea sativa</i> Mill.) Botanik, Anatomik, Kimyasal ve Teknolojik Özellikleri.....	40
3.1.1.1.Anadolu Kestanesi( <i>Castanea sativa</i> Mill.)Araştırma Örneklerinin Temini.....	44
3.1.2.Türk Fındığının( <i>Corylus colurna</i> L.) Botanik, Anatomik, Kimyasal ve Teknolojik Özellikleri.....	44
3.1.2.1. Türk Fındığının( <i>Corylus colurna</i> L.) Araştırma Örneklerinin Temini	46
3.2.YÖNTEM.....	46
3.2.1.Kimyasal Analize Ait Yöntemler.....	47
3.2.1.1.Rutubet Tayini.....	47
3.2.1.2.Holoselüloz Tayini.....	47
3.2.1.3.Alfa Selüloz Miktarının Belirlenmesi.....	48
3.2.1.4.Lignin Tayini.....	49
3.2.1.5.Odundaki Kül Oranı .....	50
3.2.1.6.Alkol-Benzen 'de Çözünürlük.....	50
3.2.1.7. %1 Sodyum Hidroksitte Çözünürlük.....	50
3.2.1.8.Soğuk Suda Çözünürlük.....	51
3.2.1.9.Sıcak Suda Çözünürlük.....	51
3.2.2.Hamurun Elde Edilmesi.....	51
3.2.2.1.Hamurun Elde Edilmesinde Uygulanan Yöntemler.....	51
3.2.2.2.Kappa Numarası Tayini.....	52
3.2.2.3.Hamur Viskozitesinin Belirlenmesi.....	52
3.2.3.Elde Edilen Kağıt Hamurlarından Deneme Kağıdı Yapımında Uygulanan Yöntemler.....	55
3.2.4.Deneme Kağıtlarına Uygulanan Fiziksel ve Optik Testler.....	57
4.BULGULAR .....	61
4.1.KİMYASAL ANALİZLERE AİT BULGULAR .....	61

4.1.1.Sülfat-Bor yöntemiyle Anadolu Kestanesi ve Türk Fındığı Odunlarından Elde Edilen Kağıt Hamurlarına Ait Bulgular.....	61
4.1.2.Anadolu Kestanesi ve Türk Fındığı Odunundan Kraft ,Kraft-NaBH <sub>4</sub> Yöntemleriyle Elde Edilen Hamurlara Ait Bulgular.....	62
4.2.1.Yapılan Denemeler Sonucu Elde Edilen Kağıt Hamurlarının Verim ve Kimyasal Özelliklerine Ait Bulgular.....	62
4.2.2.Sülfat-Bor Yöntemiyle Anadolu Kestanesi ve Türk Fındığı Odunlarından Elde Edilen Kağıt Hamurlarından Yapılan Test Kağıtlarının Fiziksel ve Optik Özellikleri.....	64
5.İRDELEME VE DEĞERLENDİRME.....	66
5.1. KİMYASAL ANALİZLERE AİT BULGULARIN İRDELENMESİ.....	66
5.2.SÜLFAT-BOR YÖNTEMİYLE ANADOLU KESTANESİ VE TÜRK FINDIĞI ODUNLARINDAN ELDE EDİLEN KAĞIT HAMURLARINA AİT DEĞERLENDİRMELER.....	68
5.2.1.Anadolu Kestanesi ve Türk Fındığı Odunlarından Sülfat –Bor Yöntemi İle Kağıt Hamuru Üretiminde Pişirme Koşullarının Kağıt Hamurlarının Verim ve Kimyasal Özelliklerine Etkisi.....	68
5.2.1.1.Pişirme koşullarının verim üzerine etkisi.....	68
5.2.1.1.1.Pişirme Süresinin Verim Üzerine Etkisi.....	70
5.2.1.1.2. Aktif Alkalinin Verim Üzerine Etkisi.....	71
5.2.1.2.Pişirme Koşullarının Kappa Numarası Üzerine Etkisi.....	72
5.2.1.2.1. Pişirme Süresinin Kappa Numarası Üzerine Etkisi.....	73
5.2.1.2.2.Aktif Alkalinin Kappa Numarası Üzerine Etkisi.....	74
5.2.1.3. Pişirme Koşullarının Viskozite Üzerine Etkisi.....	76
5.2.1.3.1. Pişirme Süresinin Viskozite Üzerine Etkisi.....	76
5.2.1.3.2. Aktif Alkalinin Viskozite Üzerine Etkisi.....	78
5.2.1.4. Sodyum Borhidrürün Verim ve Kimyasal Özelliklere Etkisi.....	80
5.2.1.4.1. Sodyum Borhidrürün Verim Üzerine Etkisi.....	80
5.2.1.4.2. Sodyum Borhidrürün Kappa Numarası Üzerine Etkisi.....	81
5.2.1.4.3. Sodyum Borhidrürün Viskozite Üzerine Etkisi.....	83

5.2.2. Anadolu Kestanesi ve Türk Fındığı Odununun,Sodyum-Bor Pişirmelerinden Elde Edilen Test Kağıtlarının Fiziksel Ve Optik Özellikleri Üzerine Pişirme Koşullarının Etkisinin İrdelenmesi.....	84
5.2.2.1.Pişirme Koşullarının Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi .....	86
5.2.2.1.1. Pişirme Süresinin Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi .....	86
5.2.2.1.2. Alkali Oranının Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi .....	87
5.2.2.1.3. Sodyum Borhidrür Oranının Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi.....	89
5.2.2.2. Pişirme Koşullarının Patlama İndisi Üzerine Etkisi.....	90
5.2.2.2.1.Pişirme Süresinin Patlama İndisi Üzerine Etkisi.....	90
5.2.2.2.2.Alkali Oranının Patlama İndisi Üzerine Etkisi.....	92
5.2.2.2.3.Aktif Sodyum Borhidrür Oranının Patlama İndisi Üzerine Etkisi.....	94
5.2.2.3.Pişirme Koşullarının Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi.....	96
5.2.2.3.1.Pişirme Süresinin Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi.....	96
5.2.2.3.2 Aktif Alkali Oranının Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi.....	97
5.2.2.3.3 Sodyum Borhidrür Oranının Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi.....	99
5.2.2.4.Pişirme Koşullarının Parlaklık Üzerine Etkisi .....	101
5.2.2.4.1. Pişirme Süresinin Parlaklık Üzerine Etkisi .....	101
5.2.2.4.2.Aktif Alkali Oranının Parlaklık Üzerine Etkisi .....	102
5.2.2.4.3. Sodyum Borhidrür Oranının Parlaklık Üzerine Etkisi.....	104
6.TARTIŞMA VE SONUÇ.....	106
KAYNAKLAR.....	109
ÖZGEÇMİŞ.....	114



## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1. Kağıt Fabrikası.....	3
Şekil 2.1. Hamidiye Kağıt Fabrikası .....	9
Şekil 2.2. İzmit Kağıt Fabrikası.....	10
Şekil 2.3. Lignini oluşturan birimler .....	14
Şekil 2.4. Odun Yongalarının Delignifikasyonunda Farklı Evreler.....	17
Şekil 2.5. Bor 'un Kırystal yapısı.....	27
Şekil 2.6. NaBH <sub>4</sub> 'ün Aldehit Keton Guruplarını Hidroksil Gurubuna İndirgeme Reaksiyonu.....	31
Şekil 3.1. Anadolu Kestanesi ( <i>Castanea Sativa</i> Mill.) Ağacı.....	40
Şekil 3.2. Anadolu Kestanesinin yaprakları ve meyvesi.....	41
Şekil 3.3. Anadolu kestanesi çiçekleri.....	42
Şekil 3.4. Anadolu Kestanesinin İlkbahar ve yaz odunu traheleri.....	43
Şekil 3.5. Anadolu Kestanesinin traheleri ve öz ışınları (teğet kesit).....	43
Şekil 3.6. Türk Fındığı ( <i>Corylus colurna</i> L.) ağacı.....	44
Şekil 3.7. Türk fındığının meyvesi (A) ve çiçekleri; erkek çiçek, (B) dişi çiçek(C) .....	45
Şekil 3.8. Türk fındığı yaprakları.....	46
Şekil 3.9. PFI Değirmeni .....	55
Şekil 3.10. Lif açıcı .....	56
Şekil 3.11. Rapid-Köthen Elde Kağıt yapma makinesi.....	56
Şekil 3.12. Kağıt numunelerini testlere hazırlanması.....	57
Şekil 3.13. Patlama direnci belirlemede kullanılan Müllen aleti .....	58
Şekil 3.14. Patlamayı gerçekleştiren kocuuk.....	59
Şekil 3.15. Elmendorf Cihazı.....	60
Şekil 5.1. Anadolu Kestanesinde Pişirme Süresinin Verim Üzerine Etkisi.....	70
Şekil 5.2. Türk Fındığında Pişirme Süresinin Verim Üzerine Etkisi.....	70
Şekil 5.3. Anadolu Kestanesi Odunundan Diğer Pişirme Koşulları Sabit Olmak Üzere Aktif Alkalinin Verim Üzerine Etkisi .....	70
Şekil 5.4. Türk Fındığında Diğer Pişirme Koşulları Sabit Olmak Üzere Aktif Alkalinin Verim Üzerine Etkisi.....	72
Şekil 5.5. Anadolu Kestanesi Odununun Pişirme Süresi - Kappa İlişkisi.....	73
Şekil 5.6. Türk Fındığı Odununun Pişirme Süresinin Kappa Numarası Üzerine Etkisi.....	74
Şekil 5.7. Anadolu Kestanesi Odununun Aktif alkali – Kappa No İlişkisi.....	75
Şekil 5.8. Türk Fındığı Odununda ; Aktif Alkali Oranının Kappa Numarası Üzerine Etkisi.....	76
Şekil 5.9. Anadolu Kestanesi Odununun Viskozite – Pişirme Süresi İlişkisi....	77
Şekil 5.10. Türk Fındığı Oduunun Pişirme Süresinin Viskozite Üzerine Etkisi.....	78
Şekil 5.11. Anadolu Kestanesi Odununun Viskozite Aktif Alkali ilişkisi.....	79
Şekil 5.12. Türk Fındığı Odununun Aktif Alkali Oranının Viskozite Üzerine Etkisi.....	79
Şekil 5.13. Anadolu Kestanesi Odununun Sodyum Borhidrür ' ün Toplam Verime Etkisi.....	80

Şekil 5.14. Türk Fındığında Diğer Pişirme Koşulları Sabitken $\text{NaBH}_4$ Oranının Verim Üzerine Etkisi.....	81
Şekil 5.15. Anadolu Kestanesi Odununun Sodyum Borhidrür ' ün Kappa No Üzerine Etkisi.....	82
Şekil 5.16. Türk Fındığı Odununun Sodyum Borhidrür Oranının Kappa Numarası Üzerine Etkisi.....	82
Şekil 5.17. Anadolu Kestanesi Odununun Sodyum Borhidrür ' ün Viskozite Üzerine Etkisi.....	83
Şekil 5.18. Sodyum Borhidrür Oranının Viskozite Üzerine Etkisi.....	84
Şekil 5.19. Anadolu Kestanesi odunu ;Pişirme süresinin Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi.....	86
Şekil 5.20. Türk Fındığı odunu ;Pişirme süresinin Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi.....	87
Şekil 5.21. Anadolu Kestanesi Odunu kağıt numunelerinin; Aktif Alkali Oranının Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi.....	88
Şekil 5.22 . Türk Fındığı Odunu kağıt numunelerinin; Aktif Alkali Oranının Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi.....	88
Şekil 5.23. Anadolu Kestanesi Sodyum Borhidrür Oranının Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi.....	89
Şekil 5.24. Türk Fındığı Sodyum Borhidrür Oranının Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi.....	90
Şekil 5.25. Anadolu Kestane Odunun Pişirme Süresinin Patlama İndisi Üzerine Etkisi.....	91
Şekil 5.26. Türk Fındığı Odunun Pişirme Süresinin Patlama İndisi Üzerine Etkisi.....	92
Şekil 5.27. Anadolu Kestanesi Odunu Aktif Alkali Oranının Patlama İndisi Üzerine Etkisi.....	93
Şekil 5.28. Türk Fındığı; Aktif Alkali Oranının Patlama İndisi Üzerine Etkisi	94
Şekil 5.29 Anadolu Kestanesi Sodyum Borhidrür Oranının Patlama İndisi Üzerine Etkisi.....	95
Şekil 5.30 Türk Fındığı ; Sodyum Borhidrür Oranının Patlama İndisi Üzerine Etkisi.....	95
Şekil 5.31 Anadolu Kestanesi Pişirme Süresinin Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi.....	96
Şekil 5.32 Türk fındığı Pişirme Süresinin Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi.....	97
Şekil 5.33 Anadolu Kestanesi Aktif Alkali Oranının Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi.....	98
Şekil 5.34 Aktif Alkali Oranının Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi.....	99
Şekil 5.35 Anadolu Kestanesi Odununun; Sodyum Borhidrür Oranının Yırtılma İndisi.....	99
Şekil 5.36 Türk Fındığı Sodyum Borhidrür Oranının Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi.....	100
Şekil 5.37. Anadolu Kestanesi Pişirme Süresinin Parlaklık Üzerine Etkisi.....	101
Şekil 5.38. Türk Fındığı Pişirme Süresinin Parlaklık Üzerine Etkisi.....	102

Şekil 5.39.Anadolu Kestanesi Aktif Alkali Oranının Parlaklık Üzerine Etkisi.....	103
Şekil 5.40.Türk Fındığı Aktif Alkali Oranının Parlaklık Üzerine Etkisi.....	103
Şekil 5.41.Anadolu Kestanesi Sodyum Borhidrür Oranının Parlaklık Üzerine Etkisi.....	104
Şekil 5.42.Türk Fındığı Sodyum Borhidrür Oranının Parlaklık Üzerine Etkisi.....	105

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1: Dünya Bor Rezervi (Bin Ton – B 2 O 3).....	29
Çizelge 3.1. Anadolu Kestanesi ve Türk fıındığı Odununu Pişirmede Kullanılan Yöntemler ve Kullanılan Kimyasallar.....	54
Çizelge 4.1. Anadolu Kestanesi odununun Kimyasal Analizlerine ve Çözünürlüklerine Ait Bulgular.....	61
Çizelge 4.2. Fındık Odununun Kimyasal Analizlerine ve Çözünürlüklerine Ait Bulgular.....	62
Çizelge 4.3. Anadolu Kestanesi ve Türk Fındığı odununun pişirme yöntemlerine ait fiziksel ve kimyasal bulgular.....	63
Çizelge 4.4. Anadolu Kestanesi ve Türk Fındığı Örneklerinden Değişik Pişirme Koşullarında Elde Edilen Sülfat-Bor Hamurlarından Yapılan Test Kağıtlarının 50 SR <sup>0</sup> sindeki Bazı Fiziksel ve Optik Özellikleri.....	65
Çizelge 5.1. Anadolu Kestanesi ve Fındık Odunu ile bazı yapraklı ağaç türlerinin kimyasal bileşenleri ve çözünürlük değerleri .....	67
Çizelge 5.2. Anadolu Kestanesi odunu ve Türk Fındığı Kraft ve Kraft-NaBH <sub>4</sub> Yöntemlerinde Değiştirilen Pişirme Koşullarına Bağlı Olarak Verimin Değişmesi.....	69
Çizelge 5.3. Değiştirilen Pişirme Koşullarından Elde Edilen Kestane ve Türk Fındığı Sülfat-Bor Hamurlarının 50 SR <sup>0</sup> sindeki Hava Kuruğu Bazı Fiziksel ve Optik Özellikleri .....	85
Çizelge 6.1. Anadolu Kestanesi ve Türk Fındığı Odunlarından Sülfat-Bor Yöntemiyle Pişirilmesinde En Uygun Koşulları.....	106

## SEMBOL LİSTESİ

<b>m</b>	:	Metre
<b>cm</b>	:	Santimetre
<b>mm</b>	:	Milimetre
<b>cm<sup>3</sup></b>	:	Santimetreküp
<b>m<sup>2</sup></b>	:	metrekare
<b>ml</b>	:	Mililitre
<b>g</b>	:	Gram
<b>mN</b>	:	Milnewton
<b>ppm</b>	:	Miligram/litre
<b>kP</b>	:	kilopaskal
<b>l</b>	:	Litre
<b>pH</b>	:	Asitlik ve bazlık derecesi
<b>NaBH<sub>4</sub></b>	:	Sodyumborhidrür
<b><i>a</i></b>	:	Alfa
<b>N</b>	:	Normalite
<b>TAPPI</b>	:	Technical Association of the Pulp and Paper Industry
<b>DP</b>	:	Polimerizasyon derecesi

**ANADOLU KESTANESİ (*Castanea sativa* Mill.) ve TÜRK FINDIĞI (*Carylus colurna* L.) ODUNLARINDAN MODİFİYE KRAFT YÖNTEMİ İLE KAĞIT HAMURU ÜRETİMİ OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI  
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Ebru AYTEKİN**

**DÜZCE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
Ocak 2011**

**ÖZ**

Bu çalışmada, Türkiye’de yetişen Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) ve Türk findığı (*Carylus colurna* L.) odunlarında kraft- bor( $\text{NaBH}_4$ ) yöntemiyle kağıt hamuru üretim koşulları araştırılmıştır.

Bu çalışmada kraft pişirme metoduyla optimum pişirme koşullarını belirlemek amacıyla kestane ve türk findığı odunu için pişirme süresi ve aktif alkali oranları değiştirilerek onikişer pişirme yapılmıştır. Bor bileşeninin etkisini araştırmak amacıyla pişirme çözeltilisine %0.5, %1 ve %1.5 oranında sodyum bor hidrür ilave edilerek pişirme yapılmıştır.

Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde en uygun pişirme koşulları %25 sülfidite,  $160^{\circ}\text{C}$  sıcaklığında sabit tutulup; kestane odun türü için; %22 aktif alkali, 90dakika pişirme süresi, ve %1.5 sodyum borhidrür ilavesiyle; türk findığı odun türü içinse;%16 aktif alkali, 60 dakika pişirme süresi, %1.5 sodyum borhidrür ilave edilerek elde edilmiştir.

Sonuç olarak sodyum bor hidrür ilaveli kraft pişirmelerinde hamur veriminin arttığı, fiziksel özellikleri özellikle parlaklık özelliğini artırttığı ortaya çıkmıştır.

*Anahtar kelimeler: Anadolu Kestanesi(Castanea sativa Mill.), Türk Findığı (Carylus colurna L.), kraft,  $\text{NaBH}_4$ , kağıt hamuru, kağıt.*

**DETERMINATION OF MODIFIED KRAFT PULPING FROM ANATOLIA  
CHESTNUT (*Castanea sativa* Mill.) AND TURKISH HAZEL (*Carylus colurna* L.)  
WOODS**

**(M. Sc. Thesis)**

**Ebru AYTEKİN**

**DUZCE UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

**January 2011**

**ABSTRACT**

In this research has been studied the production conditions of pulping in the woods of Anatolian Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) and Turkish Nut (*Carylus colurna* L.) by the method of craft-boron ( $\text{NaBH}_4$ ).

In this study twelve cooking have been practised by changing active alkali ration and cooking duration for Turkish nut and chestnut to determine optimum cooking by using craft cooking method. It has been done cooking by addition of %0,5, %1 and %1,5 of  $\text{NaBH}_4$  into the cooking solution to investigate the effect of boron component.

Evaluating the findings, by keeping the warmth fixed at  $160^0$  C, the best cooking conditions have been obtained %25 sulfite, for chestnut wood; %22 active alkali, 90 minutes cooking duration and with the addition of %1.5 sodium borhydrure; as for the Turkish nut wood, % 16 active alkali, 60 minutes cooking duration, by addition of % 1.5 sodium borhydrure.

To sum up, it has been releaved out that the increase of pulping yield, the physical brilliance in the craft cooking added sodium boron hydrure.

*Key words: Anatolia chestnut (Castanea sativa Mill.), Turkish hazel (Carylus colurna L.), kraft, NaBH<sub>4</sub>, pulp, paper.*

## 1. GİRİŞ

Kağıt kültürel ve sanayi alanındaki kullanımı ile günümüzün en önemli ihtiyaç maddelerinden birisini oluşturmaktadır. Kağıt hamuru ve kağıt üretimini gerçekleştiren ve kısacası "Kağıt Endüstrisi" denilen endüstri kolu en eski endüstrilerden biridir (Gavcar, ve ark., 1996).

Geçen yüzyılın sonunda bu endüstri kolu gerekli üretim faktörlerini bol ve ucuz olarak sağlayabilmiştir. Şimdilerde darlıkla mücadele için kaynakların rasyonel olarak kullanılması gerekmektedir (Temiz, 2006). Hızlı nüfus artışı ile birlikte odun hammaddesine olan ihtiyacın hızlı bir şekilde arttığı ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkeler için kağıtlık odun ihtiyacı gelecekte çok önemli bir sorun haline gelecektir (Kırcı, 1996). Bundan dolayı var olan orman kaynaklarımızın sürdürülebilir bir şekilde ve çok verimli bir tarzda değerlendirilmesi gerekmektedir.

Dünya orman servetinin % 31'i iğne yapraklı % 69'u yapraklı ağaçlardan oluşmaktadır. Dolayısıyla, yapraklı ağaç ormanları iğne yapraklı ormanlardan iki kat daha fazladır (Bozkurt, Erdin, 1989). Kağıt ve karton sanayi açısından iğne yapraklı orman ağaçlarının ayrı bir önemi vardır (Anonim, 2000). Kağıt hamuru üretimi için en elverişli olan ve en çok kullanılan hammadde 3-5 mm uzunluğunda ve 30-50 mikron genişliğinde lifsel hücreler içeren iğne yapraklı ağaç odunlarıdır.

Günümüzde iğne yapraklı ağaçların aşırı tüketilmesi sonucu yapraklı ağaç türlerinin kağıt endüstrisinde kullanımında artış kaydedilmiştir (Rydholm, 1965). Dünyada şu anda üretilen kimyasal kağıt hamurunun büyük bir bölümü kraft yöntemi ile gerçekleştirilmekte olup, 1950'li yıllara kadar en fazla kullanılan yöntem olan sülfite yöntemi hala dünya kağıt hamuru üretiminin %10'unu, kraft yöntemi ise %80'ini karşılamaktadır (Johansson, ve ark., 1989).

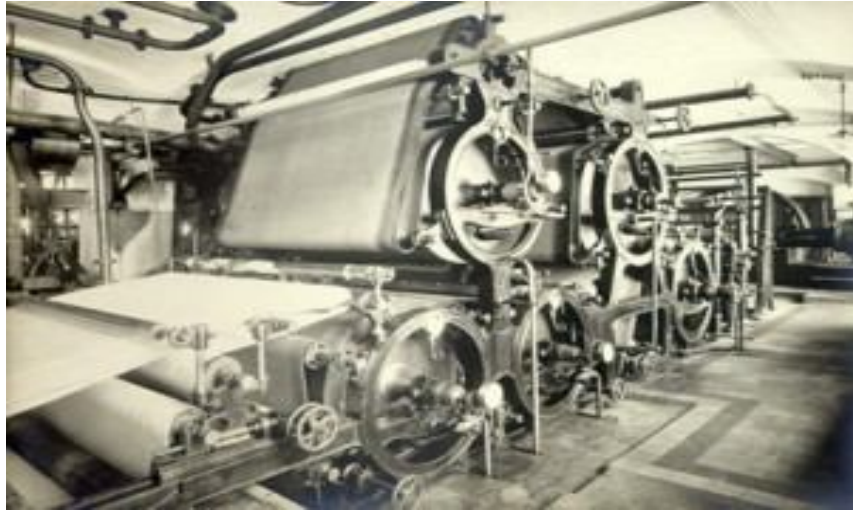


Bu çalışmada, yukarıda belirtilen hususlar göz önünde bulundurularak, Türkiye’de doğal olarak yayılış gösteren yapraklı ağaç türlerinden Anadolu Kestanesi(*Castanea sativa* Mill.) ve Türk Fındığı(*Corylus colurna* L.) türlerine modifiye kraft yöntemi uygulanarak kağıt hamuru ve kağıt üretimi olanakları incelenmiştir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. KAĞIDIN TARİHÇESİ

İnsanlığın kültürel gelişmesindeki önemli adımlarından biri olan kağıt; M.Ö 4000 yıllarda Mısır'da atılmış olup bu dönem piramitlerin inşa edildiği devre rastlamaktadır. Bu yıllar da bulunan Cyperius (papirüs) denilen bitkinin sapı uygun boyutlarda kesilip bir tahta üzerine dizilip, sulu vaziyette tokmaklanarak bir çeşit kağıt üretilmekteydi. Yapılışı ve özelliği bakımından bugün ki kağıttan farklı olmakla beraber, kağıt ismi bu papirüs kağıdından kalmıştır. Papirüs adı bir kamış varyetesi olan ve Nil nehri kıyısında yetişen Papyrus antiquorum bitkisinden gelmektedir (Aribert, 1954; Anonim, wikipedia.org., 2010). Piramitlerin yapımı sırasında ülkenin yazı tableti için özel taş darlığına düşmesi üzerine daha hafif bir yazı malzemesi bulmak ihtiyacı doğmuştur. Bu buluş ile aslında kağıt yapımında alt zeminini oluşturmuş olmaktadır (Tank, 1998).



Şekil 1.1: Kağıt Fabrikası

Papiri sazları Nil deltasında bataklık alanlarında bol miktarda yetiştirilirdi. Bilek kalınlığına ve üç, beş metre boya ulaşan kamışların yapısı, bunları özellikle papirüs

yapımına elverişli kılıyordu. Kalın saz gövdelerinden kesilen ince şeritler birer birer bindirmeli olarak düz bir yere serilir, ikinci tabaka buna dik yönde yerleştirilir ve bu taslak tabakalar üzerine basınç uygulanırdı. Bitkisel zank maddesi tabakaları birbirine yapıştırırdı. Kaba tipteki papirüs, piramitlerin harcama notları için kullanılırken daha değerli kullanım için bazen papirüs'ün yüzeyi parlatılmış bir ağaç parçası ile düzeltilirdi. Günümüzde paper-papier (kağıt) sözcüğü, papirüsten türetilmiştir (Anonim, wikipedia.org., 2010; Eroğlu, Usta, 2004).

Papirüsle beraber, çeşitli hayvan derilerinden yapılan pergament (parşömen) kağıdı da tarih boyunca kullanılmıştır. Parşömen bugün bile kullanılan, yazı yazmaya ve resim yapmaya çok elverişli, uzun ömürlü bir kağıt çeşididir. Eskiden Bergama ve Mısır krallığı arasında papirüs ile başka bir şeyi takas ederlermiş, ancak, Mısır krallığı daha sonra bu takasın adaletsiz olduğunu düşünüp takası iptal etmiş. Bergama kralı halka yazı yazmak için kullanılan bir tür kağıt yapmalarını istemiş ve halk parşömeni bulmuş (Anonim, wikipedia.org., 2010; Eroğlu, Usta, 2004)

Kağıt, ilim ve kültürün yayılıp gelişmesinde çok büyük bir rol oynamıştır ve ilk para satın alma, değiş tokuş gibi parasal şeylerin başlangıcı olmuştur. Yazma, taşıma ve muhafazasındaki kolaylıklar, herhangi bir yerdeki ilim ve bilginin çok kısa bir zamanda dünyanın her tarafına kolayca yayılmasını sağlamış, böylece bugünkü medeniyete ulaşılmasının başlıca vasıtalarından birisi olmuştur. Bugünkü dünyada kağıt, en başta gelen sanayi mamullerinden biridir ve günlük hayatta en çok ihtiyaç duyulan maddelerden biridir. İlmî çalışmalar, eğitim ve öğretim müesseseleri, her türlü basın, yayın faaliyetlerinin yanı sıra para basımında, ambalaj işlerinde, mutfakta ve daha pek çok yerde kağıt kullanılmaktadır (Anonim, wikipedia.org., 2010; Eroğlu, Usta, 2004).

Eskiden kağıt üretimi az yapıldığı için, dünyanın her yerinde kıymetli tutulurdu. Sonradan üretimin bollaşması ve yaygınlaşması ile eski itibarını kaybetti. Ancak son yıllarda kağıt yapımında kullanılan hammaddenin tükenmeye yüz tutması, artan

maliyetler ve diğer sebeplerle günden güne kıymetlenmektedir (Anonim, wikipedia.org., 2010; Eroğlu, Usta, 2004).

Kağıt ilk defa Çin 'de Milattan sonra 2.yüzyılın başında icat edilmiştir. Kağıdın icadında ilk yatırım yapan İmparator Hoti idi. Ancak bugünkü kağıt hamuru ile elde edilen kağıdın ilk modeli milattan sonra 105'te Ts'ai Lun adında bir saray görevlisi tarafından yapıldığı kabul edilmektedir. Ts'ai Lun, 25 yıla yakın bir sürede ülkesinde bulunan pek çok bitki lifini denemiş ve en sonunda bambu, dut kabuğu ve kimono artıklarından elde ettiği kağıdı yapabilmiştir (Tank, 1998). Ağaç kabuklarını bez parçaları ve diğer lifli malzemeleri özlü ve yumuşak bir hamur haline gelinceye kadar dövüp, elde ettiği hamuru geniş bir tekne içinde suyla karıştırarak ilk mekanik odun hamurunu elde etti. Daha sonra gözenekli bir kalıbı, hamurun içine daldırılıp yukarıya kaldırıldığında, su gözeneklerden süzülerek aşağıya akmasıyla, kalıbın yüzeyinde lifli bir tabaka kalıyordu. Bu tabaka kalıp üzerinden alınıp kurutulduğunda ve üzerinden el yapımı silindirlerle ilkel kalenderlemeden sonra kullanıma hazır hale geliyordu. Keşfinden bugüne kadar 2000 yıl geçmiştir (Anonim, wikipedia.org., 2010).

Orta Asya'da yapılan araştırma ve kazılarda, üçüncü ve yedinci yüzyıllar arasında kullanılan kağıtların dut ağacı kabukları, kendir, kenevir ve pamuktan yapılmış olduğu anlaşılmıştır (Anonim, wikipedia.org., 2010).

### **2.1.1. Kağıt Kronolojisi:**

M.Ö.4000: Eski Mısırlılar, kağıt benzeri ilk maddeyi bulmuşlardır. Papirüs denen bir madde dokunup hasır haline getirilmiş saz kamışlarının dövülerek sert ve ince bir sayfa haline getirerek elde etmişlerdir.

M.S.105: Kağıt ilk kez Çin asıllı askeri mahkeme memuru olan Ts'ai Lun tarafından bulunmuştur.

M.S.610: 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: Araplar kağıt yapımını Semerkant 'da, Çinli esirlerden öğrenmişlerdir.

M.S.794: Bağdat' da devlete ait bir kağıt fabrikası kuruldu.

M.S.1009: Kağıdın Araplardan Avrupa'ya geçmesi yaklaşık 400 yıl aldı. Avrupa'da ilk kağıt imalathanesi Xativa, İspanya'da Araplar tarafından kuruldu. Burada kağıt üretimi Fas yönetiminde 1244 yılında Avrupa orduları onları dışarı atana kadar sürdü. Daha sonra kağıt üretimi yayılmaya başladı.

M.S. 1250: İtalya en büyük kağıt üreticisi haline geliyor. İtalyanlar etkin bir şekilde ürettikleri kağıdı büyük miktarlarda ihraç ederek uzun yıllar Avrupa pazarını yönlendirmişlerdir.

M.S.1338 – 1470: Kutsal metinleri için Fransız rahipleri kağıt üretimine başlar. Fransa kısa zamanda bu yeni teknolojiye adapte olur ve kendi kendine yeter. Rekabetçi bir kağıt üreticisi haline gelir.

M.S.1411: Almanya'da kurulan ilk kağıt imalathanesi, İtalyanların yardımıyla un imalathanesinden dönüştürülmüştür. Zamanla Almanya, sanatı geliştirerek, piyasada bulunan en iyi kağıtları yapmıştır.

1453 yılında Johan Gutenberg taşınabilir matbaa makinesini icat etti. Matbaa makinesinin buluşu iletişim inkılâbında bir sonraki adımdı. Önceleri kitapların sahipleri, manastırlar, krallıklar, alimler ve çok az insan bunları okuma şansı buldu. İlk kez yoksul kitlelerin kitaplara ve daha da önemlisi belgeye ulaşmaları mümkün oldu. Kitapların bulunmaya başlamasıyla okuryazarlık arttı. Okur yazarlığın artışıyla, kitaplara dolayısıyla kağıda olan talep de arttı.

M.S.1588: İngiltere kendi kağıdını üretmeye başlıyor.

M.S.1680: Yeni dünyadaki ilk kağıt imalathanesi İspanyollar tarafından Culhuacan 'da başkent Mexico 'nın yakınlarında kuruldu.

M.S.1690: Kuzey Amerika'ya göç eden William Rittenhouse isminde bir alman göçmen Philedelphia yakınlarında Amerika'daki ilk kağıt imalathanesini kurdu. Burası aynı zamanda, ilk Amerikalı kağıt yapımcılarının da eğitildiği yerd.

M.S.1719: Kağıt yapım maddeleriyle ilgili ciddi bir kıtlık sonucu Rene Antoine Ferchault de Reaumur kağıdın odundan da yapılabileceğini öne sürdü. O zamanlar kağıt eski giysilerden ve bez parçalarından yapılıyordu. Kağıda artan arzı karşılayacak kadar yeterli bez parçası yoktu. Reaumur 'un ilham kaynağı yuvalarını yapan yaban arılarını gözlemlemek oldu.

M.S.1798: Nicholas Robert kağıt makinesini icat etti. Bu elden kranklı (hareketli) makine kağıdı durmaksızın dönen bir beyaz perde üzerinde yapıyordu. Ancak yatırımı bulmakta başarılı değildi ve Robertin icadını ortak bir tanıdıktan duyan, İngiliz Fourdrinier kardeşler, kendi kağıt makinelerini yaparlar. İcatları kullanılmadığı halde kağıt makineleri onların ismini günümüze kadar taşıdı.

M.S.1850: Alman asıllı Friedrich Gottlob Keller odun hamurundan kağıt yapmayı tasarladı. Ancak ortaya çıkan kağıt düşük kalitedeydi.

M.S.1852: İngiliz asıllı Hugh Burgess, odun hamurunu kimyasallarla karıştırarak mükemmelleştirdi.

M.S.1867: Bir Amerikalı kimyager olan C.B. Tilghman odun hamurundan kağıt yapılması tekniğini hamurlaştırma sürecinde sülfat kullanarak geliştirdi.

M.S.1879: İsveç asıllı C.F. Dahl odun kullanımını bir kimyasal daha ekleyerek son mükemmelliğine kavuşturdu. Bu sülfat metodu hızla yayılarak 1907 yılında Birleşik Devletlere ulaştı (Anonim, webhattı.com., 2010).

M.S.1883: Charles Stillwell manavlar için kahverengi kesekâğıtlarını yapan bir makine icat etti. Bugün yılda yirmi milyondan fazla kesekâğıdı süpermarketlerde kullanılıyor. Bunların da çoğu yeniden kutulara ve kağıt çantalara dönüştürülüyor (Anonim, webhattı.com., 2010).

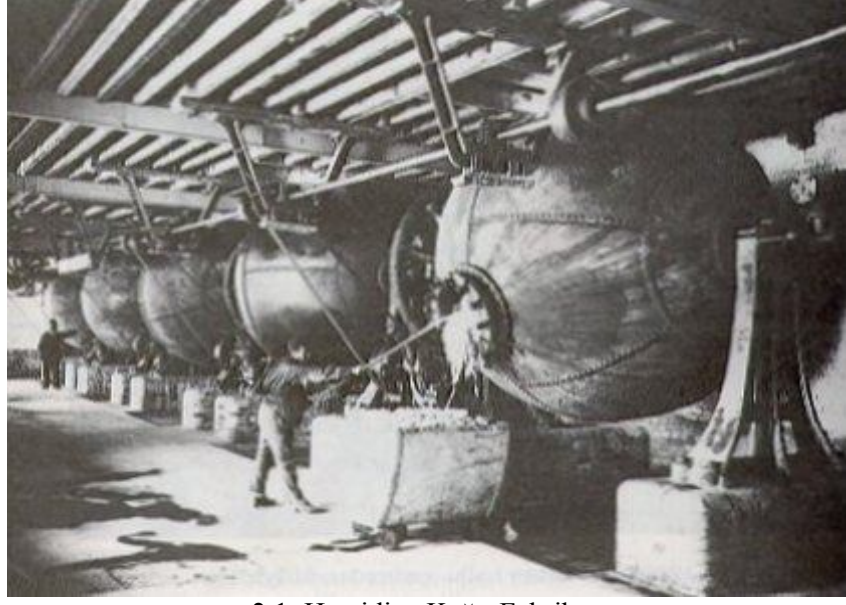
M.S.1889-1900: Ekonomik olarak, kitlelerce üretilen kağıt bir gerçek haline geldi. Kağıt üretimi yılda 2,5 milyon ton civarına katlandı. Gazete, dergi ve kitaplar patladı (Anonim, webhattı.com., 2010).

### 2.1.2. Türkiye 'de Kağıt Gelişimi

Türkiye'ye kağıdın gelmesi eldeki verilere göre oldukça yakın bir tarihe rastlamaktadır. Kağıdın geldiği kabul edilen tarih 1453 olarak kabul edilmiştir (Anonim, webhattı.com., 2010; Eroğlu, Usta, 2004). Osmanlılar, kağıt ihtiyaçlarını doğudan temin ediyorlardı. Evliya Çelebi'nin Seyahatname adlı eserinden, İstanbul'da Bizans'tan kalma bir kağıt fabrikasının, Kağıthane semtinde bulunduğu öğrenilmiştir. III. Selim Han zamanında, küçük de olsa bir kağıt fabrikası yapılmış, fakat daha sonra üretimin çok pahalıya mal olması sebebiyle fabrika kapatılmıştır.

İlk kağıt fabrikası 1744 yılında Yalova'da kurulmuştur. İbrahim Müteferrika tarafından ilk Türk matbaasının kurulmasıyla artan kağıt ihtiyacını temin etmek için, Yalova'da kağıt fabrikasının yapılmasına karar verildi. Bu fabrikada birçok cins kağıt imal edildi. Yalnız su azlığı, su yollarının bozulması ve Avrupa kağıtlarının rekabeti yüzünden, Yalova Kağıt Fabrikası kapandı. Osmanlı Devleti zamanında kurulan en uzun ömürlü fabrika Beykoz Kağıt Fabrikasıdır. 1804'te hizmete açılan bu kağıt fabrikasında İngiliz ve Flemenk kağıtları kalitesinde kağıt yapmak istenmiştir. Dışarıdan kağıt getirmek daha ekonomik olmuş, yabancı devletler kağıtlarını maliyetin altında, zararına Türkiye'ye satmak suretiyle kağıt sanayisi baltalamışlardır. Neticede ise Beykoz Fabrikası da kapanmak zorunda bırakılmıştır (Anonim, webhattı.com., 2010).

İzmir Kağıt Fabrikasının temeli ise 1844'te atıldı. Fabrikanın buhar kuvvetiyle çalıştırılmasına kararlaştırılmıştı. Bu fabrika bir süre devletin kağıt ihtiyacını karşılayabilmiştir. Yine benzer sebepler ile fabrika kapanmıştır (Anonim, webhattı.com., 2010).



2.1: Hamidiye Kağıt Fabrikası

Hamidiye Kağıt Fabrikası, Osmanlı Devleti döneminde kurulan son kağıt fabrikamızdır. Sultan İkinci Abdülhamid Han, Hamidiye Kağıt Fabrikasını kurmakla Serkarın Osman Beyi vazifelendirmiştir. Fabrikanın yeri olarak Beykoz'da, Kır Mevkii ve Hünkar İskelesi seçilmiştir. Bu fabrika İstanbul ve Londra'da şubeleri olan Hamidiye Kağıt Fabrikası veya Ottoman Paper Manufacturing Company Limited adıyla kurulan şirket tarafından idare ediliyordu. Şirketin çıkardığı hisse senetleri satılmadı. Masson Scott firması bir müddet bu fabrikayı çalıştırdı. Şirket (Hamidiye Kağıt Fabrikası), borcunu ödemeyince mahkeme kararıyla Masson Scott firmasına devredildi. Bilahare bu firma da 1912 yılında hisse senetlerini satışa çıkardı. Hamidiye, şirketi tekrar satın aldı. Fakat o sırada I.Dünya Savaşı çıkınca İngiliz personeli memleketine döndü. Osmanlı Devletinin savaştan yenik çıkması üzerine galip devletler kağıt fabrikasını dağıttılar (Tank, 1998; Anonim, webhattı.com., 2010).





Şekil 2.2: İzmit Kağıt Fabrikası

Cumhuriyet döneminde ilk kağıt fabrikasının temeli İzmit'te 14 Ağustos 1934' te atıldı ve fabrika 6 Kasım 1936 yılında işletmeye açıldı. Üretim kapasitesi: 150.000 Ton/yıl kağıt karton, 50.000 ton/yıl selüloz ve 69.000 ton/yıl mekanik odun hamuru ve saman selülozu olarak belirlenmiştir. Bu fabrikaya 1944 yılında ikinci kağıt selüloz fabrikası, 1945'te Klor Alkali Fabrikası ilave edildi. 1954'te de üçüncü kağıt fabrikası kuruldu. 1957'den sonra eski makineler değiştirildi. 1960 yılında dördüncü, 1961'de beşinci kağıt fabrikası kuruldu. 1955 senesine kadar Sümerbank Kağıt ve Karton Fabrikası ismi ile çalıştıktan sonra İzmit Selüloz Sanayi Müessesesi adı verildi. Bilahare, 1955'te çıkarılan bir kanunla Sümerbank'tan ayrılıp Türkiye Selüloz ve Kağıt Fabrikaları İşletmesi Genel Müdürlüğü (SEKA) adı ile iktisadi bir devlet kuruluşu oldu (Tank, 1998; Anonim, webhattı.com., 2010).

İzmit'te SEKA' ya bağlı yedi kağıt ve karton fabrikasının yanı sıra, Mekanik Odun Hamuru Tesisleri, Oluklu Mukavva, Odun Selülozu Fabrikası, Saman Selülozu Fabrikası, Klor Alkali Fabrikası, kuvvet santrali, su tesisleri ve atölyeler vardır (Tank, 1998; Anonim, webhattı.com., 2010). SEKA'nın Zonguldak-Çaycuma kuruluşu 1970' te işletmeye açılmıştır. Batı Karadeniz Bölgesinin göknar, çam ve kayın ağaç odunlarının değerlendirildiğinde fabrika torba kağıdı, oluklu yüzey kağıdı (Kraftliner) için kraft ve oluklu iç kağıdı ( Fluting ) içinde (NSSC) hamuru üretmek üzere kurulmuştur.

Giresun-Aksu'daki mekanik odun hamuru ve gazete kağıdı tesisi ile 1971'de açılan Muğla-Dalaman'daki tesisler de SEKA'ya bağlıdır. Dalaman' daki tesiste sülfat ve viskoz selülozu, tabii kağıt ve karton imal edilmektedir (Tank, 1998; Anonim, webhatti.com., 2010).

SEKA'ya bağlı diğer tesis ve müesseseler de 1975' ten sonra hizmete açılan Afyon Beyaz Saman Selülozu Tesisi, Balıkesir Selüloz Kâğıt Tesisleri. Antalya Kraft Selülozu ve Kraft Kağıdı Tesisleri, Akdeniz (İçel), Kastamonu, Bolu müesseseleridir. 1936 yılında 10.000 ton olan kağıt üretimimiz, 1992 yılında 932.000 tona ulaşmıştır. Bu miktarın yarısını SEKA üretmekte, diğer yarısını da özel sektör üretmektedir (Tank, 1998; Anonim, webhatti.com., 2010).

## **2.2. KİMYASAL HAMUR ÜRETİMİ**

### **2.2.1. Kraft (Sülfat) Yöntemi**

Kağıt hamuru üretim yöntemlerinden, Kraft Metodu, günümüzde dünya genelinde en çok kullanılan kimyasal kağıt hamuru üretimi yöntemidir. Kimyasal hamur üretiminde amaç odundaki lifleri bir arada tutan ve çoğunlukla ligninden oluşan orta lameli kimyasal yolla çözerek lifleri bireysel hale getirmektir. Böylece liflerin esnekliği de artmış olur (Kırcı,1989; Casey, 1979; Smook, 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 lifler arası bağları daha güçlüdür. Bu özelliği ile kağıdın direnç özellikleri yüksektir (Kırcı, 2000; Fengel, Wegener, 1989).

Soda pişirme çözeltileri sodyum sülfür ilavesiyle yapılan pişirmelerde delignifikasyonun hızlandığı görülmüştür. Daha sonra sülfat yöntemi ismini alan bu gelişme ile ilk patent A.B.D' de Eaton tarafından alınmıştır. Kraft(Sülfat) yöntemi; Alman F.Dahl 1879 yılında geliştirilmesi üzerinde çalışmalar yapmıştır (Ezici, 2010). Dahl, soda yöntemi alkali tüketiminde sodyum karbonatın sodyum sülfat ile yer değiştirebildiğini ve alkali tüketimi sırasında sülfatın sülfüre indirgenliğini keşfetmiştir. Konuyla ilgili patentini 1884 de almıştır (Kırcı, 2006). Bu yöntemle elde edilen hamurlar o zamana kadar odundan elde edilmiş hamurlara göre fiziksel direnç

özelliklerinin oldukça yüksek olmasından dolayı bu yöntem ve hamura Almanca'da "sağlam" anlamına gelen kraft ismi verilmiştir (Kubes,1983; Casey, 1979; Smook, 2000).

Kraft yönteminde kullanılan kimyasal maddeler NaOH ve Na<sub>2</sub>S olup kimyasal madde oranı yarı kimyasal kağıt hamuru elde edildiğinde %6-10 ve kimyasal hamur elde etmek için de %10-15 arasında alınmaktadır. Maksimum sıcaklık 165-170 °C ve bu sıcaklıkta pişirme süresi 2 saattir. Endüstriyel uygulamalarda çözelti/sap oranı 3/1 ile 3.5/1 dolaylarındadır (Casey,1996; Ateş, 1999; Rydholm,1965).

Sülfat pişirmesinde iğne yapraklı ağaç yongaları kullanıldığında verim, soda pişirmesinden daha yüksek olmaktadır, (Eroğlu,1986). Dünya kağıt üretiminin %80'ini sülfat yöntemi karşılamaktadır (Casey, 1996).

Kraft yönteminin avantajları şunlardır:

1.Bu Yöntemle her çeşit odun türleri özellikle reçineli ağaç odunları, yapraklı ağaç odunları, kereste fabrikaları artıkları ve aralama kesimi hâsılatı hammadde olarak kolaylıkla kullanılabilir (Huş,1969).

2.Pişirme süresi daha kısadır (Kırcı, 2000).

3.Elde edilen hamur yüksek parlaklık derecelerine kadar ağartılabilmektedir.

4.Reçinelerden ileri gelen problemler yoktur.

5.Kullanılan çözeltinin geri kazanılması kolaydır (Kırcı, 2000).

6.Sülfat yönteminde kimyasal maddelerin geri kazanılması ve yakılan organik maddelerden enerji elde edilmesi etkili bir şekilde yapılabilir. Böylece su kirlenmesi sorunu minimum düzeyde kalmaktadır (Eroğlu, 1986).

7.Bisülfit hamuru selüloz zincirlerinde zayıf noktalar belirli yerlere toplandığı halde kraft hamurunda tesadüfi olarak dağılmıştır. Bu sebeple kraft lifleri daha sağlamdır (Cinalioğlu, 1999).

8.Yırtılma direnci daha yüksektir (Cinalioğlu, 1999).

Bunların yanında; kuruluş masraflarının yüksek oluşu, pişirme esnasında uçucu kükürt bileşiklerinden dolayı kötü kokunun havayı kirletmesi, hamurun renginin (aynı kappa sayısında bile) koyu olması sonucu ağartılmasının zor olması ve dövme kabiliyetlerinin düşük olup dövme işlemi sırasında fazla enerji harcanması bir takım karşılaşılan önemli sorunlar mevcuttur (Kırcı, 2000; Cinalioğlu, 1999).

### 2.2.1.1. *Kraft (Sülfat) Pişirme Kimyası*

#### 2.2.1.1.1. Kimyasallar

NaOH ve Na<sub>2</sub>S içeren sulu çözeltiler için aşağıdaki eşitlik geçerlidir (Sjöstrom, 1993);

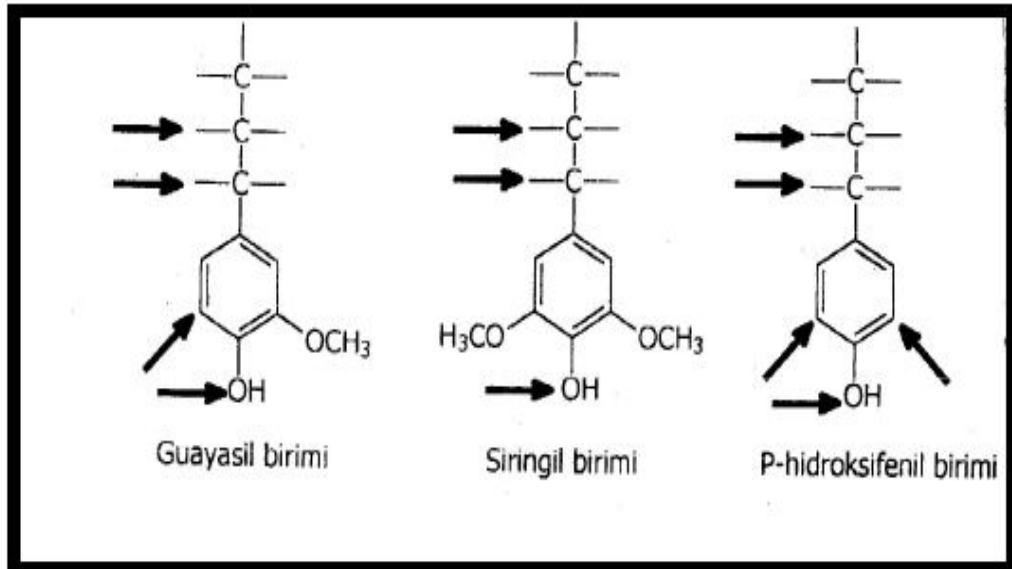


Pişirme kimyasalları olarak HS<sup>-</sup> ve HO<sup>-</sup>, lignin fenolik bağlarının ön hidrolizi ve lignin ve karbonhidratların alkalen degradasyonu ile oluşan asitlerin nötralizasyonunda bağımsız birer fonksiyon olarak bilinmektedir (Casey, 1996). Ligninle olan bu ana reaksiyonlarından başka delignifikasyonu da hızlandırır. Bu hızlandırma etkisi ligninin indirgenmesi (birincil lignin bağlarını yükseltgemesinden dolayı) ve lignin fragmentleri veya serbest radikaller arasındaki çapraz bağların sonucunda meydana gelmektedir. Sülfür veya hidrosülfür iyonlarının kraft pişirmesi sırasında önemli birer fonksiyon olduğunu gösteren bulgulardan en önemlisi; benzil alkoller içerisindeki hidroksil grupları gibi reaktif grupları bloke ederek lignin fragmentlerinin kondenzasyonunu azaltmalarıdır. Pişirme işlemi süresince tükenen pişirme reaktifleri önemli miktarda ligninin uzaklaştırmasına ve hamur özelliklerinin iyileştirilmesini sağlar (Kleppe, 1970; Sjöstrom, 1993).

Lignin kısmen HS<sup>-</sup> iyonlarının etkisi yardımıyla dimetil hale dönüşür. Kısaca anlatmak gerekirse, pişirmenin ilk kademelerinde çözelti içerisinde bulunan Na<sub>2</sub>S'in hidrolizi sonucu meydana gelen HS<sup>-</sup> iyonları ligninin metoksil gruplarını etkileyerek metil merkaptanı oluşturabilir. Daha sonra merkaptid (CH<sub>3</sub>S<sup>-</sup>) dimetil sülfür oluşturmak için ligninin ikinci bir metoksil grubuyla reaksiyon verebilir. Bu iki reaksiyon da nükleofilik süstitüsyon reaksiyonudur. Sonuç olarak metilmerkaptan (dimetil sülfür ve dimetil disülfüre dönüşebilen ve kraft pişirmelerinde kötü koku oluşumuna neden olan) ve az miktarda da metanol oluşumu olur (Peydeh, 1994; Usta, 1989).

### 2.2.1.1.2. Lignin Reaksiyonları

Odunun önemli bileşenlerinden sayılan lignin iğne yapraklı ağaç odunlarının %30'sini; yapraklı ağaç odunların ise %20 'sini oluşturmaktadır (Kırcı, 2000). Lignin bileşiminde tahminen %60 karbon, %6 hidrojen, %34 oksijen bulunur. Yoğunluğu  $1,37\text{gr/cm}^3$  tür. Ligninin molekül ağırlığı 10.000 'in üzerinde olup polimerizasyon derecesi düşüktür (Kuduban, 1996). Ligninin genel yapısı koniferil, sinapil ve kumaril alkollerinin dehidrojenativ polimerleşmesi ile açıklanabilir (Higuchi, 1998). Bu yapı üç boyutlu düzlemde dallanmış ve karmaşık bir polimer olarak görülür.



Şekil 2.3: Lignini oluşturan birimler (Kırcı, 2000).

Lignin iğne yapraklı ağaç odunlarının büyük kısmında çözünmez orijinal formda bulunur. Yalnız pişirme çözeltisi içerisindeki  $\text{HO}^-$  ve  $\text{HS}^-$  iyonlarının bulunması ile katı-sıvı ara fazında çözünebilir fragmentleri küçük parçalara ayrılır.

Lignin bünyesindeki hidroksifenilpropan ünitelerinin büyük bir kısmı birbirlerine eter bağları ile bağlanmaktadır. Diğer üniteler ise karbon-karbon bağları ile bağlıdır (Levin, Goldstein, 1991).

Lignindeki fenil propan birimleri birbirine üç farklı şekilde bağlanır; eter bağları (1.β-aril eter bağı, 2.α-alkil eter bağı, 3.karbonhidrat bağı), C-C bağları (β-5' bağı, 2.β-β' bağı, 3.α-α 'bağı, 4. 5-5' bağı), Karmaşık bağları (1.fenil kumoron yapısı, 2.pinoresinol yapısı) (Hafizoğlu, 1982).

Sjöstrom 'e göre ladin odunu ligninlerinde görülen bağı çeşitleri şunlardır; β-0-4 (%50), C<sub>5</sub>-C<sub>5</sub> (%10-11), β-5 (%9-12), β-1 (%7), α-0-4 (%2-8), 4-0-5 (%4) ve β-β (%2) (Ebringerova ve Kosikova, 1990). Bu farklı bağı tiplerinin reaktiflik dereceleri çok reaktif olanlardan (benzil aril eter ve arilgliserol-β-aril eter bağları gibi) reaktif olmayanlara (C-C yani bifenil bağları gibi) kadar değişir. Ladin odunlarından izole edilen doğal ligninlerin reaktiflik derecelerinin sırasıyla gövde, dal ve kök odununa doğru gidildikçe azalma gösterdiği gözlenmiştir, (Ebringerova, Kosikova, 1990). Yapraklı ağaç odununun lignini, asitlerle çözünür ve guaiacyl ve syringyl sekonder UV-absorpsiyonu farklı olduğundan araştırılması oldukça güçtür. Yapraklı ağaçların lignini büyük kısmı sekonder çeperde yer aldığı bilinmektedir (Hafizoğlu, 1982).

Gallerstedt ve Lindfors'un yaptıkları bir çalışmada, ligninin kimyasal yapısında her üç delignifikasyon aşamasında da büyük değişiklikler oluştuğunu bulmuşlardır (Gellerstedt, Lindfors, 1984). Buna rağmen, kraft pişirmesi esnasında ligninin değişik reaksiyonları iki gruba ayrılır. 1- lignin fragmentlerinin serbest kalmasına, büyük oranda çözünmesine neden olan degradasyon reaksiyonu 2- Ligninin molekül yapısının artış olduğu ve bununla birlikte lifler üzerine çökelediği kondenzasyon reaksiyonu (Gierer, 1980). Bu değişimler başlangıç-yoğun ve yoğun-kalıntı delignifikasyon geçiş safhalarında gerçekleşmektedir (Peydeh, 1994).

Alkalin pişirme sırasında meydana gelen lignin reaksiyonlarına nükleofilik reaksiyonlar denilmektedir (Fengel, Wegener, 1989). HS<sup>-</sup> iyonlarının nükleofilikliği HO<sup>-</sup> iyonları ile karşılaştırıldığında daha kuvvetlidir. Böylelikle HS<sup>-</sup> iyonlarının olması delignifikasyonu büyük oranda kolaylaştırır. Pişirmenin başlangıç devresinde kraft pişirme çözeltisi ligninle reaksiyona girmeye başlar. Böylece fenolik alanlar oluşmaya ve sonrasında da

çözeltinin fenol içeriğinin artmasına sebep olur (Gallerstedt, Lindfors,1984). Ligninin depolimerizasyonu HO<sup>-</sup> ve HS<sup>-</sup> iyonları tarafından yükseltgenen eter bağları sayesinde olur. Hidroliz ayrıca lignin molekül ağırlığını düşürür ve ligninin hidrofilikliğini artıran serbest fenolik grupların meydana gelmesine imkân sağlar. Böylece lignin yüksek derecede fenolik ve çözünebilir bir yapıya kavuşur (Sjöstrom, 1993).

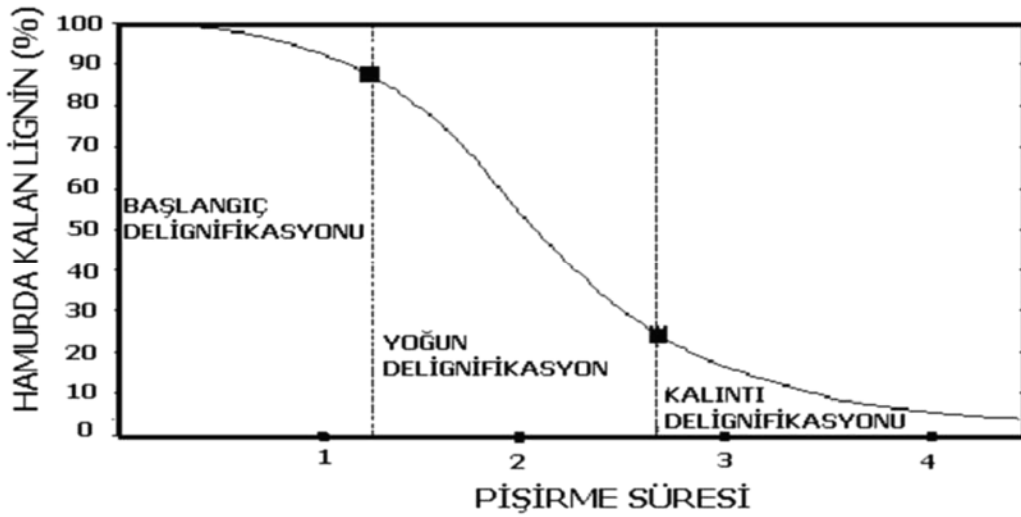
Piştirme başladığında fenolik guyasil uç gruplarının sayısında hızlı bir azalma olurken, bifenil ve bifenileter yapıları artar (Gallerstedt, Lindfors,1984). Hamurda kalan ligninin yapısındaki bu değişim yaklaşık %20 oranında lignin uzaklaştırıldığı sonucunu doğurur. Başlangıç delignifikasyonu devresinde hızlı delignifikasyon oranının mekanizması, temeli aril-eter bağlarının ( $\alpha$ -0-4 ve  $\beta$ -0-4) serbest OH<sup>-</sup> grupları içeren komşu fenolik arilpropan üniteleri ile arasındaki degradasyon reaksiyonu olduğu bilinmektedir (Gallerstedt, Lindfors,1984; Gierer,1980).

Başlangıç devresinde hem orijinal hem de serbest formda bulunan  $\alpha$  ve  $\beta$ -aril eter tiplerinin bütün fenolik üniteleri reaksiyona girerler ve yoğun delignifikasyon aşamasındaki şiddetli lignin degradasyonuna neden olmuş olurlar. Bunun nedeni de piştirme başlangıcındaki bifenil ve bifenil eter yapılarının sayısındaki artıştır (Gallerstedt, Lindfors,1984; Gierer,1980).

Yoğun delignifikasyon aşaması, piştirme işleminde 150 ile 170 °C arasındaki ısıtma periyodu ve 170 °C' deki piştirme periyodunu içine alır (Gierer, 1980). Sonuçta traheitler içerisindeki ligninin %60'ı degrade olur. Yoğun delignifikasyon safhasında fenolik olmayan aril-propan üniteleri içerisindeki  $\beta$  - aril eter bağlarının reaksiyonlarının, delignifikasyonda belirleyici karakteristik bir etki yaptığı kabul edilir (Gierer, 1980; Gierer, Noren, 1980). Bu sebeple odun türleri arasında lignin yapılarındaki kimyasal farklılıklar, belirli piştirme şartlarında yoğun delignifikasyon aşamasında farklılıklara sebep olmaktadır. Bununla birlikte bu safhada lignindeki yapısal değişim daha azdır ve fenolik grup içeriğindeki artış daha yavaştır (Gallerstedt, Lindfors, 1984).

Pişirmenin son aşamasında guyasil grupları tekrar artış gösterir (Gallerstedt, Lindfors, 1984). Pişirme sonuna doğru stabil C-C bağının lignin yapısındaki oranı artış gösterir. Bu yeni kovalent-alkali stabil bağlarının oluşunu seğiciliği daha az olan bir delignifikasyona sebep olur (Peydeh, 1994).

Başlangığ delignifikasyonundan yoğun delignifikasyon fazına geğiş çeşitli kriterler dikkate alınarak gözlemlenebilir. Lignin verimi ile H-faktörü, alkali tüketimi ile lignin verimi veya karbonhidrat verimi ile lignin verimi arasındaki ilişkilerden geğiş noktaları belirlenebilir (Kocurek, 1989). Şekil 2.4.'de odun yongalarının pişirilmesi sırasındaki delignifikasyonunun farklı evreleri görölmektedir.



Şekil 2.4. Odun Yongalarının Delignifikasyonunda Farklı Evreler)(Kırcı, 2006)

#### 2.2.1.1.3. Karbonhidrat Reaksiyonları

Lignin ile karbonhidratlar arasındaki bu bağ tipleri oldukça karmaşıktır. En çok görölen Őekli lignin ile hemiselülozlar arasındaki glikozidik bağlardır (Usta, 1989). Odunda karbonhidratlarla birlikte ya mekanik bir kuvvetle veya kimyasal bir bağlanma ile bir arada duran bir miktar lignin vardır (Kocurek, 1989).



Buna göre kraft pişirmesi sırasında, delignifikasyon aşamasında ligninle birlikte hemiselüloz ve selülozlar gibi karbonhidratlar da degrade olmaktadır. Pişirme sırasında daha çok hemiselülozlar kayba uğrar. Bu kayıp iki şekilde olmaktadır (Kocurek, 1989);

Alkali konsantrasyonuna bağlı polimer çözünmesi,

Özellikle çözünebilir bileşikler için polimer degradasyonu.

Karbonhidratların alkali içerisinde uğradığı en önemli reaksiyonlar;

1-Hücre çeperinde fiziksel değişikliklere sebep olan alkalin şişme,

2-Kimyasal degradasyon meydana gelmeden karbonhidratlardaki alkalin çözünme,

3-Çözünen karbonhidratların yeniden çökmesi ve lif yapıları üzerine adsorbsiyonu,

4-Asetillenmiş hemiselülozlar içerisindeki asetil gruplarının alkalin hidrolizi. Örneğin iğne yapraklı ağaçlardaki galaktoglukomannanların ve yapraklı ağaçlardaki 4-0 metilglukoronoksilanın sabunlaşması gibi,

5-İndirgen uç gruplarda alkalin soyulma reaksiyonu. Soyulma reaksiyonu bir dizi enolleşme reaksiyonunu içerir.  $\beta$ -alkoksikarbonil bağlarının hidrolizi ve buna ilaveten hidroliz ürünlerinin degradasyonu,

6-Dehidratasyon ve alkali stabil oluşumlara fragmentasyonunu içeren durdurma reaksiyonu,

7- $\beta$ -glikozidik bağların alkalin hidrolizi (Kocurek, 1989; Fengel, Wegener, 1989; Kubes, Fleming, ve ark., 1983; Rydholm, 1965).

Bunun sonucunda zincir molekülünde depolimerizasyonun meydana gelmesi. Bu degradasyon reaksiyonu ise yoğun bir şekilde alkalin soyulma aşamasında açığa çıkmaktadır. Bu sebeple bu aşamaya “ikincil soyulma” da denilmektedir. Alkalinin büyük bir çoğunluğu bu soyulma reaksiyonlarında tüketilmekte ve aynı zamanda da verim kayıpları meydana gelmektedir. Bu reaksiyonların ortaya çıkma oranı alkalin ortamın sıcaklık ve pH'ına bağlıdır.

#### 2.2.1.1.4. Soyulma Reaksiyonu

(1-4) bağı selüloz ve çoğu hemiselülozları içeren polisakkaritler bir uç reaksiyon mekanizması sonucu degrade olur. Bu olay “birincil soyulma” olarak bilinir. Alkalen soyulma reaksiyonu alkalen delignifikasyondan daha düşük sıcaklık dereceleri gerektirdiği için karbonhidrat veriminde ve zincir yapılarındaki fiziksel ve kimyasal değişimler kaçınılmaz olacaktır. Sjöstrom’un ifade ettiğine göre kraft pişirmesi sırasında karbonhidratların %30’undan fazlası kayba uğramakta, bu kaybın da büyük bir kısmı ısıtma periyodunda gerçekleşmektedir. Bundan dolayı glikozidik bağların alkalen hidrolizi başlangıçtaki kayıplara önemli bir etki yapmaz. Yaklaşık 100 °C sıcaklıklarda başlayan alkalen pişirme sırasında meydana gelen karbonhidrat çözünmesine (aldehitik uç gruplardan başlayarak yayılan veya bazı keto gruplarından başlayan) soyulma reaksiyonu denir (Rydholm, 1965).

Serbest karbonil uç gruplara sahip olan karbonhidratlar alkali içerisinde stabil değildirler. Mannoz içeren polisakkaritler çok çabuk degrade olurlar. Bununla birlikte yapraklı ağaç odunlarında bol miktarda bulunan ksilanlar nispeten alkalide stabildirler ve bunların yaklaşık %25-30’luk bir kısmı kraft pişirmesi sırasında odundan uzaklaştırılabilirler. Eğer pH 12’nin altında olursa çözünen ksilanın bir kısmı lifler tarafından yeniden absorplanır (Kleppe, 1970).

Kuvvetli alkali, polisakkaritlerin uç gruplarında olduğu gibi monosakkaritleri çeşitli karboksilik, sakkarinik ve diğer hidroksi asitlere dönüştürür. Buna ilaveten formikasit ve asetikasit ve az miktarda da dikarboksilik asit meydana gelir. Bu asidik gruplar pişirme çözeltisi içerisinde etkili alkali konsantrasyonunu düşürürler (Sjöstrom, 1993).

Polisakkarit zincirinin indirgen uç gruplarından meydana gelen ardışık şeker ünitelerinin degradasyonu yaklaşık 60-100 monomer uç grup ayrıldığında özellikle izosakkarinik asit olarak son bulur. Moleküller (C-3 pozisyonundan  $\beta$ -hidroksi eliminasyonu ile oluşan metasakkarinik asit uç gruplarını içeren) bir “durdurma reaksiyonu” tarafından stabilize edilir (Fleming, Bolker, ve ark.,1980). Durdurma

reaksiyonu farklı tip karbonhidratlarda farklı oranlarda etki yapar. Büyük ölçüde ksilan, gluklan ve mannan dizisi içerisinde azalmaya sebep olur. Böylece kraft hamurlarının karbonhidrat içeriği hammaddenin içeriğinden büyük oranda sapma gösterir (Kocurek, 1989).

Kimyasal durdurma reaksiyonuna ilave olarak soyulma reaksiyonunu sınırlandıran bir diğer etmen de, selülozun kristalen bölgelerinin alkalen çözeltiye karşı duyarsız oluşundandır (Kocurek, 1989).

#### 2.2.1.1.5. Alkalen Hidrolizi

Durdurma reaksiyonuna maruz kalan polisakkaritler kısmen yüksek pişirme sıcaklığına ulaşmaya kadar stabildirler. Yükselen sıcaklıkta glikozidik bağların alkalen hidrolizi (depolimerizasyon) tesadüfi olarak meydana gelir ve indirgen aldehitik uç grupları meydana getirir. Bu ise daha fazla degradasyona sebep olur. Buna da ikincil soyulma denir. Bu reaksiyon en az 150 °C' lik bir sıcaklığı gerektirir ve viskozitenin düşmesine ve hamurun direnç değerlerinin azalmasına sebep olan karbonhidratların kristalen bölgelerinin zarar görmesine sebep olur. Sonuç olarak selüloz verimi ve zincir uzunluğu kraft pişirmesinde daima azalır. Selülozun daha kısa zincir yapıları ve amorf bölgeleri daha kolay bir şekilde degrade olur. Durdurma reaksiyonu indirgen uç grupları stabil karboksilik asit gruplarına dönüştürdüğü zaman ikincil soyulma reaksiyonu da sona erer. Genellikle yüksek hemiselüloz verimine sahip hamurlar elde edilmek istendiğinde ligninin büyük bir kısmı hamurda kalır (Kocurek, 1989).

Polisakkaritlerin reaktifliği onların yapılarına ve reaksiyon verme özelliklerine bağlı olarak değişir. Hammaddede var olan miktara oranla selüloz miktarının %10 ve hemiselülozların da % 40-60'lık bir kısmı kayba uğrar. Kalan hemiselülozlar ise alkalinin heterojen reaksiyonları ile yapısını değiştirmesi sonucunda ister istemez orijinal formdaki hemiselülozlardan yapısal olarak farklılık gösterir (Kocurek, 1989).

Hemiselüloz degradasyonundaki azalma, dolayısıyla verimde de artışa sebep olmaktadır. Eğer moleküllerin indirgen uç grupları alkali stabil gruplara

dönüştürülebilirse soyulma reaksiyonu da önlenmiş olacaktır. Bu dönüşüm üç temel şekilde yapılır (Kocurek, 1989).

- Uç grupları primer alkol gruplarına sodyum borhidrür kullanarak indirgemek.  $\text{NaBH}_4$  karbonil grupları ile reaksiyona girerek pişirme öncesi veya ilk aşamalarında zincire bağlanır.
- Uç grupların polisülfür ( $\text{Na}_2\text{S}_4$ ) gibi maddelerle karboksilik asit gruplarına oksidasyonu
- Aldehitlerle reaksiyon veren reaktiflerle uç grupların bloke edilmesi.

#### 2.2.1.2. Alkali Yöntemlerle Kağıt Hamuru Üretiminde Kullanılan Terimler

Kullanılan ifadelerde genellikle sodyum tuzları ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) sodyum oksit cinsinden ifade edilmekte ve hesaplamalarda özel çevirme tabloları kullanılmaktadır.

1- Toplam Kimyasal Madde: Bütün sodyum tuzlarının  $\text{Na}_2\text{O}$  cinsinden ifadesidir. Kuru odun maddesinin yüzde veya g/lt olarak ifade edilir.

2- Toplam Alkali: Sülfat yönteminde  $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ 'ın  $\text{Na}_2\text{O}$  cinsinden ifadesidir.

3- Aktif Alkali: Sülfat yönteminde  $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}$  maddelerini kapsar  $\text{Na}_2\text{O}$  cinsinden hesaplara sokulur.

4- Toplam Titre Edilebilir Alkali: Soda yönteminde  $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3$ 'dur. Sülfat yönteminde ise  $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{S}$ 'dir.  $\text{Na}_2\text{O}$  cinsinden ifade edilir.

5- Efektif Alkali:  $\text{Na}_2\text{S}$ 'nin hidrolizi nedeniyle aktif alkaliden farklı olarak efektif alkali terimi ortaya çıkmakta ve bütün alkali bileşikleri  $\text{Na}_2\text{O}$  cinsinden ifade edilmektedir.

Efektif alkali:  $\text{NaOH} + 1/2 \text{Na}_2\text{S}$ 'dir.

6- Aktivite: Aktif alkalinin toplam alkaliye oranının % ifadesidir.

$$\text{Aktivite (\%)} = \frac{\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}}{\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4} * 100$$

7- Alkali yüzdesi: Çözelti hazırlanmasında kullanılan NaOH'nin toplam titre edilebilir alkaliye bölünmesi ile bulunan değerlerin % ifadesidir.

$$\text{Alkalilik (\%)} = \frac{\text{NaOH}}{\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3} * 100$$

8- Sülfidite Yüzdesi: Sülfat çözeltileri için kullanılan bir ifade olup Na<sub>2</sub>S'nin toplam titre edilebilen alkali miktarına bölünmesi ile bulunana değerlerin % ifadesidir.

$$\text{Sülfidite (\%)} = \frac{\text{Na}_2\text{S}}{\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3} * 100$$

9- Redüksiyon (İndirgeme) Yüzdesi: Sülfat yönteminde yeşil çözeltinin analizi sonunda saptanan, Na<sub>2</sub>S ve Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> toplamına bölünmesi ile bulunan değerlerin % ifadesidir (Bostancı, 1987).

$$\text{İndirgeme (\%)} = \frac{\text{Na}_2\text{S}}{\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_4} * 100$$

### 2.2.1.3. Kraft Yönteminde Değişkenlerin Pişirme Üzerine Etkisi

#### 2.2.1.3.1. Kullanılan Odunun türü

Sülfat yönteminde tüm yapraklı ve iğne yapraklı ağaç türleri, kereste fabrikası artıkları, aralama kesimi hasılatı bu yöntemde kullanılabildiği gibi, kullanılan odunların kabuklarının titizlikle soyulmasına gerek yoktur. Ancak en iyi sonuç kabukları iyi soyulmuş, çürüme ihtiva etmeyen iyi kaliteli iğne yapraklı ağaç türlerinden elde edilmektedir. Reçineli ağaçlar bu yöntemle hamur üretilmesinde hiç sorun çıkarmazlar. Düşük vasıflı ucuz odun artıklarında sülfat yöntemiyle değerlendirilebilmektedir (Bostancı, 1987).

#### 2.2.1.3.2. Odunun durumu

%40-50 rutubet oranı, pişirme sırasında çözeltinin penetrasyonu için en uygundur. Rutubet miktarındaki küçük değişiklikler hamurun kalitesi üzerinde fazla etkili olmamakla beraber, kuru yongadan elde edilen hamurun polimerizasyon derecesi (DP) 100 birim daha düşük olmaktadır.

Alkali çözeltisi yongaya daha kolay nüfuz eder ve bu etki her yönde aynı hızla olur. Çünkü NaOH hücre çeperi içine kolaylıkla girebilir, odun strüktürü içine düzenli olarak dağılması en önemli hususlardan biridir. Alkaliler odunun strüktürünü büyük ölçüde şişirdiğinden pişirme çözeltisi hemen her yönde odun yongaları içine eşit olarak nüfuz eder. Bununla birlikte yonga boyutları çözeltinin yonga içine tamamen nüfuzu için gerekli olan süreyi etkiler, bu durum özellikle pişirmenin ilk safhasında önemlidir (Casey, 1996; Kırıcı, 1991).

Pişirme çözeltisinin yonga içerisindeki hareketi uzunluğuna yönde, kalınlığına yönden daha hızlı olduğundan, kalınlığının 1-3 mm arasında, yonga boyunun da 1,25-2 cm arasında tutulması en uygun olmaktadır (Bostancı, 1987).

Depolama sırasındaki bozulmalar nedeniyle odunu özgül ağırlığı azalabilir. Çürüme ve küflenme yongalama sırasındaki mekanik zayıflığı çoğaltır, hamur kalitesini olumsuz yönde etkiler.

#### 2.2.1.3.3. Pişirme Çözeltisi

Aktif Alkalinin Başlangıçtaki Konsantrasyonu: Aktif alkalinin çoğu pentozanları çözmek ve pişirme sırasında oluşan organik asitleri nötralize etmek için kullanılır. Yalnızca az bir kısım alkali lignini çözeltide tutmak için bir miktar alkali fazlasına gerek vardır. Böylece kağıt hamuru açık renkli olur ve zift sorunu azalır (Casey, 1996).

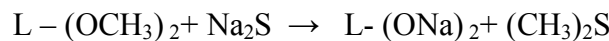
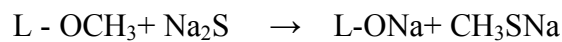
Bir gr odun içindeki lignini çözebilmek için 0,26 gr NaOH'a ya da ortalama olarak 0,22 gr Na<sub>2</sub>O' a gerek vardır. NaOH ile odunun pişirilmesinde bu ilişki doğru orantılı olarak artar veya azalır (Bostancı, 1987).

Çözelti / Yonga Oranı ve Çözelti Konsantrasyonu: Çözelti /Yonga oranı genellikle 3/1 ile 4/1 arasında değişir. Bu oranın düşmesi çözelti içindeki alkali konsantrasyonunu artıracığından delignifikasyon artar ve pişirme süresi kısalır. Aynı zamanda verim azalır, hemiselüloz oranı düşer ve selüloz hidrolitik olarak degradasyona uğrayabilir. Çözelti /Yonga oranı yalnızca konsantrasyonu ayarlamaya yarar.

Alkali konsantrasyonun aşırı yükselmesi karbonhidratların bozunmasını hızlandırır (Rydholm, 1965). Sülfat pişirmesinde Na<sub>2</sub>O cinsinden hesaplanan toplam kimyasal madde odun ağırlığına oranla %15-28 arasında değişmekte, bazı özel pişirmelerde %30'un üzerine çıkmaktadır.

Sülfidite Yüzdesi: pişirme çözeltisi içerisinde kalan bir miktar kükürt, delignifikasyonu hızlandırmakta, pişirme süresini kısaltmakta, hızlı bir çözelti nüfuzu, homojen pişirme, yüksek verim ve direnç sağlayabilmekte ise de hamurun rengini oldukça koyulaştırmaktadır. Bu nedenle, sülfat yönteminde NaOH ve Na<sub>2</sub>S daima birlikte kullanılır. Sülfat pişirmesinde ligninin çözünme mekanizması tam olarak açıklanamamakla birlikte HAGGLUND'a göre delignifikasyon iki aşamada olur (Casey, 1996).

OH gurupları alkali merkaptanlarla yer değiştirir. Alkali hidroliz yoluyla lignin molekülü parçalanır ve lignini daha kolay çözüdüren fenolik –OH gurupları oluşur. NaSH lignini sülfürleyerek kondenzasyona meyilli gurupları bloke eder. Böylece lignin çökmesi önlenir, çözünmesi kolaylaşır. Sülfat yönteminde merkaptanların oluşması Na<sub>2</sub>S'ün etkisiyle -OCH<sub>3</sub> gurupları üzerinde olur.



Na<sub>2</sub>S'ün oynadığı rol dikkate alındığında sülfidite sülfat pişirme çözeltisinin özelliğini belirleyen en önemli etken olmaktadır.

Sülfidite %0-20 arasında iken kağıt hamurunun kalitesi ve verimi üzerine etkisi çok belirginidir. %20-30 arasında bu etki daha az belirgin olmaktadır. Düzenli olarak iyi kalitede hamur üretilmek istenirse sülfiditenin %30'a yakın olması istenir.

Kullanılan kükürtün büyük bir kısmı, pişirmenin başında tüketilir. Genellikle maksimum sıcaklığa eriştikten sonra kükürt tüketimi olmaz. Kükürtün %50'si siyah çözültide kalır.

Sülfiditenin belirli bir optimum değer altına düşmesi sağlamlık özelliklerini önemli ölçüde etkiler.

#### 2.2.1.3.4. Pişirme Süresi ve Sıcaklığı

Alkali pişirmelerinde pişirme dönemi genellikle üç devrede gerçekleşir.

- Maksimum sıcaklığa erişinceye kadar geçen süre: Buhar ve uçucu gazların ekisiyle basınç yükselir, çözültinin yongalar içine penetrasyonu sağlanır (emrenye devresi, çıkış süresi).
- Maksimum sıcaklığa bekleme süresi: Delignifikasyon olayının gerçekleştirilip, yongalar içindeki lignin çözüldürülür (sıcaklığın ve basıncın sabit kaldığı devre).
- Basınç ve sıcaklığın düştüğü devre: Normal sülfat pişirmelerinde maksimum sıcaklık 160-180 °C arasında, basınç 7-10 kg/cm<sup>2</sup> arasında değişir. Maksimum sıcaklıkta pişirme süresi üretilen hamurun özelliğine bağlı olarak 1-6 saat arasında değişir (Bostancı, 1987).

Diğer koşullar sabit kalmak üzere pişirme süresinin uzatılması ile verim azalır, alfa selüloz oranı değişmemekle birlikte lignin oranı azalır. Maksimum sıcaklığın yükselmesi delignifikasyon hızını artırır. Çok yüksek sıcaklıklar selülozu degradasyona uğratar, verim düşer. Odun türü ve istenen pişirme derecelerine göre sülfat yönteminde değişkenler genellikle aşağıdaki sınırlar içinde kalır (Casey, 1996; Eroğlu, 1986).



1. Çözelti /Yonga oranı : 3/1-4/1
2. Alkali oranı (oduna oranla) : %15-25
3. Alkali konsantrasyonu : 50-60g/l
4. Sülfidite : %15-30
5. Maksimum sıcaklık : 160-170 °C
6. Pişirme kazanı içindeki basınç : 8-9 kg/cm<sup>2</sup>
7. Maksimum sıcaklıkta pişirme süresi : 1-6 saat

#### 2.2.1.4. Kraft Kağıt Hamurlarının Özellikleri

Sülfat kağıt hamurları;

1. Aynı kapma sayısında bile kraft hamurları daha koyu renklidir.
2. Sülfat hamurlarının lifleri daha rijit olup, daha zor hidratlaşır ve şişerler, dolayısıyla dövülmeleri bisülfite hamurlarından çok daha zordur.
3. Bisülfite hamurları selüloz zincirinde zayıf noktalar belirli yerlere toplandığı halde kraft hamurlarında tesadüfi olarak dağılmıştır. Bu nedenle kraft lifleri daha sağlamdır.
4. Pişirmeden sonra kraft hamuru lignini lif içerisinde düzenli dağıldığı halde, bisülfite hamuru liflerinde daha çok liflerin dış kısmında toplanmıştır. Bu nedenle kraft hamurları daha zor ağartılır.
5. Sülfat hamurlarından elde edilen kâğıtlar bisülfite hamuruna oranla özellikle yırtılma direnci yönünden çok daha üstündür. Bu yüzden de daha çok ambalaj kağıdı olarak kullanılır.

Sülfat hamurlarının hemiselüloz oranı daha yüksektir. Bisülfite hamurunun hemiselülozları daha çok degradasyona uğramıştır. Bisülfite hamuru daha çok gulukomannan daha az pentozan içerir. Sülfat hamurunda üronik asitler bulunmaz (Casey, 1996; Eroğlu, 1986).

#### 2.2.2. Sodyum borhidrür (NaBH<sub>4</sub>) Modifikasyonlu Pişirme

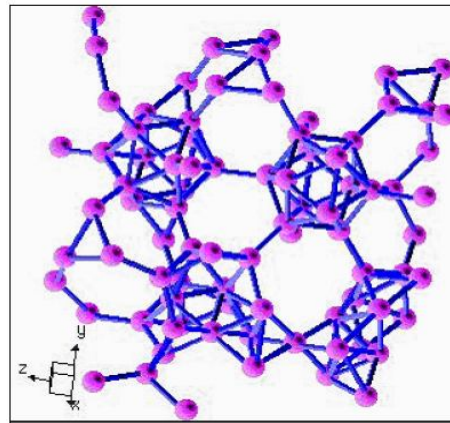
##### 2.2.2.1. Sodyum borhidrür (NaBH<sub>4</sub>) Tanımı ve Tarihi

Uygarlığın ilk günlerinden günümüze kadar değişik alanlarda; antiseptik, dezenfektan ve ilaç olarak, seramik ve cam endüstrisinde ve mumyalama işleminde kullanılmış olan bor, bugünde tıp ve cam, kimya ve deterjan, seramik ve polimerik maddeler, metalurji

ve inşaat, gıda ve tarım gibi alanlara ek olarak uzay ve hava araçları, askeri araçlar, füzeler, radarlar, iletişim teknolojileri, nano teknolojiler olmak üzere 250' yi aşan birçok alanda kullanılmaktadır (Özdem, 1997).

Kimyasal simgesi B olan bor elementinin atom numarası 5, atom ağırlığı 10.82, ergime noktası  $2190 \pm 20^{\circ}\text{C}$ , kaynama noktası  $2250^{\circ}\text{C}$ ' dir. Yoğunluğu  $2,84 \text{ gr/cm}^3$ 'tür. Siyah renkte, metal ile ametal arası özelliklere sahip, metalik bir iletken olmasıyla birlikte yarı iletken sanayinde de kullanılan bor, 51. yaygın element olarak yer kabuğunda yalnız olarak değil,  $\text{O}_2$ 'li bileşikleri olan boratlar ve borasilikatlar halinde bulunan bir elementtir. Bor elementi 150'den fazla mineralin bileşiminde yer alır. Yeryüzünde toprak, kayalar ve suda yaygın olarak bulunur (Pehlivan, Çetinkaya, 2003).

$\text{NaBH}_4$  bileşikleri binlerce yıl insanlık tarafından bilinmekte olup ve çeşitli amaçlar için kullanılmaktaydı. Yapılan araştırmalar da, Babillilerin 4000 yıl önce altın işlemede, Çinlilerin 2800 yıl önce porselen cilalamada  $\text{NaBH}_4$  bileşiklerinden yararlandıkları ortaya çıkmıştır. Eski Mısırlıların, Mezopotamya uygarlıklarının mumyalama ve yaralara karşı tedavi sinde kullanıldığı tarihi belgelerden öğrenilmiştir (Pehlivan, Çetinkaya, 2003).



Şekil 2.5: Bor 'un Kristal yapısı

$\text{NaBH}_4$  yer kabuğunda oldukça az bulunabilmesine rağmen büyük yataklar oluşturabilmiş bir elementtir. Bu yataklar genellikle bir alkali anyonla birleşmiş olan sulu  $\text{NaBH}_4$  minarelerinden ibarettir. Yatak oluşturma özelliğine sahip bu mineraller

sodyumlu, kalsiyumlu, sodyum-kalsiyumlu veya magnezyumlu  $\text{NaBH}_4$ atlarıdır. Bu minerallerin birçoğu bileşim olarak birbirlerinin aynı olmasına rağmen bünyelerinde içerdikleri su miktarlarının farklı olması nedeniyle birbirinden ayrılırlar. Kütlesel olarak yatak oluşturmasının yanı sıra tuzlu göl sularında bulunan  $\text{NaBH}_4$  da ekonomik olarak işletilebilmekte ve  $\text{NaBH}_4$  kaynağı olarak gösterilebilmektedir. Doğada 150 kadar  $\text{NaBH}_4$  minerali vardır (Boztepe, 1988).

$\text{NaBH}_4$ , 1808 yılında Fransız bilim adamları Joseph Louis Gay-Lussac ve Louis Jacques Thenand ile İngiliz bilim adamı Sir Humphrey Davy, bor elementini ayrıştırmayı başardılar, dolayısıyla bor elementini keşfetmiş oldular. Ancak %99 saflıktaki ilk kristalize bor; bromit veya klorit formlarının tantalyum filamentleri vasıtasıyla hidrojen ile reaksiyona girmesiyle elde edilmesi 1909 yılında gerçekleştirilmiştir (Pehlivan, Çetinkaya, 2003).

Kristal  $\text{NaBH}_4$ , ametal bir element olup, normal sıcaklıklarda su, hava ve hidroklorik/hidroflorik asitler ile soy davranış göstermekte olup yüksek sıcaklıklarda saf oksijen ile reaksiyona girerek,  $\text{NaBH}_4$  oksit ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ), aynı şartlarda nitrojen ile  $\text{NaBH}_4$  nitrit (BN), bazı metaller ile magnezyum  $\text{NaBH}_4$  ( $\text{Mg}_3\text{B}_2$ ) ve titanyum  $\text{NaBH}_4$  ( $\text{TiB}_2$ ) gibi endüstride kullanılan bileşikler de oluşturabilmektedir (Pehlivan, Çetinkaya, 2003).

$\text{NaBH}_4$  elementi doğada serbest halde bulunmaz. Yapay  $\text{NaBH}_4$  ise amorf ve kristal yapıda elde edilebilir. Amorf  $\text{NaBH}_4$  siyah veya kahverengi toz şeklinde, kristal  $\text{NaBH}_4$  ise siyah, sert ve kırılmandır.

#### 2.2.2.2. Dünya'da ve Türkiye'de Bor Cevrehi Rezerv Dağılımı

Dünya Bor cevheri rezervlerinin %72'sini Türkiye, %6.8'ini ABD ve %8.5'ini Rusya'da yer almaktadır. (Çizelge 2.1) Türkiye rezerv ve cevher kalitesi açısından çok önemli bir paya sahip olmasına karşın bor üretimi ve ticareti ABD'nin elinde bulunmaktadır. Buna rağmen Türkiye dünya ham bor tüketiminin %95'ini karşılamaktadır.

Dünya NaBH<sub>4</sub> tüketim miktarı, üretim gibi 1970'den bu yana ikiye katlanmış olup, bu miktara sabit yıllık artışlarla değil, daha ziyade yoğun talep dönemlerinin sonucu olarak ulaşılmıştır.

Dünya NaBH<sub>4</sub> tüketiminin yaklaşık %20'si sabun, deterjan ve ağartma kimyasalları olarak temizlik ürünlerinin üretimine yöneliktir.

Bu endüstride kullanılan NaBH<sub>4</sub>'un başlıca özellikleri ise şunlardır (Özpeker, 2001);

- Güçlü bir beyazlatıcıdır.
- Lekeleri çözer.
- pH' yı dengeler, suyu yumuşatır ve yağları parçalar
- Aktif oksijeni dengeler.
- Anti bakteriyeldir.

Çizelge 2.1: Dünya Bor Rezervi (Bin Ton – B 2 O 3) ( Etimaden, 2006)

Ülke	Görünür Rezerv	Mümkün Rezerv	Toplam Rezerv	Pay (%)
Türkiye	227.000	624.000	851.000	72.20
A.B.D	40.000	40.000	80.000	6.80
Rusya	40.000	60.000	100.000	8.50
Çin	27.000	9.000	36.000	3.10
Şili	8000	33.000	41.000	3.50
Peru	4.000	18.000	22.000	1.90
Bolivya	4.000	15.000	19.000	1.60
Kazakistan	14.000	1.000	15.000	1.30
Arjantin	2.000	7.000	9.000	0.80
Sırbistan	3.000	0	3.000	0.30
Toplam	369.000	807.000	1.176.000	100

### 2.2.2.3. Sodyum borhidrür ( $NaBH_4$ ) 'ün Kullanım Alanları ve Kağıt Pişirmede Kullanılması:

Bor ürünleri tıp ve cam, kimya ve deterjan, seramik ve polimerik maddeler, metalurji ve inşaat, gıda ve tarım gibi alanlara ek olarak uzay ve hava araçları, askeri araçlar, füzeler, radarlar, iletişim teknolojileri, nano teknolojiler ve enerji olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. Örneğin, Bor'un kimi özel bileşikleri, bilgi teknolojilerinde kullanılan süper iletkenler ve mikroçiplerde kullanılarak bunların verimi ve kullanılabilirliği artırılmaktadır, elektrokimyasal enerjiyi elektrik enerjisine çeviren yakıt pillerinde sodyum bor hidrürün suyla tepkimeye girmesi sonucu açığa çıkan hidrojen kullanılabilir (Pehlivan, Çetinkaya, 2003).

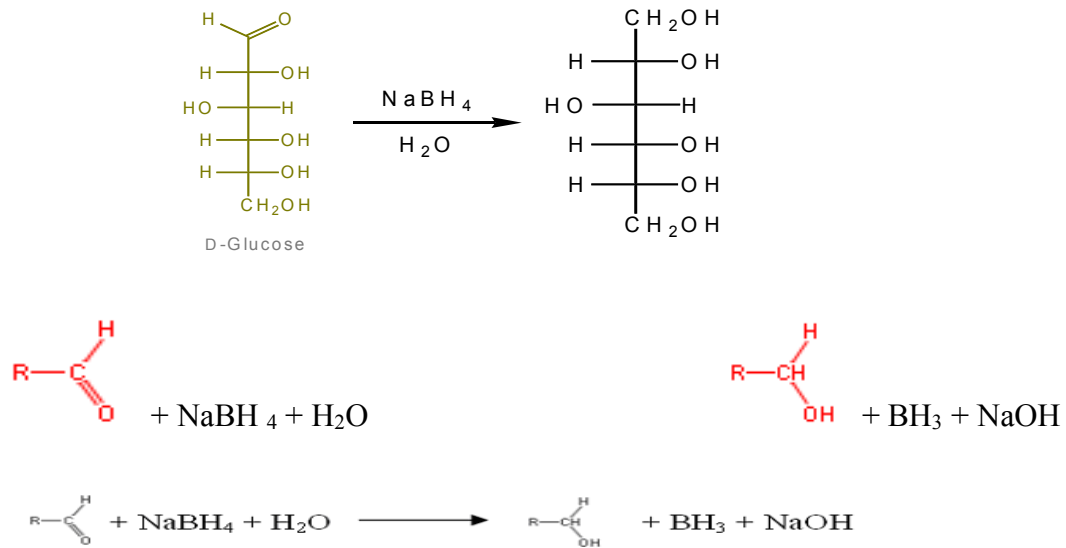
En yaygın olarak kullanıldığı cam sanayinde camın ısıyla genişmesini önemli ölçüde indirmekte; titreşim, yüksek ısı ve ısı şokuna karşı dayanıklılık sağlamakta ve böylece camın genel olarak dayanıklılığını arttırmaktadır. Bu tip uygulamalara örnek olarak evlerde kullanılmakta olan bor camlar verilebilir. Bor bu etkilerinin yanı sıra cam eriyiminin viskozitesini azaltarak daha akışkan olmasını sağlamaktadır (Pehlivan, Çetinkaya, 2003).

Bor yanıcı olmasına rağmen tutuşma sıcaklığı yüksektir. Yanma sonucunda kolaylıkla aktarılabilecek katı ürün vermesi, çevreyi kirletecek emisyon açığa çıkarmaması gibi bir özelliğe sahip olduğundan katı yakıt hücresi olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda bileşiklerinin (borik asit, boraks, pentahidrat gibi) yangın geciktirici özelliklerinden dolayı, bor düşük maliyetli selülozik yalıtım malzemesinde kullanılmaya başlandı. Bu malzemeler sadece yangına karşı dayanıklılığın yanında bakterilere karşı zehirleyici, sıçanların, farelerin ve böceklerin iştahlarını kapatacılığı bir nitelik sağlamaktadır, (Pehlivan, Çetinkaya, 2003).

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. Sodyum borhidrürün en önemli tüketicisi Avrupa'daki kağıt endüstrisidir. Sodyum borhidrür tüketiminde yıllık % 4 artış beklenen bir üründür.

Viskozite ve depolimerizasyon derecesi genellikle alkalin çözeltilerde ölçüldüğü ve bu çözeltilerde karbonil içeren molekül zincirleri kolayca depolimerize olduğundan dikkat çekicidir. Bununla birlikte NaBH<sub>4</sub>'ün indirgenmesi sonucu selülozun uç grupları da indirgenerek alkalin çözeltilerde soyulma reaksiyonlarına karşı stabil duruma gelmiş olur (Lierop, A.Skothos, 1996). Sodyum borhidrürün indirgen uç grupları ve diğer aldehit keton gruplarını kolayca indirgeyerek hidroksil grubuna çevirmesiyle, ağartılmış selülozun sararma eğilimi de azalmış olur (Şekil2.6). Sodyum borhidrürün selüloz kimyasında kullanılması ile karbonhidratların analizinde indirgenmiş olan şekerlerin tanınması kolaylaşmış oldu. Ligninin renk gruplarına etkisi ile sodyum borhidrür lignini koruyucu ağartmacı kullanılmaktadır (Leary, Wong, Giampaolo, 1997). Kraft pişirmesinde katalizör olarak ilave edilen sodyum borhidrür karbonhidratların indirgen uç gruplarını soyulma reaksiyona karşı koruyarak kağıt hamurunun elenmiş verimini artırdığı tespit edilmiştir (Nowakowski, Surewicz, 1966).



Şekil 2.6. NaBH<sub>4</sub>'ün Aldehit Keton Guruplarını Hidroksil Gurubuna İndirgeme Reaksiyonu

Alkali pişirmede selülozun karbonil grupları hidroksil gruplarına indirgenebilir ve pişirme esnasında katalizör görevi üstlenerek işlem sıcaklığını ve pişirme süresinin azalmasını sağlamaktadır (Hafizoğlu, 1982; Tutuş, 2004).

Sodyumborhidrür güçlü bir indirgendir. Reaksiyonda pişirme sırasında selüloz zincirinin indirgen ucundaki karbonil grubunu hidroksil grubuna indirgeyerek muhtemel soyulma reaksiyonunu durdurması pişirme sırasındaki verimde meydana gelen azalmayı engellemiş olur. Bu reaksiyon aynı zamanda hemiselülozda da oluşur. Soyulma reaksiyonu pişirme sıcaklığının 80-100 °C 'ye ulaşması ile başlar. Sıcaklığın 150 °C ' yi geçmesiyle bu kez zincir alkali hidrolize maruz kalır.

#### 2.2.2.4. Sodyum borhidrür ( $NaBH_4$ ) 'ün Kraft Pişirmesine Etkisi

Polisakkarit kimyasında kullanılan en önemli indirgen sodyumborhidrür ( $NaBH_4$ ) 'dür. Bunun sudaki çözeltisi biraz alkaleen olup alkaleen koşullarda oldukça stabildir (Ateş, 1999). Yapılan araştırmalarda borhidrürlü hamurlar normal hamurlara göre daha kısa zamanda dövülmekte olduğu yönündedir.

Ligninin renk gruplarına etkisi sonucu sodyum borhidrür lignini koruyucu ağartma elemanı olarak kullanılmaktadır (Atchson, 1988). Alkali pişirme ortamında selülozun karbonil grupları hidroksil gruplarına indirgenebilir. Ayrıca Sülfat pişirmesinde katalizör görevi yapan sodyum borhidrür karbonhidratların indirgen uç gruplarını soyulma reaksiyona karşı koruyarak kağıt hamurunun elenmiş verimini artırdığı ve işlem sıcaklığı ve pişirme süresinin kısa tutulmasını sağladığı ortaya çıkmıştır (Atchson, 1989).

Daha evvel yapılmış olan laboratuvar çalışmalarında elde edilen sonuçlara göre; Buğday saplarında sülfat-sodyum borhidrür ilaveli kağıt hamuru pişirmesinde ortama ilave edilen %0.5, 1 ve 1.5 oranlarındaki sodyum borhidrür elenmiş verimde artış sağladığı ortaya çıkmıştır (Casey, 1961). Güney çamı yongaları üzerinde yapılan çalışmada ise sodyum borhidrürün verim artışını %60'a yükselmesine daha sonra elenmiş verimde tekrar bir azalma olduğu belirtilmiştir.

### 2.3. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Pettersson ve Rydholm (1961), Huş odunundan kraft yöntemiyle kağıt hamuru üretimi esnasında pişirme çözeltisine %2 NaBH<sub>4</sub> ilave edildiğinde toplam hamur veriminin %52.6' dan %59.2'ye artırdığını belirtmiştir.

Khaustova ve ark. (1971), Larix odunlarıyla kraft pişirmesi esnasında NaBH<sub>4</sub> ilavesinin hamur verimini yaklaşık %4 artırdığını çıkarttığı tespit etmiştir.

Gabir ve Khristov (1973), papirüs saplarıyla kraft hamuru elde edilirken pişirme çözeltisine %1.5 NaBH<sub>4</sub> ilave edildiğinde hamur veriminin yaklaşık % 5 oranında yükseldiğini tespit etmiştir.

Hafizoğlu (1982), Kağıt hamuru üretimi ile ilgili araştırmalarda bu zamana kadar tek indirgenin sodyumborhidrür olduğunu belirtmektedir. Alkali pişirme ortamında selülozun karbonil grupları hidroksil gruplarına indirgenebilir. Viskozite ve DP (depolimerizasyon derecesi) genellikle alkalin çözeltilerde ölçüldüğü ve bu çözeltilerde karbonil içeren molekül zincirleri kolaylıkla depolimerize olduğundan önemlidir. Aynı zamanda borhidrür indirgenmesiyle selülozun uç grupları da indirgenerek alkalin çözeltilerde soyulma reaksiyonlarına karşı stabil hale gelir. Borhidrür indirgen uç grupları ve diğer aldehit keton gruplarını kolayca indirgeyerek hidroksil grubuna çevirir.

Sodyumborhidrürün selüloz kimyasında kullanılması ile karbonhidratların analizinde indirgenmiş olan şekerlerin tanınması kolaylaşır. Ligninin renk gruplarına etkisi ile sodyumborhidrür lignini koruyucu ağartma elemanı olarak kullanılabilir. Sülfat pişirmesinde katalizör olarak ilave edilen sodyumborhidrür karbonhidratların indirgen uç gruplarını soyulma reaksiyona karşı koruyarak kağıt hamuru elenmiş verimini artırdığı tespit edilmiştir.

Tank (1978), Pamuk saplarının morfolojik özelliklerini araştırarak liflerde kısmen daha büyük keçeleşme ve katılık katsayısına sahip olduğu elastiklik oranı 50'nin altında,



Runkel oranının ise 1'den büyük olduğunu ve bu haliyle pamuk saplarının morfolojik olarak kağıt üretimine uygun olduğunu belirlemişlerdir.

Göksel (1986), Ülkemizde selüloz ve kağıt sanayinde hammadde açığının kapatmada yıllık bitki saplarından pamuk saplarının önemli bir rol alacağını ve söz konusu sapların çeşitli kimyasal yöntemlerle kağıt hamuru ve kağıt üretiminde kullanılabileceğini belirtmiştir.

Bostancı (1987), Kraft yöntemiyle kağıt hamuru üretiminde çözeltiye katılan sodyum sülfürün odunun asli bileşenleri ile nasıl bir reaksiyona girdiği hakkında kesin bilgiler olmamasına karşın, bu reaktifin delignifikasyonu hızlandırdığı ve selülozun degradasyonunu önlediği, pişirme süresini soda yöntemine göre kısalttığı ve daha iyi nitelikte hamur elde edilmesine yardımcı olduğu bilinmektedir. Değişik odun türlerine karşı daha çok uygunluk göstermesi, yapraklı ve iğne yapraklı ağaç odunları ile her türlü yıllık bitki artıkları sülfat yöntemi ile değerlendirilebilir. Pişirme süresi kısadır. Elde edilen hamurlar yüksek parlaklık derecelerine kadar ağartılabilir. Hamur yüksek direnç özelliklerine sahiptir. Siyah çözelti içerisinde kalmış bulunan kimyasal maddelerin geri kazanılmasındaki kolaylıklar yöntemin diğer avantajları olarak belirtilmiştir.

Kocurek (1989), 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 oksidasyonu, bir aldotil grubuna indirgenme veya bir alkali stabil uç grubuyla süstitüsyon reaksiyonlarını içerdiğini ifade etmektedir.

Fengel ve Wegener (1989), Selüloz, alkali atağına karşı en dayanıklı polimer olmasına karşın kraft pişirmesi sırasında odundaki selülozun yaklaşık olarak %5 çözünüp pişirme

çözeltisine geçmektedir. Selülozun parçalanma reaksiyonların 120-130 °C sıcaklıkta başlar ve sıcaklığın yükselmesi ile artar. Maksimum pişirme sıcaklığına (170°C) çıkıldığında selülozdaki bozunma tedrici olarak başlar. Selüloz yüzeyine tutulan ligninle birlikte çözüneceğini gözlemlemiştir.

Eroğlu ve ark. (1992), Pamuk sapları ilgili yapılan bir diğer araştırmada lif uzunluğu, lif genişliği ve lümen çapının daha büyük; çeper kalınlığının ise daha küçük olduğu belirlenmiş olup, farkın pamuk sapının alındığı yer, iklim ve toprak yapısından kaynaklanan varyasyondan olduğu, kağıt hamuru ve kağıt yapına uygun bir hammadde olduğu belirlenmiştir.

Tuğtekin (1993), Yapılan çalışma sonucunda cennet ağacı yongalarından ASAE yöntemi ile hamur elde edilmesinde en uygun pişirme koşulları, % 16 Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, % 5 NaOH, %50 etanol ve 90 dakika pişirme süresi olarak bulunmuştur. Elde edilen hamurların fiziksel özellikleri bu hamurlardan yapılan deney kâğıtları üzerinde belirlenmiştir. Alınan sonuçlara göre cennet ağacı ASAE hamurlarının kopma uzunluğu 6.5 km, patlama indisi 3.4 kPam<sup>2</sup>/g, yırtılma indisi 8.7 mNm<sup>2</sup>/g ve parlaklığı 56.3 birim bulunmuş olup bu değerler hacim yoğunluk değerinin aynı olduğu okaliptüse göre çok düşük olmadığı ve ayrıca yırtılma direncinin %8, parlaklığın da %100 oranında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Öztürk (1995), Pamuk saplarından alkali sülfite-antrakinon-etanol (ASEA) yöntemiyle kâğıt hamuru üretim koşullarının belirlenmesinde pişirme süresinin 90 dakikadan 120 dakikaya çıkarılması ile %14 ve %16 sodyum sülfite oranlarında elenmiş verim %0.58 ve %1.41 oranlarında artış göstermiştir. Sodyum sülfite oranı sabit tutulduğunda, reaksiyon süresinin 120 dakikadan 150 dakikaya çıkarılması ile elenmiş verimde düşüş olduğu gözlenmiştir.

Ateş ve Kırıcı (2001), Hafizoğlu (1982), NaBH<sub>4</sub>'ün güçlü bir indirgen olduğunu ifade etmişlerdir. NaBH<sub>4</sub> 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. Soyulma reaksiyonunda monomerler indirgen uçtan birer birer koparken, alkali hidrolizde ise zincirin ortasından soyulma reaksiyonuna göre daha büyük kopmalar meydana geldiğini belirtmektedirler.

Canik (2002), Sülfat prosesinde üretilen iğne yapraklı odun hamurlarının CEHDED Yöntemi ile beyazlatılması incelenmiş ve sonucunda kullanılan kimyasalların hamura karakterlikleri üzerine etkisine bakılmıştır.

Lachenal (2003), NaBH<sub>4</sub> güçlü bir indirgeyicidir ve aldehit ve ketonlarla uyum sağlayarak reaksiyona girebilir. Kraft pişirme yönteminde pişirme ortamına ilave edilen %0.5 NaBH<sub>4</sub> ile hamur verimi %3' e kadar arttığı belirlenmiştir. Verim kaybı pişirmenin başında ve sonunda yoğun olarak gerçekleşir. Bu nedenle verimi iyileştirmek için pişirmenin başında ve sonunda müdahale edilebilir. Uç gruplarda meydana gelecek soyulma reaksiyonu engellenerek minimuma indirilebildiğini tespit etmiştir.

Boran (2003), Antrakinin kullanılarak veya kullanılmadan sülfat yönteminin etil alkol ve etilen glikolle modifiye edilmesinin hamur ve kağıt üzerine inceleme yapılmış.

Kırcı, Pesman ve Kalyoncu (2004), Kraft hamurunun oksijen delignifikasyonu kademesinin sodyum peroksit monohidrat ile takviye edilmesi sonucunda hidrojen peroksit benzer şekilde oksijen delignifikasyonu kademesinin etkinliğinin artırılacağı görülmektedir. En önemli sorun ise perborat monohidrat kullanımının maliyet açısından ekonomik olup olmadığıdır.

Tutuş (2004), 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 (2005), pamuk saplarından kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle 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 de % 3.83 oranında artış olduğu sonuca varılmıştır.

Akgül, Temiz (2006) ve Akgül, Çöpür, Temiz (2007), Kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle Uludağ göknarı ve kızıl çam odunlarından kâğıt hamuru üretim koşulları incelenmiş ve sonuç olarak sodyum bor hidrür ilaveli kraft pişirmelerinde hamur veriminin arttığı, delignifikasyonu hızlanmasıyla lignin miktarının azalması sonucu, elek artığında önemli miktarlarda azalma olduğu saptanmıştır. Kraft pişirme sonuçlarıyla karşılaştırıldığında kraft-sodyum borhidür hamurlarının viskozitesinde ve parlaklık değerlerinde artış olduğu buna karşın direnç özelliklerinde çok az azalmalar görüldüğü belirlenmiştir. Sonuç olarak sodyumborhidrürün elenmiş hamur verimini ortalama %1-7 oranında arttığı belirlenmiştir.

Gönteki (2006), Elde edilen hamurların 50+ - SR 0'lik kağıtların patlama yırtılma uzama opaklık ve kopma değerlerinin azalırken, parlaklık değerlerinde artış olduğu belirlenmiştir. Pinus yongalarının NaBH<sub>4</sub> ilaveli, kraft hamuru üretiminde pişirme çözeltilisinde ilave edilen NaBH<sub>4</sub> oranı arttıkça hamurların elenmiş verimlerinin arttığını, kappa numaralarının azaldığı görülmüştür.

Kırcı H. (2006), Kraft pişirmesinin temel amacı ligninin odun yongasından çözümlenerek uzaklaştırılmasıdır. Kraft pişirme çözeltilisi ile karbonhidrat kısmından kayıp verilmeden kâğıt hamuru üretilmez. Molekül ağırlığı düşük olan alkaliler dayanıksız hemiselüloz fraksiyonları pişirme henüz başlarında pişirme çözeltilisi içerisine girdiğini saptamıştır.

Çöpür, Tozluoğlu (2008), Çöpür ve Tozluoğlu (2008) tarafından yapılan kızılçam odunlarından kraft, polisülfite, kraft-AQ ve kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemlerinin karşılaştırılması başlıklı çalışmada kraft pişirme çözeltisine %2 ve %4 oranında NaBH<sub>4</sub> ilave edildiğinde elenmiş hamur verimi artmış, hamurun kappa numarası ve elek artığı oranı azalmıştır. %4 NaBH<sub>4</sub> ilavesi ile kağıdın optik özelliklerinde parlaklık değeri %66.6 oranında arttığı tespit edilmiştir.

Ayata (2008), Okaliptüs'ün kraft -sodyumborhidrür yöntemiyle kağıt hamuru üretiminde sodyumborhidrür hamuru verimi üzerine etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak NaBH<sub>4</sub> elenmiş hamur verimini ortalama %5 oranında artırdığı tespit edilmiştir.

Gülsoy (2009), Beyaz çürüklük mantarı *Ceriporiopsis subvermispora* ile muamele edilen *Pinus nigra Arnold*. Yongalarından pişirme koşulları sabit alınıp inkübasyon süreleri (20,40,60,80 ve 100 gün) ve NaBH<sub>4</sub> oranları (%0.5, %1, %1.5 ve %2) değiştirilerek yapılan kraft, biyo-kraft, kraft-NaBH<sub>4</sub> ve biyo-kraft-NaBH<sub>4</sub> pişirmelerinde elde edilen hamur ve kağıtların özellikleri tespit edilmiştir. İlave olarak *C.subvermispora* ile muamele edilen *P.nigra* odunun kimyasal bileşimdeki değişim belirlenmiştir. *C.subvermispora* ile muamele edilen *P.nigra* yongalarının ağırlık kaybı, holoselüloz oranı ve çözünürlük değerleri inkübasyon süresinin artmasıyla artarken, lignin oranı ve selüloz oranı azalmıştır. Kimyasal analiz sonuçlarına göre optimum inkübasyon süresi 100 gün olarak belirlenmiştir.

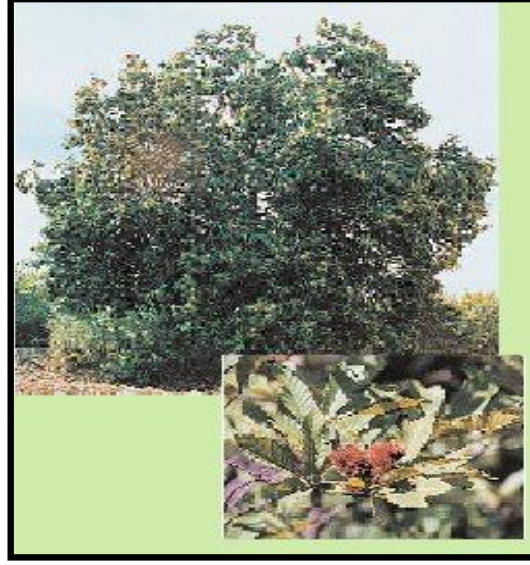
Ezici (2010), Pamuk saplarından (*Gossypium hirsutum* L.) kraft sodyum yöntemiyle kağıt üretilmiş ve NaBH<sub>4</sub> 'ün hamur verimi elde edilen kağıtların fiziksel ve optik özellikleri incelenmiştir. Sonuç olarak kraft yöntemine göre kraft -sodyum borhidrür yönteminde verim % 15.66 daha yüksek tespit edilmiştir.

Erdönmez (2010), Türkiye’de yetişen kanola (*Brassica napus* L.) bitkisi saplarının kimyasal analizi yapılmıştır. Kanola saplarının kimyasal analizinde; holoselüloz, alfa selüloz, selüloz, lignin, kül oranları ve alkol-benzen, soğuk su ve sıcak su çözünürlük oranları belirlenmiştir. Kraft-sodyumborhidrür ( $\text{NaBH}_4$ ) yöntemiyle kağıt hamuru üretiminde  $\text{NaBH}_4$ ’ün hamur verimi üzerine etkisi araştırılmıştır. Optimum hamur üretim koşullarını belirlemek için 21 adet pişirme denemesi yapılmıştır. En yüksek elenmiş hamur verimi ekonomiklikte göz önüne alındığında; sülfidite oranı %28, aktif alkali oranı %20, sıcaklık 150 °C, pişirme süresi 120 dakika,  $\text{NaBH}_4$  oranı %0.5 ve çözelti/sap oranı 5/1 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak,  $\text{NaBH}_4$  ilavesinin toplam hamur verimini yaklaşık %9 oranında artırdığı tespit edilmiştir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. MATERYAL

##### 3.1.1. Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill. ) Botanik, Anatomik, Kimyasal ve Teknolojik Özellikleri



Şekil 3.1: Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) Ağacı

Anadolu Kestanesi (*Castanea Sativa* Mill.) kayıngiller (*Fagacea*) familyasının *Castanea* cinsini oluşturan kışın yapraklarını döken, genellikle 20-25 m bazen 30 m boylara kadar uzanabilen kalın, kısa ve düzgün gövdesi olan, yaprakları saplı, yaprak uçları dişli, yaprak üst yüzü parlak yeşil ve tüysüz, alt yüzü ise beyaz keçe gibi tüylü veya hafif tüylü, 12-20 cm uzunlukta ve 3-6 cm genişlikte olan, geniş ve dağınık tepeli bir ağaçtır (Kuduban, 1996; Yaltırık ve Efe, 1994). Boy büyümesi önceleri yavaş olup, 10 yaşından sonra hızlanır, bu hız 40-50 yaşına kadar sürer. Buna karşın çap artımı uzun süre devam etmektedir (Genç ve ark., 2001). Ömürleri uzun olup yaklaşık olarak 800-1000 yıl yaşayabilir (Kındır, 2002). Odunu sert olup, kuvvetli kazık kök oluşturur (Genç ve ark., 2001).



Şekil 3.2: Anadolu Kestanesinin(*Castanea Sativa* Mill..) yaprakları ve meyvesi

Anadolu Kestanesi(*Castanea Sativa* Mill.), bitki sınıflandırmacıları tarafından üç gruba ayrılmış 7 ağaç türünün ortak adıdır. Çiçekleri parlak, kokulu ve iki evciklidir. Erkek çiçekler tırtılsı başak gibi dik, 10-20 cm uzunluğunda ve 5-6 bölmelidir, dişi çiçekler ise kadehçik şeklinde tek olarak ya da 2-7 tanesi bir arada, erkek başağın altında bulunur. Erkek çiçekler haziran ayında paralel yaprakların çıkış noktalarından çıkarlar. Üzerinde sık ve batıcı dikenleri bulunan kupula içinde genelde üç tane meyve bulunur. Meyvelerin kabuğu sert, parlak kırmızı kahve renktedir. Bir grup halinde bulunan erkek çiçekler yapraklar kadar hatta bazı durumlarda yapraklardan daha uzun boylu olmaktadır. Tohum olgunluğu ekim ayında olur (Yaltırık, 1981).

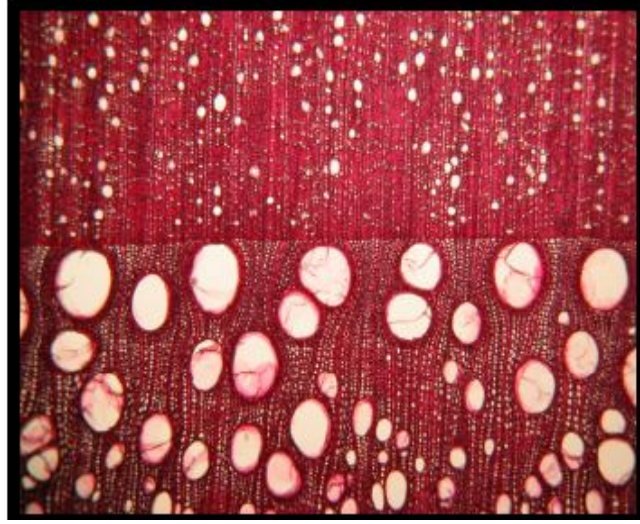




Şekil 3.3: Anadolu Kestanesi(*Castanea Sativa* Mill.) çiçekleri

Anadolu Kestane(*Castanea Sativa* Mill.) ağaçları doğal olarak genellikle Kuzey Yarım Küre ülkelerinde bulunmaktadır. Ayrıca Çin, Amerika Birleşik Devletleri, Kanada ve bazı Kuzey Afrika ülkeleri, Hindistan, Kore, Japonya, Gürcistan, Türkiye Güney Avrupa, Fransa, Balkan Yarımadası Kafkas memleketleri Yunanistan Arnavutluk Doğu ve Güney Yugoslavya, İtalya'nın tamamı Alpler ve bütün İspanya 'ya kadar yayılış gösterir (Kuduban, 1996). Kestanenin en fazla yayılış gösterdiği yer bir zamanlar Amerika Birleşik Devletleri iken kestane kanseri hastalığı yüzünden yok olmaya yüz tutmuştur. Anadolu Kestanesinin Türkiye yayılışı Kuzey, kuzeybatı olup kısmen de Batı Anadolu' dur. Kestanesi ağacının maruz kaldığı diğer bir hastalık ise Kestane mürekkep hastalığıdır.

Anadolu Kestanesi(*Castanea Sativa* Mill.) odunu %69.9 holoselüloz, %47.3 selüloz, %31.8 lignin içerir. Ayrıca, odunda % 1-10 kabukta 8-12 tanen bulunur (Eroğlu, 1988; Fengel, 1984). Anadolu kestanesinin ilkbahar odunu traheleri çok büyük çaplı, yaz odunu traheleri ise çok küçük çaplı olup traheler arası çok büyük fark vardır. Odun halkalı traheli ve yıllık halkalar belirgindir. Traheler çaplarından dolayı çift boyutlu olup odun içinde tek tek bulunurlar. Teğet kesitte ilkbahar odunu trahelerinin çapları 271 um, radyal kesitte ise 310 um 'dur. Yaz odunu trahelerinin çapları teğet kesitte 52.82 um, radyal kesitte 64.98 um'dur. (Kuduban, 1996).



Şekil 3.4: Anadolu Kestanesinin(*Castanea Sativa* Mill.) İlk bahar ve yaz odunu traheleri. (enine kesit) (Akgün, 2005)



Şekil 3.5: Anadolu Kestanesinin(*Castanea Sativa* Mill.) traheleri ve öz ışınları (teğet kesit) (Akgün, 2005)

Öz ışınları çok ince, tek sıralı genellikle 5-30 hücre yüksekliğinde ve holoselüler yapıda olup belirgin görünümde değildir. Lup altında bile zor görülür (Bozkurt, Ergin, 2000). Anadolu Kestanesinin öz odunu ile diri odunu arasında belirgin bir renk farkı yoktur. Öz odunu taze halde iken gri-kahverengi, diri odun ise gri-kahverengimsi beyaz renktedir. Yapısal olarak meşeye benzese de geniş öz ışınları bulunmaması özelliğinden dolayı meşeden ayırt edilir. Anadolu Kestanesi(*Castanea Sativa* Mill.) odunun yoğunluğu  $D_{10} = 0.59 \text{ g/cm}^3$ ,  $D_{12} = 0.63 \text{ g/cm}^3$ , ' tür. Odunda % 1-10 arasında tanen bulunur (Bozkurt, Ergin, 2000).

Anadolu Kestanesi(*Castanea Sativa* Mill.) ağacı odunu sert, yarıлма direnci yüksek olup eğilip bükülmesi kolaydır. Şok ve çarpma dirençleri yüksektir. Kurutulması güç olup kurutma sırasında kollaps görülür ve çatlama ve bükülmeye meyillidir. İçerisindeki tanen nedeniyle metallere temasında koyu renk oluşturur (Bozkurt, Ergin, 2000).

#### 3.1.1.1. Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) Araştırma Örneklerinin Temini

Anadolu Kestanesi(*Castanea sativa* Mill.) örneklerini; Düzce Darıyeri Orman İşletme Şefliği'nden 700-750 metre yükseltiden temin edilmiştir.

#### 3.1.2. Türk Fındığının (*Corylus colurna* L.) Botanik, Anatomik, Kimyasal ve Teknolojik Özellikleri



Şekil 3.6 : Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.) ağacı

Türk fındığı (*Corylus colurna* L.) bir cins bir evcikli, kışın yaprağını döken 15-25 m boylarında düzgün gövdeli bir ağaçtır. Türk fındığı oval-piramidal tepeli, tek gövdeli oluşu ile diğer fındık türlerinden ayrılabilen, koyu gri renkli kabuk yaşlı ağaçlarda kalın ve mantarlı olup boyuna derin çatlaklar görülür. Akmeşe grubuna dahil olan meşe kabuklarını anımsatır. Genç sürgünler soluk pas renginde ve sık tüylü olup tüyler basit veya yapışkan bezelidir (Yaltırık, 1993; Arslan, 2005). Geniş yumurta ters yumurta biçimindeki yaprağın dip tarafı yüreğimsi ve ucu sivri kenarları kaba veya keskin çift dişli, bazen de hafif lobludur. Boyları 8-12 cm, genişliği 6-8 cm arasında değişir. Yaprakları sonbaharda altın sarımsı renk görüntüsüne bürünür. Yaprak sapları 2,5-4 cm

uzunluğunda, üst yüzü koyu yeşil ve taze iken yatık yumuşak ve siğilli-yapışkan tüylüdür. Daha sonra dökülür. Alt yüzü koyu yeşil ve bezeli tüylüdür. Sonraları dökülme gerçekleşir sadece damarlar tüylü kalır.



Şekil 3.7: Türk fındığının(*Corylus colurna* L.) meyvesi (A) ve çiçekleri; erkek çiçek (B) dişi çiçek(C)

Tomurcukların sürgün üzerindeki dizilişi iki sıralı sarmal olup pseudo-terminal tomurcukludur. Erkek çiçek kurulları (kedicik) 6-8 (12) cm uzunluğundadır. Erkek çiçek kurulları sonbaharda teşekkül eder, aşağı sarkar, kışı açıkta geçirir; kış sonu, erken ilkbaharda çiçek kurulu eksenini uzar ve tozlaşma başlar. Dişi çiçek kurulları genellikle dihyazyumdan oluşmuştur. Birkaç meyve bir arada yer alır (Şekil 3.7). Yaprak ve meyve tomurcukları farklı şekil ve büyüklüktedir. Meyve örtüsünün kenarları ince şeritler halinde düzensiz olarak yırtılmış, sivri uçları ise geriye doğru kıvrılmıştır. Üst kısmı yapışkan tüylerle kaplıdır. Nus meyve 15-20\*10-18 mm boyutlarında, geniş yumurta şeklinde ve üstten hafif basıktır. Meyvenin örtüye bağlandığı dip taraftaki “mat kısmı” fındığın hemen hemen yarı boyuna ulaşır. Türk Fındığı için bu özellik karakteristiktir (Yaltırık ve Efe, 1994).

Türk Fındığı(*Corylus colurna* L.) odununun öz odunu kırmızı renklidir. Odunu mobilyacılıkta; ağır, sağlam, dayanıklı, ince dokuya sahip, iyi cila tutan özelliklerinden dolayı değerli kabul edilir. Dünyadaki yayılışı; Balkanlar, Romanya, Kafkasya ve kuzey

İran'dır. Ülkemizde en yaygın bir şekilde bulunduğu bölge Kuzeybatı Anadolu ormanları olup Batu Anadolu Kazdağı, Bolu, Düzce, Yığılca, Nallıhan: Köstebek ormanı, Kastamonu: Azdavay-Cide arası, Tosya, Gavur Dağı; Amasya: Sana Dağı, 1600 m, Ayancık: Zindan Bölgesi, Çingen Konağı, 1160m, Eskişehir: Mihaliççık, Çatacık ormanı, 800m, Karabük-Yenice, Doğu Anadolu, Rize ve Trabzon'da doğal olarak yetişmektedir. Düşey yayılışı 800-1700 m. arasında değişir (Yaltırık ve Efe, 1994)



Şekil 3.8: Türk fındığı (*Corylus colurna* L.) yaprakları.

3.1.2.1. *Türk Fındığı (Corylus colurna L.) Araştırma Örneklerinin Temini*  
Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.) odunu yonga örneklerini; Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı Pınarbaşı Orman işletme Müdürlüğü, Kurtgirmez Orman İşletme Şefliğine bağlı 115. bölmeden temin edilmiştir.

## 3.2. YÖNTEM

Kağıt hamurunun miktarını ve özelliklerini belirlemek için; kullanılacak olan hammaddenin kimyasal yapısının bilinmesi gerekmektedir. Selüloz miktarı verimde, ligninin miktarı ise pişirme koşullarının belirlenmesi açısından önemli olabilmektedir. Bununla birlikte hemiselülozların miktarı ve çeşidi kağıt hamurunun sağlamlılığı ve dövülme yönündeki özelliklerini etkilemektedir (Eroğlu, 1980).

Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) odunu; kabuk ve budaklarından temizlenerek kibrit çöpü büyüklüğünde inceltildi. Aynı şekilde Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.)'nin odunu kesici aletler yardımıyla ayrılmış ve 3–4 cm uzunluğunda parçalara ayrıldı. Odun örnekleri hava kurusu haline getirildi. Hava kurusu halinde olan odun örnekleri; kimyasal analizlerde kullanılmak üzere gerekli miktarda alınarak; TAPPI T 257om–85 (44) standart yöntemine göre; laboratuvar tipi Wiley değirmeninde öğütülerek 40 mesh (425µ) 60 mesh (250µ)'lik sarsıntılı eleklerde elendi. 40 mesh'lik elekten geçen ve 60 mesh'lik elek üzerinde kalan kısım alınarak ağzı kapalı cam kavanozlara konuldu ve kimyasal analizlerde kullanılmak üzere hazırlandı.(45) Hazırlanan odun örneklerinin rutubet miktarları TAPPI T 246om-88 standardına göre; 105±3<sup>0</sup>C'de kurutulmuş bulunmuştur.

### 3.2.1. Kimyasal Analize Ait Yöntemler

#### 3.2.1.1. Rutubet Tayini

Odun higroskopik bir yapıda olup, bulunduğu ortamdan su alıp vermektedir. Bütün kimyasal maddeler kuru madde esasına göre yapıldığından analiz çalışmalarında odun örneklerindeki rutubet miktarını ya da odunun kuru miktarını bilmemiz gerekir.

Rutubet tayini için yaklaşık 1,5-2 gr civarında granülü odun örneği alınarak bir kap içinde 105± 3 °C sıcaklığındaki bir etüvde değişmez ağırlık elde edilinceye kadar kurutulmuştur. Rutubet oranı ise aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\text{Rutubet Yüzdesi} = 100 * \frac{\text{Yaş örnek ağırlığı} - \text{Tam kuru örnek ağırlığı}}{\text{Yaş örnek ağırlığı}}$$

Yaş örnek ağırlığı

#### 3.2.1.2. Holoselüloz Tayini

Holoselüloz, odunun lignin maddesi uzaklaştıktan sonra kalan karbonhidrat kompleksidir (Atchson, 1989). Holoselüloz oranının kesin olarak belirlenmesi mümkün olmamakla birlikte, Wise ve arkadaşlarının geliştirdiği klorit yöntemi; diğer yöntemlerden en az kayıp vermesi ve kolay uygulanması yanında, klorlama ve ClO<sub>2</sub> yöntemine oranla, ligninle birlikte uzaklaştırılan karbonhidrat oranının daha az olması sebebiyle kullanılmıştır.

Klorit yöntemi uygulandığında %2–4 oranında lignin karbonhidratlarla birlikte kalmış olacaktır. Çünkü karbonhidrat kaybı olmadan ligninin tümünü uzaklaştırmak mümkün olmamaktadır (Rydholm, 1965; Zhao, Ödberg, Risinger, 1992; Ateş, 1999).

Klorit yönteminde holoselüloz miktarı belirlenecek 5 gr hava kurusu örnek, 160 cc su 1,5 gr NaClO<sub>2</sub> ve 10 damla (0,5 ml) asetik asitle birlikte 250 cc'lik bir erlenmayere konularak 78-80<sup>0</sup>C deki su banyosunda bir saat süreyle tutulmuştur. İçine örnek koyulan erlenin ağzı ters çevrilmiş 50 ml'lik bir erlenmayer ile kapatılmış, reaksiyon süresince zaman zaman erlen çalkalanarak karıştırılmıştır. Bu süre bitiminde karışıma 1,5 gr NaClO<sub>2</sub> ve 10 damla buzlu asetik asit ilave edilmiştir. Bu işlem, 4 kez tekrarlanmıştır. İşlem bitiminde süspansiyon bir buz banyosunda soğutularak krozedden süzölmüştür. Kalıntı önce asetonla sonra soğuk destile su ile yıkanmış 105±3<sup>0</sup>C'de kurutulmuştur. Asetik asit oranının pH'sını 4 civarında tutup ClO<sub>2</sub>'in çıkmasını sağlamaktadır. Çıkan ClO<sub>2</sub> lignini oksitleyip klorolignin halinde çözerek karbonhidratlardan ayırtmaktadır (Wise, 1952-1962).

### 3.2.1.3. Alfa Selüloz Miktarının Belirlenmesi

Alfa selüloz, ekstraktif maddesi ve lignini uzaklaştırılmış odun örneklerinin (holoselüloz) %17,5'luk Sodyum hidroksit ile muamele edilmesiyle çözünmeden kalan yüksek moleköl ağırlığına sahip kısmı temsil etmektedir. Özellikle selüloz türevlerinin elde edilmesinde önemlidir. Kağıt hamuru için ise pişirme ve ağartma işlemleri sırasında oluşan degradasyon miktarı hakkında bir fikir vermektedir.

Alfa selüloz oranı, TAPPI T 203 OS–71 standart yöntemine göre, holoselüloz örnekleri üzerinde % 17,5'lik NaOH kullanılarak tayin edilmiştir. Tam kuru oduna oranla alfa selüloz miktarı % olarak hesaplanmış oldu.

Alfa selüloz belirlenmesi; Bir beher içine 2 gr gelecek şekilde holoselüloz eklenerek; üzerine 20 <sup>0</sup>C sıcaklığında; 10 ml %17,5'lik NaOH çözeltisi ilave edilerek karıştırılmış, iki dakika sonra beherdeki örnekler bir baget yardımıyla bastırılmıştır. Başlangıçtan 5 dk sonra 5 ml %17,5'lik NaOH çözeltisi ve 10 dk sonra ise 5 ml %17,5'lik NaOH

çözeltisi konularak karıştırılmış ve 30 dk süreyle 20 °C'deki su banyosunda bekletilmiştir. Bu işlemin bitiminde; karışıma 33 ml destile su ilave edilip 20 °C'de 60 dk bekletilerek orta dereceli krozeden süzülmüştür. Krozede kalan kalıntı öncelikle 100 ml %8,3'lük NaOH çözeltisiyle daha sonra destile su ile yıkanmış, %10'luk 15 ml asetik asit 3 dakika krozede bekletilerek emme yapılmıştır. Yıkama işlemine, 250 ml destile su ile asitliği gidinceye kadar devam edilmiş ve 105±3°C'de kurutularak tartılmıştır (Rydholm, 1965; Eroğlu, 1980; Bostancı, 1980).

#### 3.2.1.4. *Lignin Tayini*

Lignin karbonhidrat olmayan kompleks yapıda bir bileşik olup, odunun ve diğer yıllık bitkileri oluşturan önemli asli bileşiklerden birisidir. Hücre çeperinin yapısını oluşturur. Yapı taşı fenilpropan monomerinden oluşan aromatik ve amorf yapıda doğal bir polimerdir. Lignin orta lamel ve primer zarda % 70 civarındadır. Kimyasal olarak polimerik ve üç boyutlu yapıda olan lignin, iğne yapraklı ağaç odunlarında %25-%35, yapraklı ağaç odunlarında %17-%25 oranında bulunur. Bitki hücrelerini birbirine yapıştırıp bağlayıcı bir görev yaparak bitki bünyesine sağlamlık ve dayanıklılık kazandırır (Rydholm, 1965).

Lignin, odunun koyu renkli ve lifsel olmayan amorf bir bileşiği olduğundan lifler arası hidrojen bağlarının oluşumunu olumsuz yönde etkiler. Dolayısıyla, hamuru elde edilmiş istenmeyen ve uzaklaştırılması gereken bir maddedir. Yapısının farklılığı nedeniyle bu yapıyı bozmadan odunun diğer bileşenlerinden ayırmak mümkün değildir. Ligninin bitkisel maddelerdeki oranını belirlemede çeşitli yöntemler kullanılmakta ise de en çok kullanılan ve yaygın olarak yöntem %72'lik sülfirik asit kullanılan klason lignini yöntemidir. Belirlenmiş koşullarda sülfirik asit karbonhidratları hidrolizleyerek çözer ve asite dayanıklı olan lignin kalıntı olarak elde edilir (Rydholm,1965; Eroğlu, 1980).

Lignin oranı için; %72'lik sülfirik asidin kullanıldığı TAPPI T 211 om-88 standart yöntemine göre yapılmıştır. Örnek odunları; önceden ekstraksiyona uğratılmış hava kurusunda olup; bu örneklerden, 1 gr alınarak bir behere konulur ve 12- 15°C'da 15 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ilave edilip, belli zamanlarda karıştırılarak, 18- 20°C sıcaklıkta 2 saat bekletilir. Bu süre sonunda beherdeki materyal yıkanarak 1 litrelik erlene aktarılmıştır. Asit



konsantrasyonu %3'e olacak şekilde kadar yani erlendeki sıvı miktarı 560 ml. oluncaya kadar destile su ile seyreltilmiştir. Bu karışım daha sonra bir soğutucu altında 4 saat kaynatılmıştır. Çözünmeyen maddeyi çöktürtikten sonra ağırlığı  $105\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de belirlenmiş porozitesi az olan (4 nolu) krozeden süzölmüş serbest asit artıkları 500 ml. sıcak su ile yıkanmıştır. Kroze  $105\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de kurutulup, desikatörde soğutulduktan sonra tartılmıştır. . Ligninin ağırlığı ekstrakte edilememiş tam kuru odun ağırlığının yüzdesi olarak hesaplanmıştır Bunun yanında; lignin darası alınmış bir kroze alınıp bu kalıntı lignin üzerinde kül düzeltmesi yapılmıştır (Anonymous, 1992).

#### 3.2.1.5.Odundaki Kül Oranı

Odundaki Kül oranının belirlenmesinde,  $575\pm 25^{\circ}\text{C}$  yakılmasıyla elde edilen kalıntıdır. Kül oranının belirlenmesinde TAPPI T 211 om-85 standart yöntemi kullanılmış olup sonuçlar tam kuru odun ağırlığına oranla yüzde olarak verilmiştir.

#### 3.2.1.6.Alkol-Benzen 'de Çözünürlük

Alkol benzen' de çözünen madde miktarını belirlemede; odun örnekleri TAPPI T 6 m-59 yöntemine göre yapılmıştır. Bu işlemde; Sokslet cihazında 1 kısım alkol- 2 kısım Benzen karışımı kullanılarak 6 saat ekstraksiyona tabi tutulmuş ve odundan ekstrakte edilen kısım tam kuru oduna oranla % olarak belirlenmiştir. Bu yöntem; odun yapısında bulunan yağ, mumsu maddeler, tanen ve zamk gibi maddelerin miktarlarını belirlemek için kullanılırlar.

#### 3.2.1.7. %1 Sodyum Hidroksitte Çözünürlük

Bu tayinin amacı degradasyona uğramış selüloz miktarının yani odunun çözünürlük miktarının belirlenmesi için yapılır. Dolayısıyla; kağıt hamuru veriminin hangi ölçüde düşeceğini anlamak için iyi bir gösterge sayılır. Seyreltik alkali ile ekstraksiyona tabi tutulan odunda, içerisindeki ekstraktiflerin çoğunluğuyla birlikte hücre çeperini oluşturan bileşenlerin bir kısmı da uzaklaştırılır. Sağlam oduna kıyasla bu oranda artış göstermesi çürüklüğün arttığını, yani hamuru veriminin düştüğünün göstergesidir. Diğer yandan, karbonhidratların seyreltik alkaliye olan dayanıklılığını da göstermiş olur.

Bu yöntemde; TAPPI T 212 om-88 standardına göre yapılmış olup; 0,1 mg hassaslıkta 2 gr örnek tartılarak 200 ml'lik erlen içine koyulduktan sonra üzerine %1'lik NaOH çözeltisinden 100 ml eklenmiştir. Daha sonra; erlenin ağzını daha küçük bir erlenle kapatıp 1 saat su banyosunda bekletilmiştir. Erlenin su banyosuna koyulduktan sonra

10.,15., ve 25. dakikalarda üç defa karıştırılmış olup, bu süre bitiminde ise erlendeki kalıntı darası alınıp; kroze üzerinde emme yapılarak süzölmüştür. Daha sonra % 10'luk 50 ml asetik asit ve sıcak su ile yıkanma işleminden sonra  $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 'lik bir ortamda kurutulmuş olup; bir desikatörde soğutulup sonrada tartılmıştır. Sonuç olarak, tam kuru örnek ağırlığına oranla % olarak hesaplanmış olmaktadır.

#### 3.2.1.8. Soğuk Suda Çözünürlük

Bu yöntemde TAPPI T 207 om-88 standardı kullanılmış olup ortam koşulları  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de olup, bu koşullar altında 2 gr hava kurusu olan örneği; 300 ml destile su içine koyulup, 48 saat süre ile belirli aralıklarda karıştırılarak bekletilmiş, daha sonra numune darası alınmış, 1 ve 2 nolu krozeden süzölerek destile su ile yıkanma işlemi yapılmıştır. Örnekler bundan sonra  $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 'de ortamda kuruma işlemine tabi tutulup, tartılmıştır. Sonuçta soğuk suda çözünen miktar tam kuru örneğe oranla % olarak hesaplanarak bulunmuştur.

#### 3.2.1.9. Sıcak Suda Çözünürlük

Bu yöntemde; Sıcak su çözünürlüğü TAPPI T 207 om-88 standardına göre yapılmıştır. Bu amaçla, 2 gr odun örneğini 200 ml'lik erlenmayere konulur sonra üzerine 100 ml destile su ilave edilir. Daha sonra erlenmayer soğutucu altında 3 saat süreyle sıcak su ile kaynatılır, sonra kalıntı 2 nolu krozeden süzölür. Daha sonra  $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 'lik ortamda kurutma gerçekleştirilip örnek tartılır. Sonuç itibariyle; tam kuru numune ağırlığına oranla % olarak belirlenmiştir. Sıcak su çözünürlüğü ile odundan inorganik tuzları, şekerleri, polisakkaritleri ve bazı fenolik maddelerin ayrışımı sağlanır.

### 3.2.2. Hamurun Elde Edilmesi

#### 3.2.2.1. Hamurun Elde Edilmesinde Uygulanan Yöntemler

Anadolu Kestanesi(*Castanea sativa* Mill.) ve Türk Fındığı(*Corylus colurna* L.) odunundan kabuk ve budaklı parçalar özenle ayıklanarak temizlendi. Örnekler 2-3 mm kalınlık, 2-2,5 mm boyutunda yongalar haline gelecek şekilde kesildi. Pişirme işlemi için;  $25 \text{ kg/cm}^2$  basınca karşı dayanıklı olan, 4 devir/dk hıza kadar çalışabilen, 15 litre kapasiteli olan, elektrikle ısıtılan ve otomatik ısı kontrollü laboratuvar tipi olan; döner pişirme kazanında yapılmıştır. Kazanın doldurma ve boşaltma işlemleri elle yapılmıştır. Her pişirme işleminde; Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) odunu için; 600 gr tam kuru kestane odunu yongası, Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.) odunu için ise 500 gr tam kuru Türk Fındığı odunu yongası kullanılmıştır.

Piştirme işlemleri bittikten sonra dikkatli bir şekilde çözelti uygun bir kaba boşaltılmıştır. Sonra pişen odun yongaları, 150 meş'lik elek üzerine alınıp, bol su ile siyah çözelti temizlenene kadar yıkanmıştır. Daha sonra laboratuvar tipi hamur desintegratöründe 10 dakika açıldıktan sonra yarık açıklığı 0,15 mm olan vakumlu eleklerde elenen hamurdan pişmeyen kısımlar ayrıştırılmıştır. Elenen kısım, yaklaşık olarak 20-30 kuru madde olacak şekilde iyice sıkılıp, hamur polietilen torbalara yerleştirilmiştir. Elek üzerinde kalan kısım tartılarak tam kuru yonga ağırlığına oranla elek artığı miktarına ulaşılmıştır. Hepsi ağzı kapalı bir şekilde bekletildikten sonra, hamurun rutubeti SCAN-C3:63 standart yöntemine göre belirlenerek elenmiş verim tayini bulunmuştur. Anadolu Kestanesi ve Türk Fındığı odunlarının, kağıt hamurları; Düzce Üniversitesi, Kağıt Hamuru Laboratuvarında yapılmıştır.

#### 3.2.2.2. *Kappa Numarası Tayini*

Kappa numarası tayini; özel şartlar altında 1 gr tam kuru hamuru tarafından tüketilen 0,1 N  $KMnO_4$  çözeltisinin ml olarak miktarına denmektedir. Bu amaçla lif süspansiyonu içerisine % 50 daha fazla  $KMnO_4$  katılarak, fazlası 0,2 N sodyum tiyokraft çözeltisi ile titre edilir. Lifler tarafından tüketilen  $KMnO_4$  miktarı bu %50'nin altında veya üstünde olursa düzeltmeler yapılır. Tüketim miktarının en az %30, en çok %70 arasında bulunması gerekmektedir (Eroğlu, 1980).

Kappa numarası, karbonhidrat veriminin bulunması yanında ağartmada kullanılacak kimyasal madde miktarının hesaplanmasında önemli bir faktördür, (Rydholm,1965). Ayrıca kappa numarası ile 0,13 faktörünün çarpılmasıyla çıkan değer % olarak hamurdan kalan Klason ligninini verilmekte olup bu sayede kappa numarası; hamurlarının delignifikasyon oranı ve ağartılabilirlik derecesi hakkında iyi bir göstergedir (Bostancı, 1987).

#### 3.2.2.3. *Hamur Viskozitesinin Belirlenmesi*

Hamur viskozitesinin tayinin belirlenmesinde SCAN-CM 15.88 standardı kullanılmıştır (Anonim, 1992). Bu yöntemde viskozite tayini olacak olan hamurda yüksek oranda lignin varsa Klorit delignifikasyonuna uğratarak ölçümde hataya neden olan lignin uzaklaştırılır. Elde ettiğimiz hamurlardaki lignin oranı düşük olduğundan bu işlem uygulanmamıştır. Standartta belirtilen miktarda hamur SCAN-C 16.88 göre uygun şekilde hazırlanan 0,5M bakiretilendiamin (CED) çözeltisinde çözündürüldükten sonra

pipet tipi viskozimetre kullanılarak bağıl viskozitesi bulunmuş, bu değer daha sonra Martin'in formülüne göre düzenlenen tablodan  $\text{cm}^3/\text{g}$  olarak gerçek viskoziteye dönüştürülmüştür. Hesaplanan viskozite ile hamurun polimerizasyon derecesi (DP) arasında aşağıdaki ilişki vardır;

$$\text{DP}^{0,905} = 0,75 * \text{Viskozite}$$

Selülozun polimerizasyon derecesi ile ilişkili olan viskozite değeri dolaylı olarak hamurun direnç özelliklerini de etkileyen bir faktördür. Özellikle kağıdın yırtılma ve gerilme ile ilgili direnç değerleri viskozite artışı ile paralel olarak artmaktadır (Bostancı, 1987). Viskozite tayini belirlenmesi her örnek için, dört kez tekrarlanmış ve sonuçlar ortalama olarak verilmiştir.

Çizelge 3.1. Anadolu Kestanesi ve Türk fıncığı Odununu Pişirmede Kullanılan Yöntemler ve Kullanılan Kimyasallar

Piştirme Yöntemleri	Aktif Alkali (%Na <sub>2</sub> O/fırın kurusu odun)	%Na <sub>2</sub> S(fırın kurusu odun)	% NaBH <sub>4</sub> (fırın kurusu odun)	Maksimum Sıcaklıkta Piştirme Süresi (dk.)	Maksimum Sıcaklığa Çıkış Süresi (dk)
K 1	18	25	-	90	25
K 2	18	25	-	105	25
K 3	18	25	-	120	25
K 4	20	25	-	90	25
K 5	20	25	-	105	25
K 6	20	25	-	120	25
K 7	22	25	-	90	25
K 8	22	25	-	105	25
K 9	22	25	-	120	25
KB 1	22	25	0.5	90	25
KB 2	22	25	1	90	25
KB 3	22	25	1.5	90	25
F 1	16	25	-	60	25
F 2	16	25	-	90	25
F 3	16	25	-	120	25
F 4	18	25	-	60	25
F 5	18	25	-	90	25
F 6	18	25	-	120	25
F 7	20	25	-	60	25
F 8	20	25	-	90	25
F 9	20	25	-	120	25
FB1	16	25	0.5	60	25
FB2	16	25	1	60	25
FB3	16	25	1.5	60	25

Not:Tüm pişirmelerde, piştirme sıcaklığı 160 °C ve çözelti/yonca oranı 5/1 olarak sabit alınmıştır.  
K: Kestane ; KB:Kestane NaBH<sub>4</sub>; F : Türk Fıncığı FB:Türk Fıncığı- NaBH<sub>4</sub> olarak gösterilmiştir.

### 3.2.3. Elde Edilen Kağıt Hamurlarından Deneme Kağıdı Yapımında Uygulanan Yöntemler



Şekil 3.9: PFI Değirmeni

Dövme işlemi ve test kağıtları, İstanbul Üniversitesi Orman Ürünleri Kimyası Laboratuvarında yapılmıştır. Yapılan her bir pişirme hamurunun konsantrasyon ayarı yapılarak TAPPI T 200 os-70 standardına göre PFI değirmeninde (Şekil 3.9) dövülmüştür.  $35 \pm 2SR^0$ ,  $50 \pm 2SR^0$  serbestlik derecelerine kadar dövülen hamurlar, her bir dövme kademesinde yeterli miktarda hamur alınarak, SCAN-C 20:65 standardına göre Schopper Riegler aletinde serbestlik dereceleri belirlenmiş, Frank'ın Rapid Köthen laboratuvar deney kağıdı makinesinde (Şekil 3.11) her bir odun türü için 10'ar adet deneme kağıdı yapılmıştır (Eroğlu. 2003).



Şekil 3.10 : Lif açıcı



Şekil 3.11: Rapid-Köthen Elde Kağıt yapma makinesi

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

Yapılan deneme kağıtları İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği laboratuvarında SCAN – P2:61 standardına göre sıcaklığı  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , bağıl nemi  $\%50 \pm 2$  olarak ayarlanmış klima odasında 24 saat bekletildikten sonra aşağıdaki testlere tabi tutulmuştur (Anonim, 1992).



Şekil 3.12: Kağıt numunelerini testlere hazırlanması  
(İstanbul Üniversitesi; Kağıt Testleri Lab.)

- TAPPI T 410 om-88 standardına göre gramajı (  $\text{m}^2$  ağırlık),
- TAPPI T 411 om-89 standardına göre kalınlığı,
- TAPPI T 412 om-90 standardına göre rutubeti,
- TAPPI T 425 om-91 standardına göre elrepho parlaklık ölçerde  $R_{10}$  filtresi kullanılarak reflektans ( $R_0$ ) ve reklevite değeri ( $R_{\infty}$ ),
- $100 * (\text{Reflektans} / \text{Reklevite})$  oranında baskı opaklığı,



- Patlama direnci; belirli kağıt yüzeyine yapılan hidrostatik basınçtır. Testler TAPPI T 403 om-91 standardına göre Müllen aletinde (Şekil 3.13)  $\text{kg/cm}^2$  cinsinden patlama direnci belirlenir. Şekil 3.14'de görüldüğü gibi 31,5 mm çapında bir kouçuk diyagrama karşı kağıt kontrolü olarak gittikçe artan bir yükleme hızı ile deforme olan kağıdın yarılmamasın için gerekli hidrostatik basıncın ölçülmesiyle yapılır. Kouçuk diyagram altından dakikada 95 cm<sup>3</sup> 'lük bir debiyle gliserin pompalanır ve böylece kağıda gittikçe artan bir basınç uygulanır. Kağıt emniyetli bir dairesel metal halkayla kauçuk diyaframa karşı sıkıştırılır (Eroğlu. 2003).

(Patlama İndisi=  $1000 * \text{Patlama direnci} * 0,0981 / \text{gramaj}$  ) formülünden  $\text{k.Pa.m}^2/\text{g}$  olarak hesaplanmıştır.

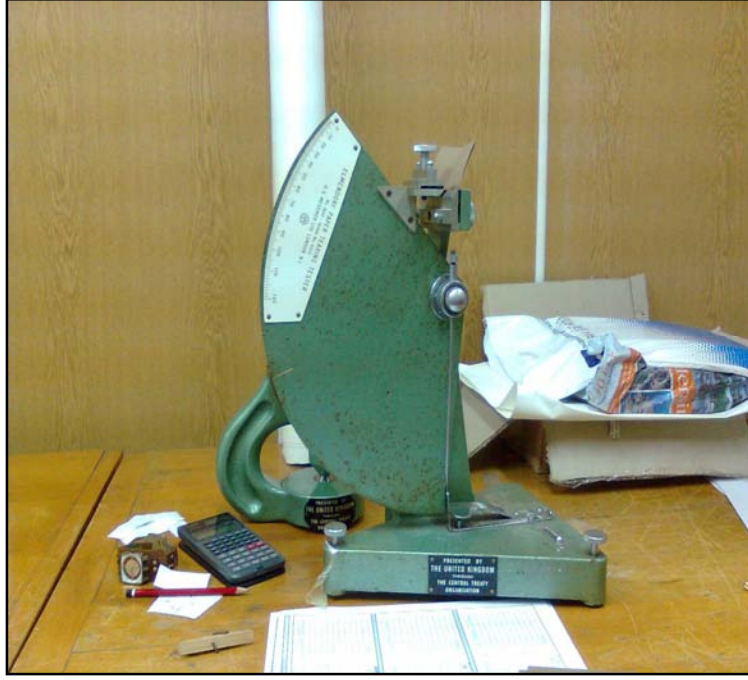


Şekil 3.13: Patlama direnci belirlemede kullanılan Müllen aleti.



Şekil 3.14: Patlamayı gerçekleştiren koucuk ( 31.5 mm çapında)

- Yırtılma Direnci testi kağıdın yüzeyine dik olarak yırtılması için gereken gücü tespit etmek mümkündür. Yırtılma direnci kağıdın üzerinde bir başlangıç olarak bir yırtılma yapıldıktan sonra kağıdın belirli uzunlukta yırtılması için iş miktarı olarak ölçülür. Resimde görülen yırtılma aleti üzerinde kesilmiş bir örnek iki kısıkaç arasında tutularak örneğin üzerinde aletin bıçağı yardımıyla 20 mm' lik bir bir ilk kesik açılır. Geri kalan kısım alet tarafından yırtılmak üzere bırakılır. Daha sonra sarkaç serbest bırakılır. Sarkaca asılı olan kısıkaç sabit kısıkaçtan uzaklaşırken örnek yırtılarak ikiye ayrılır. Test; TAPPI T 414 om-88 standardına göre Elmendorf aletinde yapılmıştır. (Yırtılma İndisi = Yırtılma direnci \* (300/n)\*0,980665/Gramaj) formülünden  $m.N.m^2/g$  olarak hesaplanmıştır (Eroğlu, 2003).



Şekil 3.15 : Elmendorf Cihazı

- TAPPI T 220 om-88 standardına göre test kağıtlarının kesimi, TAPPI T 494 om-88 standardına göre hazırlanan kağıt şeritler üzerinde kopma uzunluğu km olarak belirlenmiştir.

## 4. BULGULAR

### 4.1. KİMYASAL ANALİZLERE AİT BULGULAR

#### 4.1.1. Sülfat-Bor yöntemiyle Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.) ve Odunlarından Elde Edilen Kağıt Hamurlarına Ait Bulgular

Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) odunlarından alınan örnekler daha önce belirtilen standart yöntemlere uygun olarak öğütülerek, 40 mesh'ten geçen ve 60 mesh elek üzerinde kalan kısımlar alınarak kullanılmıştır. Kestane odununun ana bileşenlerine ve çözünürlüklerine ait sonuçlar Çizelge 4.1' de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Anadolu Kestanesi odununun Kimyasal Analizlerine ve Çözünürlüklerine Ait Bulgular

Bileşenler	Ortalama(%)	Std. sapma	Çözünürlükler	Ortalama %	Std. sapma
Holoseüloz	71.34	0.14	Alkol-benzende çözünürlük	12.50	0.16
Alfa selüloz	39.56	0.19	Sıcak suda çözünürlük	11.12	0.11
Lignin	25.32	0.12	Soğuk suda çözünürlük	9.86	0.21
Kül	0.82	0.09	%1'lik NaOH'da çözünürlük	31.15	0.13

Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.)'nın odununundun alınan örnekler daha önce belirtilen standart yöntemlere uygun olarak öğütülerek, 40 mesh'ten geçen ve 60 mesh elek üzerinde kalan kısımlar alınarak kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir (Korkut ve ark., 2009). Türk fındığı odununun ana bileşenlerine ve çözünürlüklerine ait sonuçlar Çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Türk Fındığı Odununun Kimyasal Analizlerine ve Çözünürlüklerine Ait Sonuçlar (Korkut ve ark., 2009)

Bileşenler	Ortalama (%)	Std. sapma	Çözünürlükler	Ortalama (%)	Std. Sapma
Holoseülüz	68.8	0.06	Alkol-benzende çözünürlük	7.42	0.08
Alfa selüloz	43.5	0.07	Sıcak suda çözünürlük	7.40	0.28
Lignin	23.6	1.41	Soğuk suda çözünürlük	6.30	0.14
Kül	0.3	0.28	%1'lik NaOH'da çözünürlük	28.5	0.28

#### 4.1.2. Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) ve Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.) Odunundan Kraft, Kraft-NaBH<sub>4</sub> Yöntemleriyle Elde Edilen Hamurlara Ait Bulgular

Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) ve Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.) odunu yongalarında kraft, kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemleriyle elde edilen kağıt hamurlarının verim miktarları, kappanumarası, viskozite değerleri Çizelge 4.3'de verilmiştir.

#### 4.2.1. Yapılan Denemeler Sonucu Elde Edilen Kağıt Hamurlarının Verim ve Kimyasal Özelliklerine Ait Bulgular

Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) ve Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.) yongalarından sülfat-bor yöntemiyle ayrı olarak elde edilen kağıt hamurlarının verim miktarları, siyah çözelti pH değerleri, kappanumarası, viskozite değerleri Çizelge 4.3 'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Anadolu Kestanesi ve Türk Fındığı odununun pişirme yöntemlerine ait fiziksel ve kimyasal bulgular

Pişirme No	Süre	Alkali (%)	Elenmiş Verim (%)	Elek Artığı (%)	Toplam Verim (%)	Kappa No	Viskozite
K 1	90	18	43.98	1.63	45.61	23.08	1613
K 2	105	18	43.83	1.49	45.32	22.89	1477
K 3	120	18	42.78	1.19	43.97	21.70	1560
K 4	90	20	43.47	0.33	43.80	19.36	1640
K 5	105	20	42.99	0.26	43.25	16.81	1491
K 6	120	20	41.85	0.21	42.06	17.18	1586
K 7	90	22	43.03	0.18	43.21	14.51	1636
K 8	105	22	41.13	0.12	41.25	14.01	1531
K 9	120	22	39.68	0.07	39.75	14.97	1595
KB1	90	22	43.18	0.024	43.20	12.96	1675
KB2	90	22	45.84	0.015	45.86	12.78	1649
KB3	90	22	46.29	0.013	46.30	12.38	1630
F 1	60	16	43.13	1.96	45.09	23.70	1460
F 2	90	16	42.53	1.81	44.34	22.89	1456
F 3	120	16	40.81	1.25	42.06	22.70	1418
F 4	60	18	42.21	1.92	44.13	23.49	1544
F 5	90	18	41.13	1.33	42.46	19.74	1428
F 6	120	18	39.64	0.96	40.60	17.78	1388
F 7	60	20	41.36	1.31	42.67	18.76	1429
F 8	90	20	40.27	1.29	41.56	19.41	1305
F 9	120	20	39.16	0.71	39.87	16.81	1335
FB1	60	16	43.51	1.75	45.26	23.08	1526
FB2	60	16	44.78	1.46	46.24	22.51	1546
FB3	60	16	45.67	1.12	46.79	22.22	1567

Not:Tüm pişirmelerde, pişirme sıcaklığı 160 °C ve çözelti/yonga oranı 5/1 olarak sabit alınmıştır. K: Kestane ; KB:Kestane NaBH<sub>4</sub>, F : Türk fındığı FB:Türk fındığı- NaBH<sub>4</sub> olarak gösterilmiştir.

#### **4.2.2. Sülfat-Bor Yöntemiyle Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.) ve Odunlarından Elde Edilen Kağıt Hamurlarından Yapılan Test Kağıtlarının Fiziksel ve Optik Özellikleri**

Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) ve Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.) yongaları üzerinde değişik koşullarda gerçekleştirilen 12'şer adet toplam 24 adet pişirmeye ait pişirme koşulları ve bu koşullarda elde edilen kağıt hamurlarından yapılan deney kağıtları üzerinde dövme kademelerine ait belirlenen fiziksel ve optik özellikler yer almaktadır.

Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) ve Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.) örneklerinden değişik pişirme koşullarında sülfat-bor yöntemi ile elde edilen kağıt hamurlarının önemli fiziksel ve optik özelliklerini birbirleri ile karşılaştırabilmek için 50SR<sup>0</sup> serbestlik derecesi seçilmiş olup, bu serbestlik derecesindeki kopma uzunluğu, yırtılma indisi, patlama indisi ve parlaklık değerlerine ait bulgular Çizelge 4.4. 'da verilmiştir.

Çizelge 4.4: Anadolu Kestanesi ve Türk Fındığı Örneklerinden Değişik Pişirme Koşullarında Elde Edilen Sülfat-Bor Hamurlarından Yapılan Test Kağıtlarının 50 SR<sup>0</sup> sindeki Bazı Fiziksel ve Optik Özellikleri

Piş. No	Süre (dk)	Aktif Alkali (%)	NaBH <sub>4</sub> (%)	Parlaklık (Elrepho)	% Uzama (x)	Kopma uzunluğu (km)	Patlama İndisi (kPam <sup>2</sup> /g)	Yırtılma İndisi (mNm <sup>2</sup> /g)
K 1	90	18	-	10.91	3.09	6.68	4.55	7.76
K 2	105	18	-	11.80	3.55	5.61	4.74	6.82
K 3	120	18	-	12.11	4.11	5.26	4.73	5.60
K 4	90	20	-	11.94	3.27	5.61	3.40	6.66
K 5	105	20	-	11.88	3.38	5.57	3.74	6.80
K 6	120	20	-	11.78	2.87	4.75	2.70	6.23
K 7	90	22	-	13.46	3.62	5.20	2.94	5.85
K 8	105	22	-	14.64	2.89	5.18	3.43	6.44
K 9	120	22	-	14.46	2.96	4.34	2.80	5.65
KB1	90	22	0.5	14.96	3.00	5.26	3.16	6.08
KB2	90	22	1	15.70	3.35	5.70	3.72	6.09
KB3	90	22	1.5	16.27	3.16	5.19	3.50	5.98
F 1	60	16	-	12.81	2.32	5.86	3.42	5.32
F 2	90	16	-	14.12	2.50	5.98	3.62	6.00
F 3	120	16	-	14.16	2.68	5.24	2.96	5.06
F 4	60	18	-	12.41	2.47	6.29	4.03	6.77
F 5	90	18	-	12.33	2.66	5.58	3.10	7.08
F 6	120	18	-	14.71	2.34	5.12	3.01	5.80
F 7	60	20	-	12.29	2.52	6.35	3.80	6.18
F 8	90	20	-	12.12	2.71	6.22	3.72	5.46
F 9	120	20	-	14.23	2.81	5.01	2.71	5.01
FB1	60	16	0.5	14.89	2.17	6.17	3.49	5.97
FB2	60	16	1	16.12	2.21	6.46	3.41	6.30
FB3	60	16	1.5	17.83	1.97	5.72	2.71	6.10

Not:Tüm pişirmelerde, pişirme sıcaklığı 160 °C ve çözelti/yonga oranı 5/1 olarak sabit alınmıştır. K: Kestane ; KB:Kestane NaBH<sub>4</sub>; F : Türk fındığı FB:Türk fındığı- NaBH<sub>4</sub> olarak gösterilmiştir



## **5. İRDELEME VE DEĞERLENDİRME**

### **5.1. KİMYASAL ANALİZLERE AİT BULGULARIN İRDELENMESİ**

Bu çalışmada; daha önce belirtilen standart yöntemlere uygun olarak Anadolu kestanesi odunu örnekleri üzerinde yapılan kimyasal analizlere ve çözünürlüklere ait sonuçlar Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Diğer taraftan bu çalışmada elde edilen Anadolu kestanesi(*Castanea sativa* Mill.) odunu değerleri ile yine çalışma konumuzun diğer hammaddesi olan Türk fıncığı(*Corylus colurna* L.) odunu ve fikir vermesi açısından bazı yapraklı ağaç odunlarının çözünürlük değerleri ve kimyasal bileşenleri Çizelge 5.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1: Anadolu Kestanesi ve Türk Fındığı Odunu ile bazı yapraklı ağaç türlerinin kimyasal bileşenleri ve çözünürlük değerleri

Yapraklı Ağaç Türleri	Holoselüloz (%)	Selüloz (%)	Alfa selüloz (%)	Lignin (%)	Kül (%)	Alkol - Benzen	1% NaOH	Soğuk su (%)	Sıcak su (%)	Referans
A. Kestanesi	71.34	—	39.56	25.32	0.82	12.50	31.15	9.86	11.12	Tespit
Türk Fındığı	68.80	—	43.5	23.60	0.3	7.42	28.50	6.30	7.40	Korkut ve ark., 2009
A.Kestanesi (Öz Odun)	66.02	43.53	36.53	26.09	0.18	9.59	30.66	13.87	17.03	Kuduban, 1996
A.Kestanesi (Diri Odun)	73.17	44.15	38.33	26.26	0,49	4,32	21.51	4.72	7.27	Kuduban, 1996
A.Kestanesi	69.59	43.84	37.44	26.18	0.33	6.95	26.85	9.29	12.15	Kuduban, 1996
Fagus Orientalis	78.90	—	41.5	22.60	0.61	1.50	15.6	—	1.92	Tank,1978
Platanus orientalis	77.50	—	39.2	22.80	0.97	4.15	25.3	—	6.65	Tank,1980
Quercus robur	—	41.1	—	29.60	-	0.40	—	12.20	—	Fengel,1989
Populus euramerican	80.60	49.2	42.8	19.30	0.51	1.85	20.4	1.88	2.5	Akgül, 2001
Salix alba	78.10	53.5	43.2	21.60	-	3.15	21.5	-	7.40	Eroğlu, 1989
YA odunu	63-70	—	—	25-35		—	—	2-3	—	Sjostrom, 1993

Anadolu kestanesi(*Castanea sativa* Mill.) odunu üzerine yapılan çalışmaların çözünürlük değerleri ve kimyasal bileşenleri daha önce aynı tür üzerine yapılan bir çalışma ile karşılaştırıldığında holoselüloz ve alfa selüloz değerleri sırası ile %1.76 ve %2.12 oranlarında daha fazla, Lignin miktarı %0.86 daha az, kül miktarı ise %0.49 daha fazla bulunmuştur. (Kuduban,1996). Soğuk su ve sıcak su çözünürlükleri hemen hemen aynı değerlere sahiptir. Alkol-benzen çözünürlüğü %5.65 ve %1'lik NaOH çözünürlüğü %4.3 daha büyük bulunmuştur. Türler arasındaki kimyasal analiz sonuçlarının farklı olması, odunların kimyasal yapısı onların türüne, yetiştiği toprağın yapısına, iklime göre belirli sınırlar içinde değişebilir. Temel olarak en önemli etken genetik farklılıklar olmak üzere, hatta aynı türün bireyleri arasında değişik topraklarda büyümelerine göre kimyasal bileşimlerinde önemli farklılıklar olabilir.

Kağıt hamuru üretimin de kullanılan odunlardan Anadolu kestanesi ve diğer tür olan Türk fıncığı odunlarının kimyasal analizi ve çözünürlük değerleri (Korkut ve ark., 2009) karşılaştırıldığında, Türk fıncığı odununun alfa selüloz miktarı %3.94 oranında yüksek, diğer bileşenler ise daha küçük çıkmıştır. Diğer yandan çözünürlük değerlerinin tümünde Anadolu kestanesi değerleri yüksek çıkmıştır. Anadolu kestanesi odununun çözünürlük değerlerinin yüksek, alfa selüloz oranının düşük olmasının nedeni, odunun bileşiminde muhtemelen daha fazla oranda tanen ve ekstraktif madde olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Yapraklı ağaçların holoselüloz, alfa-selüloz, lignin ve kül oranları sırasıyla % 63.00-80.60, % 37.44-43.5, % 19.30-29.60, % 0.18-0.97 oranları arasında değişmektedir. Çözünürlük değerleri ise alkol-benzen, % 1'lik NaOH, sıcak su ve soğuk su çözünürlükleri sırasıyla % 1.50-12.50, % 15.6-31.15, % 1.92-12.15 ve %2.00-12.20 oranları arasında değişmektedir. Anadolu kestanesinde tespit etmiş olduğumuz değerlerden alkol-benzen hariç, yapraklı ağaçlar için bulunan değerlerle aynı sınırlar içinde değişmektedir. Yine Türk fıncığının kimyasal analiz ve değerleri, daha önce yapılan yapraklı ağaçlar için bulunan değerlerle benzerlik göstermektedir.

## **5.2. SÜLFAT-BOR YÖNTEMİYLE ANADOLU KESTANESİ (*Castanea sativa* Mill.) VE TÜRK FİNCIĞI (*Corylus colurna* L.) ODUNLARINDAN ELDE EDİLEN KAĞIT HAMURLARINDAN AİT DEĞERLENDİRMELER**

Değişik kimyasallarla pişirme sonucu Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) ve Türk Fıncığı (*Corylus colurna* L.) odunu örneklerinden elde edilen kraft, kraft-NaBH<sub>4</sub> hamurlarının verim ve bazı kimyasal özellikleri materyal metod ve bulgular bölümündeki Çizelge 5.2 ve 4'te verilmiştir. Bu amaçla, pişirme koşullarının, verim ve kimyasal özellikler üzerine olan etkileri aşağıdaki bölümlerde işlenmiştir.

### **5.2.1. Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) ve Türk Fıncığı (*Corylus colurna* L.) Odunlarından Sülfat-Bor Yöntemi İle Kağıt Hamuru Üretiminde Pişirme Koşullarının Kağıt Hamurlarının Verim ve Kimyasal Özelliklerine Etkisi**

#### *5.2.1.1. Pişirme koşullarının verim üzerine etkisi*

Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) odunu ve Türk Fıncığı (*Corylus colurna* L.) yongalarından farklı pişirme koşullarında elde edilen kraft ve kraft-NaBH<sub>4</sub> hamurlarının

elek verimi, elek artığı ve toplam verim değerleri Çizelge 5.2' de verilmiştir. Aşağıda pişirme parametrelerinin verim üzerine etkisi irdelenmiştir.

Çizelge 5.2: Anadolu Kestanesi odunu ve Türk Fındığı Kraft ve Kraft-NaBH<sub>4</sub> Yöntemlerinde Değiştirilen Pişirme Koşullarına Bağlı Olarak Verimin Değişmesi

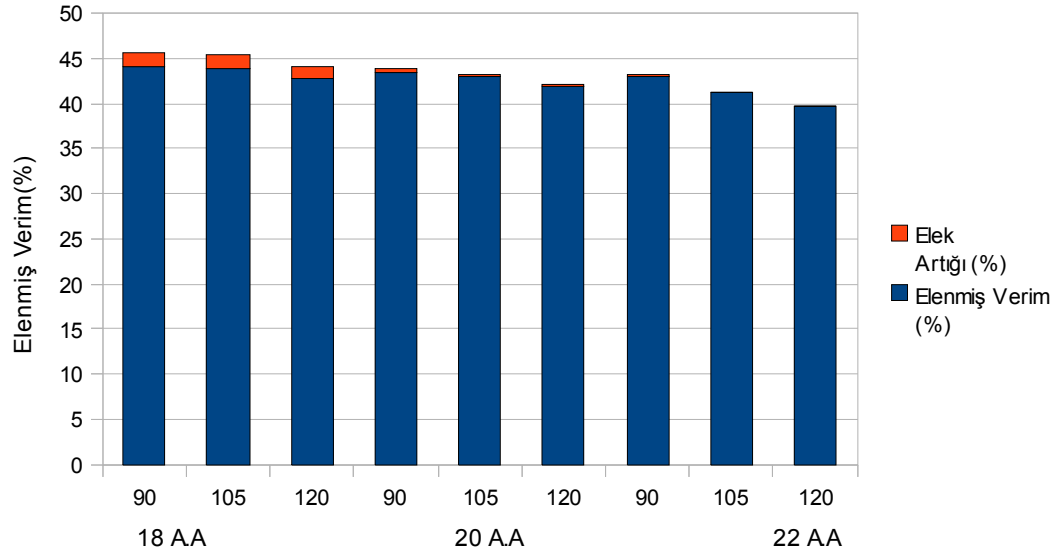
Pişirme No	Süre	Alkali(%)	NaBH <sub>4</sub> (%)	Elenmiş Verim	Elek Artığı	Toplam Verim	Kappa No	Viskozite
K 1	90	18	-	43.98	1.63	45.61	23.08	1613
K 2	105	18	-	43.83	1.49	45.32	22.89	1477
K 3	120	18	-	42.78	1.19	43.97	21.70	1560
K 4	90	20	-	43.47	0.33	43.80	19.36	1640
K 5	105	20	-	42.99	0.26	43.25	16.81	1491
K 6	120	20	-	41.85	0.21	42.06	17.18	1586
K 7	90	22	-	43.03	0.18	43.21	14.51	1636
K 8	105	22	-	41.13	0.12	41.25	14.01	1531
K 9	120	22	-	39.68	0.07	39.75	14.97	1595
KB1	90	22	0.5	43.18	0.024	43.20	12.96	1675
KB2	90	22	1	45.84	0.015	45.86	12.78	1649
KB3	90	22	1.5	46.29	0.013	46.30	12.38	1630
F 1	60	16	-	43.13	1.96	45.09	23.70	1460
F 2	90	16	-	42.53	1.81	44.34	22.89	1456
F 3	120	16	-	40.81	1.25	42.06	22.70	1418
F 4	60	18	-	42.21	1.92	44.13	23.49	1544
F 5	90	18	-	41.13	1.33	42.46	19.74	1428
F 6	120	18	-	39.64	0.96	40.60	17.78	1388
F 7	60	20	-	41.36	1.31	42.67	18.76	1429
F 8	90	20	-	40.27	1.29	41.56	19.41	1305
F 9	120	20	-	39.16	0.71	39.87	16.81	1335
FB1	60	16	0.5	43.51	1.75	45.26	23.08	1526
FB2	60	16	1	44.78	1.46	46.24	22.51	1546
FB3	60	16	1.5	45.67	1.12	46.79	22.22	1567

Not:Tüm pişirmelerde, pişirme sıcaklığı 160 °C ve çözelti/yonga oranı 5/1 olarak sabit alınmıştır. K: Kestane ; KB:Kestane NaBH<sub>4</sub>, F : Türk fındığı FB:Türk fındığı- NaBH<sub>4</sub> olarak gösterilmiştir.

#### 5.2.1.1.1. Pişirme Süresinin Verim Üzerine Etkisi

Aktif alkali oranına bağlı olarak pişirme süresinin verim üzerine olan etkisini incelemek amacıyla sülfidite %25'te, pişirme sıcaklığı 160°C de sabit tutularak çizilen Tablo; Çizelge 5.2' de verilmiştir.

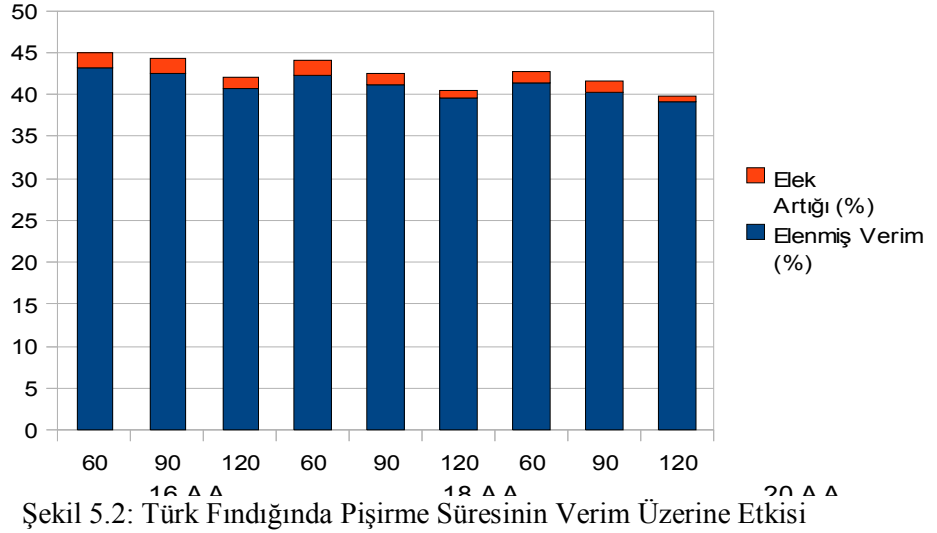
Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) odununun; Aktif alkali oranına bağlı olarak pişirme süresinin verim üzerine olan etkisini incelemek amacıyla sülfidite %25'te, pişirme sıcaklığı 160°C de sabit tutularak çizilen şekil 5.1' de verilmiştir.



Şekil 5.1: Anadolu Kestanesinde Pişirme Süresinin Verim Üzerine Etkisi

Şekil 5.1' de görüleceği üzere, %18 AA, %20 AA ve %20 AA kullanıldığında sürenin artmasıyla elekt oranında ve elenmiş verimde bir azalma olduğu gözlenmiştir.

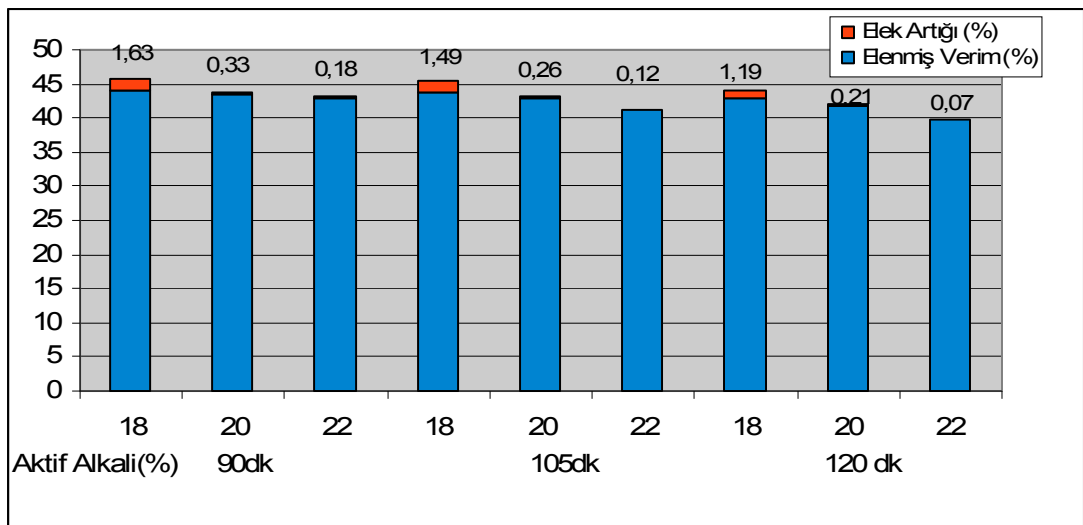
Türk Fındığı odununun; Aktif alkali oranına bağlı olarak pişirme süresinin verim üzerine olan etkisini incelemek amacıyla sülfidite %25'te, pişirme sıcaklığı 160°C de sabit tutularak çizilen grafik; şekil 5.2' de verilmiştir.



Şekil 5.2’ de görüleceği üzere Türk Fındığında, %16 AA, %18 AA ve %20 AA kullanıldığında sürenin artması ile elek artığı oranında ve elenmiş verimde bir azalmanın meydana geldiği görülmektedir.

#### 5.2.1.1.2. Aktif Alkalinin Verim Üzerine Etkisi

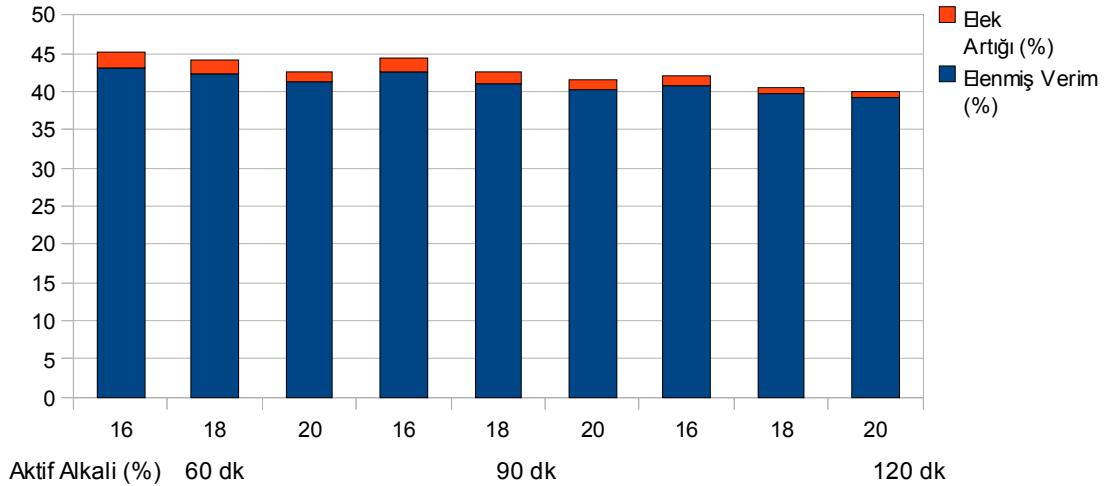
Anadolu Kestanesi odununun aktif alkalinin veri üzerine etkisini izlemek amacıyla Kestane odununda; sülfidite %25 ile 90, 105, 120 dakika pişirme süresi sabit alındığında aktif alkali oranı ile verim arasındaki ilişkiyi gösteren grafik şekil 5.3’ de verilmiştir.



Şekil 5.3: Anadolu Kestanesi Odunu Hamurunun Diğer Pişirme Koşulları Sabit Olmak Üzere Aktif Alkalinin Verim Üzerine Etkisi

Şekil 5.3' de görüldüğü gibi kestane örneklerinde süre 90 dk sabit iken; aktif alkali oranı sırasıyla %18; %20; %22 iken elenmiş verim; %43,98; %43,47; %43,03 değerlerinin aldığı, süre 105 dk sabit iken; aktif alkali oranı sırasıyla %18; %20; %22 iken elenmiş verim; %43,83; %42,99; %41,13 değerlerini alırken; süre 120 dk sabit iken; aktif alkali oranı sırasıyla %18; %20; %22 iken elenmiş verim; %42,78; %41,85; %39,68 değerleri aldığı görülmüştür. Genel olarak değerlere bakıldığında; 90 dk, 105 dk ve 120 dk' da sabitken aktif alkali oranı arttıkça elek artığında ve elenmiş verimin az bir miktar doğru orantılı bir şekilde azaldığı görülmüştür.

Aktif alkalinin veri üzerine etkisini izlemek amacıyla Türk fıındığı odununda; sülfidite %25 ile 60, 90, 120 dakika pişirme süresi sabit alındığında aktif alkali oranı ile verim arasındaki gösteren Şekil 5.4' de verilmiştir.



Şekil 5.4: Türk Fıındığı Odunu Hamurunda; Diğer Pişirme Koşulları Sabit Olmak Üzere Aktif Alkalinin Verim Üzerine Etkisi

Şekil 5.4' de görüldüğü gibi Türk fıındığı örneklerinde süre 60dk, 90dk ve 120dk' da sabitken aktif alkali oranı arttıkça elek artığında ve elenmiş verimin azaldığı görülmüştür.

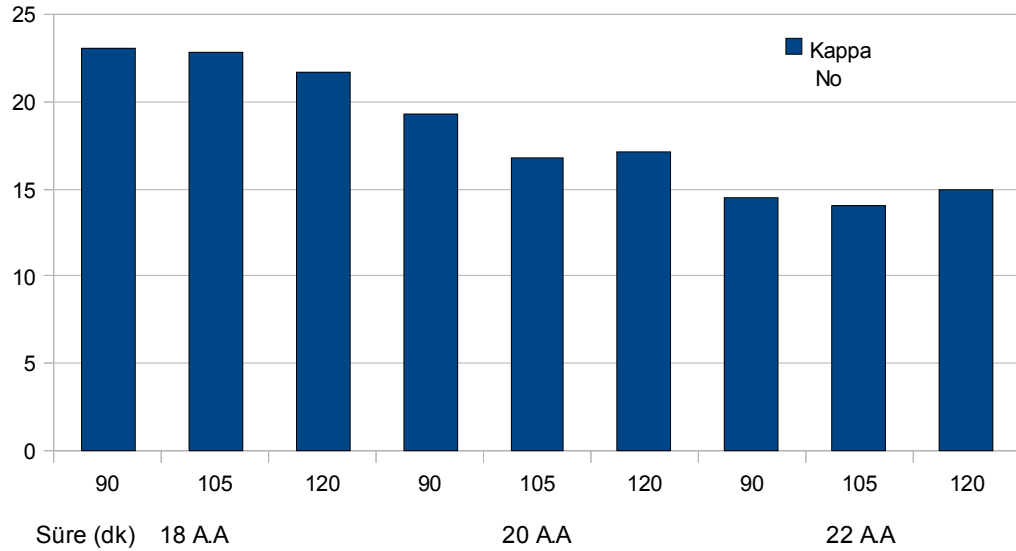
#### 5.2.1.2. Pişirme Koşullarının Kappa Numarası Üzerine Etkisi

Anadolu Kestanesi ve Türk Fıındığı odunu yongalarının 12 şer değişik yöntemle pişirilmesi sonucu (kraft, kraft-NaBH<sub>4</sub>) üretilen kağıt hamurunun verim-kappa arasındaki ilişkiye ait grafiği Çizelge 4.1' de verilmiştir. Kağıt hamuru üretiminde kappa numarasının düşük olması tercih edilir. Bunun nedeni kappa numarasının kağıt

hamurlarının delignifikasyon oranını ve ağartılabilirlik derecesi hakkında iyi bir gösterge olmasıdır. Ayrıca kappa numarası, karbonhidrat veriminin (ligninden arındırılmış hamur verimim) bulunması yanında ağartmada kullanılacak kimyasal madde miktarının hesaplanmasında da dikkate alınan önemli bir faktördür. Anadolu Kestanesi ve Türk Fındığı odunu yongalarının kraft yöntemi ile pişirilmesi sonucu verimlilik-kappa arasındaki ilişkide Şekil 5.5.ve Şekil 5.6'da gösterilen grafikte kolerasyon kat sayısının  $R^2 = \%93,0$  gibi yüksek bir değer olduğu görülmüştür.

#### 5.2.1.2.1. Pişirme Süresinin Kappa Numarası Üzerine Etkisi

Anadolu Kestanesi odununun pişirme süresinin kappa numarası üzerine etkisini görmek amacıyla sülfidite %25 olarak sabit tutulup şekil 5.5' de görülen grafik çizilmiştir.

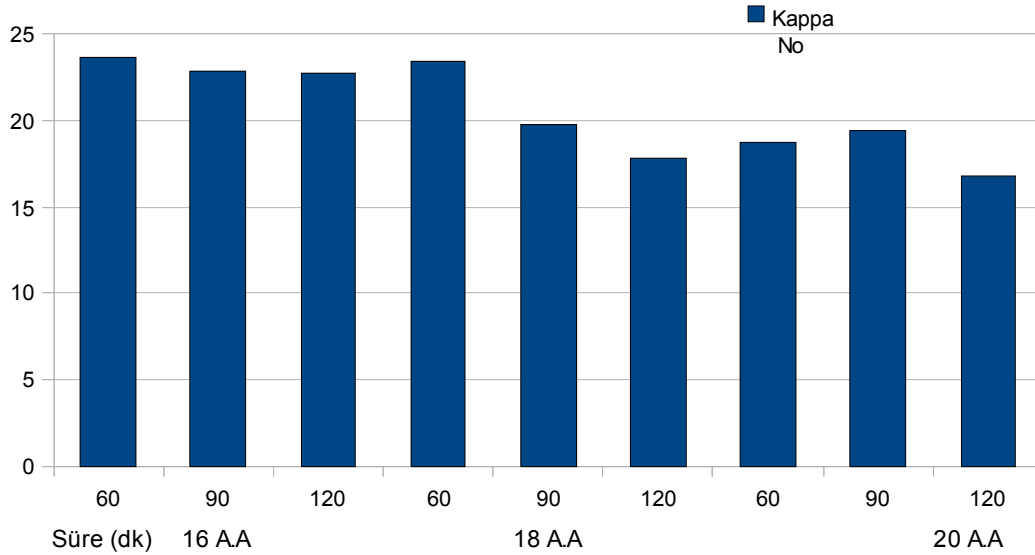


Şekil 5.5: Anadolu Kestanesi Odunu Hamuru Pişirme Süresi - Kappa İlişkisi

Şekil 5.5' e bakıldığında, Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) odunun pişirme süreleri ile kappa numaraları ters orantılı olduğu görülmüştür. Süre artırıldığında, kappa numaralarının azaldığı gözlenmiştir. Pişirme süreleri; 90, 105, 120 dk olan; %18 aktif alkalide kappa numaraları sırasıyla 23.08, 22.89 21.70, %20 aktif alkalide kappa numaraları 19.36, 16.81, 17.18, %22 aktif alkalide kappa numaraları 14.51, 14.01, 14.97 olarak azaldığı görülmektedir. 90 dk' dan 105 dk' aya çıkıldığında daha fazla bir azalma görülürken; 105dk dan 120dk çıkıldığında ise bu azalmanın daha az olduğu görüldü. Kappa numarasının en düşük olarak alkali oranı %20 AA de pişirme süresinin ise 120 dk olduğu görülmüştür.



Türk Fındığı(*Corylus colurna* L.) odununun pişirme süresinin kappa numarası üzerine etkisini görmek amacıyla sülfidite %25 olarak sabit tutulup şekil 5.6' de görülen grafik çizilmiştir.



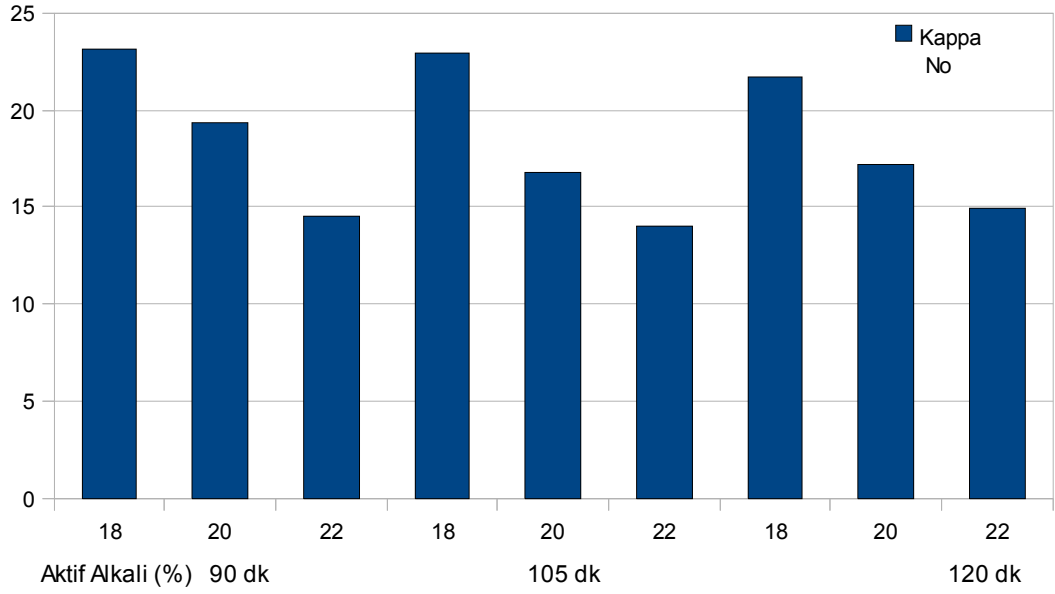
Şekil 5.6: Türk Fındığı Odunu Hamuru Pişirme Süresinin Kappa Numarası Üzerine Etkisi

Şekil 5.6 incelendiğinde Türk fındığı (*Corylus colurna* L.) odununda; pişirme süreleri yükseldikçe kappa numarasının düştüğü görülmüştür. Sırasıyla; 60, 90, 120 dk. Pişirme sürelerinde, Türk Fındığında %16 aktif alkalide kappa numaraları sırasıyla 23.70, 22.89, 22.70, %18 aktif alkalide kappa numaraları 23.49, 19.74, 17.78, %20 aktif alkalide kappa numaraları 18.76, 19.41, 16.81 olarak genel bir azalma görülmektedir. Kappa numarasının en düşük olduğu pişirme koşulları %20 AA' de olup pişirme süresi ise, 120 dk' dır.

#### 5.2.1.2.2. Aktif Alkalinin Kappa Numarası Üzerine Etkisi

Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) ve Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.) yongalarından farklı pişirme koşullarından elde edilen kraft-bor hamurlarının viskozite değerleri Çizelge 4.3' de verilmiştir. Aşağıda pişirme koşulları olan pişirme süresi ve aktif alkali oranının kappa numarası üzerine etkisi incelenmiştir.

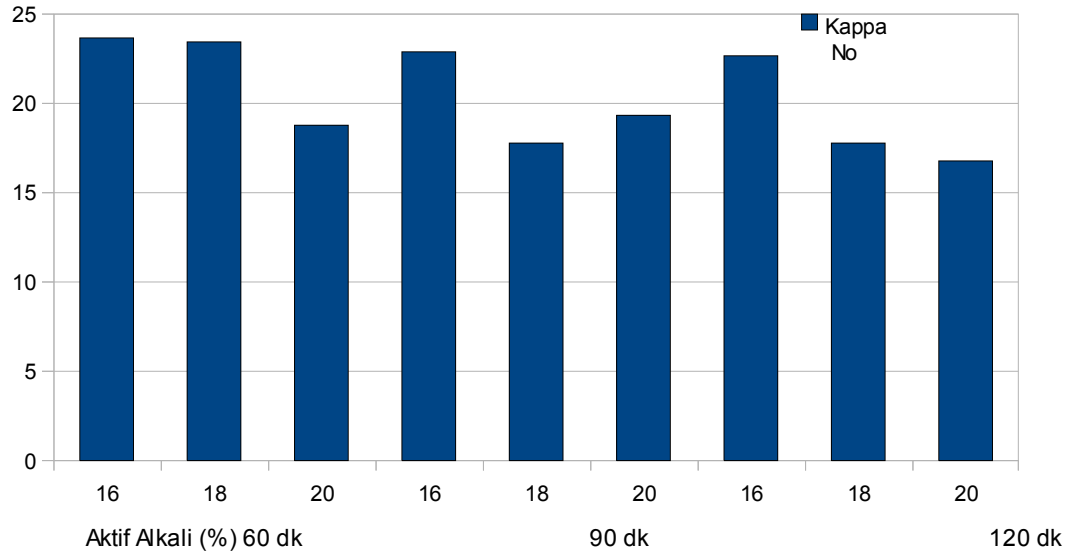
Anadolu Kestanesi(*Castanea sativa* Mill.) odununun; pişirme sıcaklığı 160°C ve sülfidite %25 alınarak aktif alkali oranı ve kappa numarası arasındaki değişim şekil 5.7' deki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 5.7: Anadolu Kestanesi Odunu Hamuru Aktif alkali – Kappa No İlişkisi

Şekil 5.7’ de Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) odunu örnekleri için aktif alkali oranını %18’den %22’ye çıkarılmasıyla kappa numarasında da buna paralel olarak bir düşme meydana geldiği gözükmemektedir. Alkali oranına bağlı olarak kappa numarasının bu şekilde azalması bunlara paralel olarak delignifikasyonun arttığını göstermektedir.

Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.) odununun, pişirme sıcaklığı 160°C ve sülfidite %25 alınarak aktif alkali oranı ve kappa numarası arasındaki değişimi şekil 5.8’ deki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 5.8: Türk Fındığı Odonu Hamuru Aktif Alkali Oranının Kappa Numarası Üzerine Etkisi

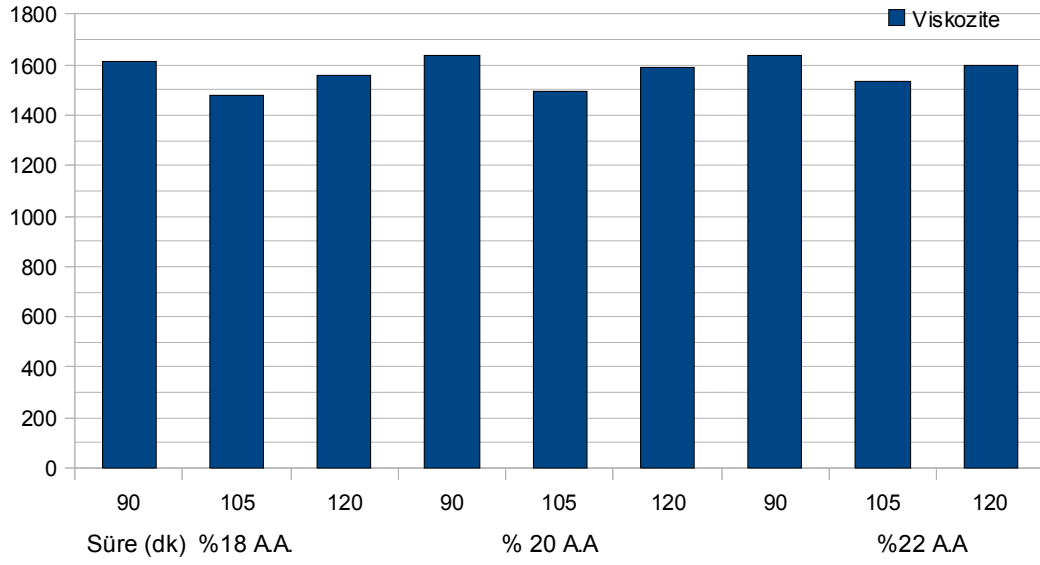
Şekil 5.8’ de Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.) örnekleri için aktif alkali oranını %16’dan %20’ya çıkarılmasıyla kappa numarasında ters orantılı bir düşüşün meydana geldiği görülmüştür. Alkali oranına bağlı olarak kappa numarasının bu şekilde düşmesi bunlara paralel olarak delignifikasyonun arttığını göstermektedir.

#### 5.2.1.3. Pişirme Koşullarının Viskozite Üzerine Etkisi

Anadolu Kestanesi ve Türk Fındığı yongalarından farklı pişirme koşullarından elde edilen kraft-bor hamurlarının viskozite değerleri Çizelge 4.3’ de verilmiştir. Aşağıda pişirme koşulları olan pişirme süresi ve aktif alkali oranının viskozite üzerine etkisi incelenmiştir.

##### 5.2.1.3.1. Pişirme Süresinin Viskozite Üzerine Etkisi

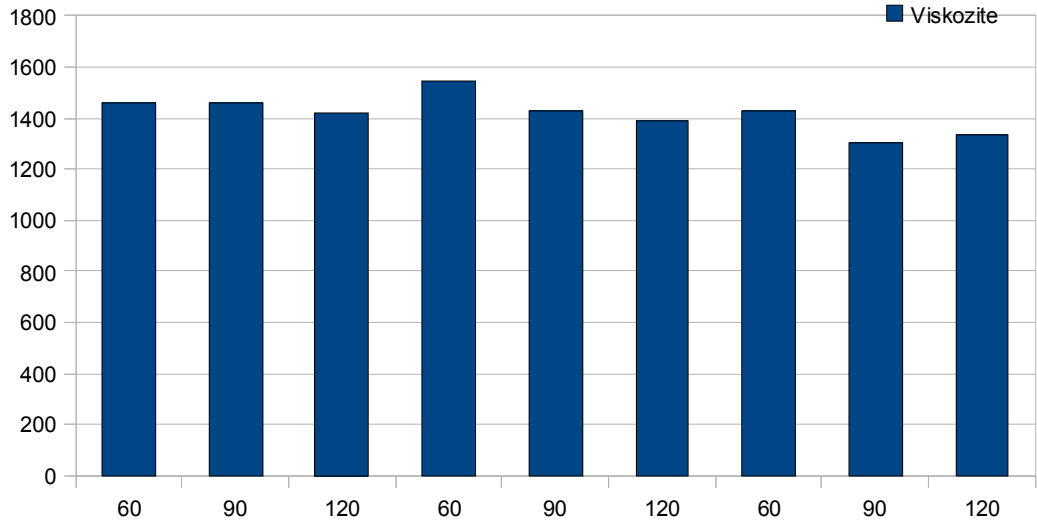
Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) odununun pişirme süresinin viskozite üzerine etkisini görmek amacıyla sülfidite %25 ve sıcaklık 160°C olarak sabit tutulup Şekil 5.9’ de görülen grafik çizilmiştir.



Şekil 5.9: Anadolu Kestanesi Odunu Hamurunun Viskozite – Pişirme Süresi İlişkisi

Şekil 5.9’de incelendiğinde pişirme süresinin artmasıyla kestane odununun viskozite değeri doğru orantılı şekilde artmaktadır. Viskozite açısından en uygun pişirme süresinin 90 dk olarak görülmüştür.

Türk Fındığı’nın pişirme süresinin viskozite üzerine etkisini görmek amacıyla sülfidite %25 ve sıcaklık 160 °C olarak sabit tutulup Şekil 5.10’de görülen grafik çizilmiştir.

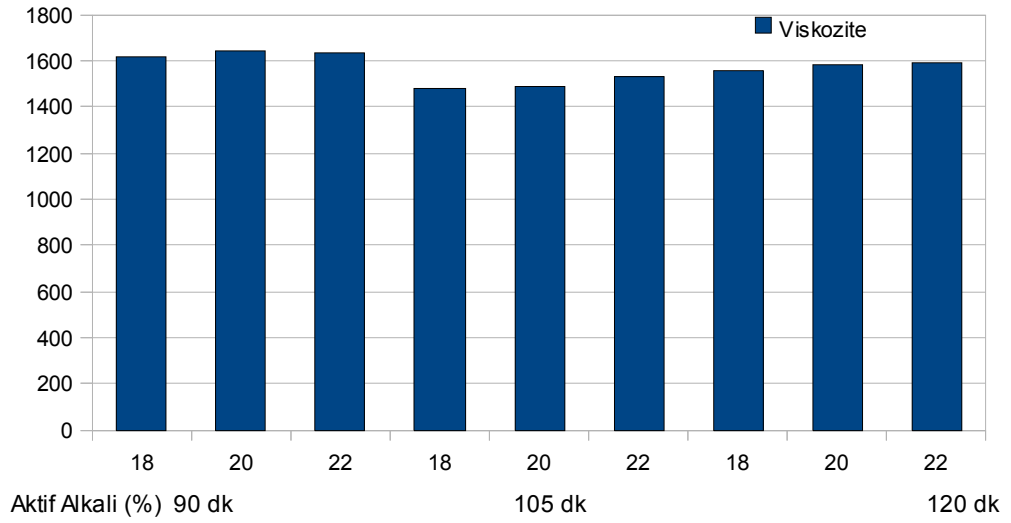


Şekil 5.10: Türk Fındığı Odununun Pişirme Süresinin Viskozite Üzerine Etkisi.

Şekil 5.10'de Türk fındığı (*Corylus colurna* L.) odununun aktif alkali oranı %16'de sabitken; süre sırasıyla 60dk; 90dk; 120dk olduğunda viskozite; 1613; 1477;1560 değerini; aktif alkali oranı %18'de sabitken; süre sırasıyla 60dk; 90dk; 120dk olduğunda viskozite; 1640; 1491; 1586 değeri aldığı; aktif alkali oranı %20'de sabitken; süre sırasıyla 60dk; 90dk; 120dk olduğunda viskozite; 1636; 1531; 1595 değerlerini aldığı görülmüştür. Değerler incelendiğinde; pişirme süresinin artmasıyla; Türk Fındığı ağacında viskozite değeri de artmaktadır. Bu sonuçlara bakılarak viskozite açısından en uygun pişirme süresi 60 dk olarak görülebilir.

#### 5.2.1.3.2. Aktif Alkalinin Viskozite Üzerine Etkisi

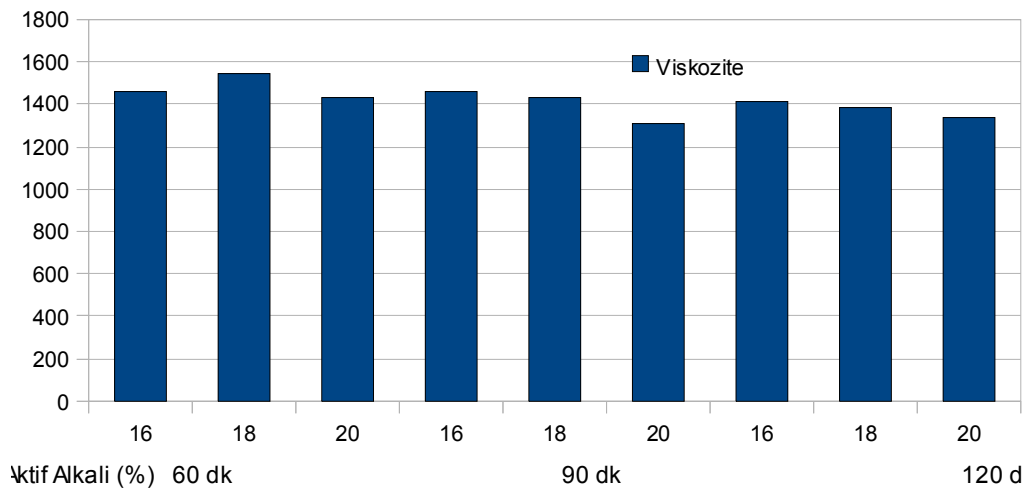
Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) odununun pişirme sıcaklığı 160 °C ve sülfidite %25 alınarak aktif alkali oranı ve viskozite arasındaki değişim şekil 5.11'deki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 5.11: Anadolu Kestanesi Odunu Hamuru Viskozite Aktif Alkali ilişkisi

Şekil 5.11 incelendiğinde viskozitenin aktif alkali ile genel bir artış olduğunu görmekteyiz. En yüksek viskozite değeri %20 aktif alkali oranında 90 dk pişirme süresinde tespit edilmiştir.

Türk fıındığı (*Corylus colurna* L.) odununun pişirme sıcaklığı 160 °C ve sülfidite %25 alınarak aktif alkali oranı ve viskozite arasındaki değişim şekil 5.12'deki grafikte gösterilmiştir.



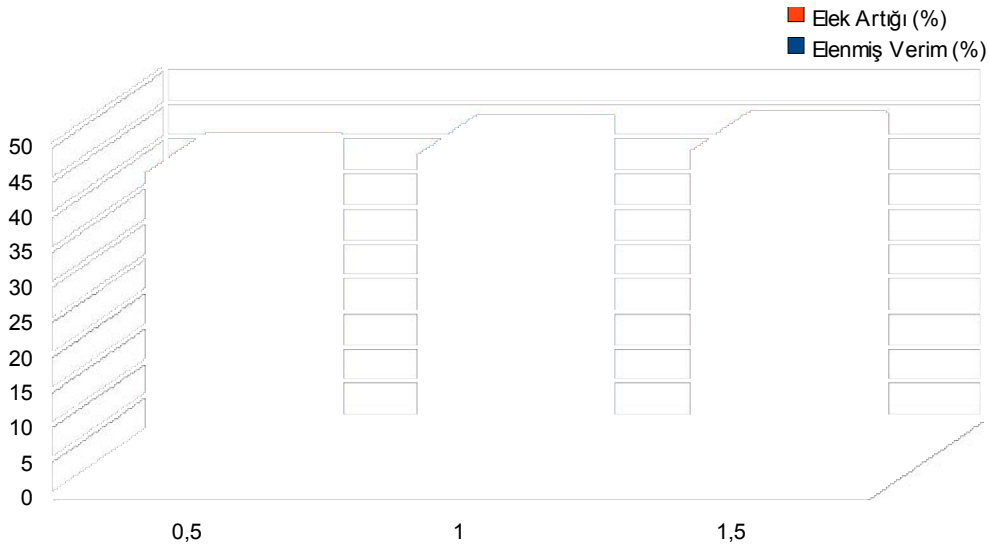
Şekil 5.12: Türk Fıındığı Odununun Aktif Alkali Oranının Viskozite Üzerine Etkisi

Şekil 5.12 incelendiğinde viskozitenin aktif alkali ile doğru orantılı olduğunu görmekteyiz. En yüksek viskozite değeri %16 aktif alkali oranında, 60 dk pişirme süresinde tespit edilmiştir.

#### 5.2.1.4. Sodyum Borhidrürün Verim ve Kimyasal Özelliklere Etkisi

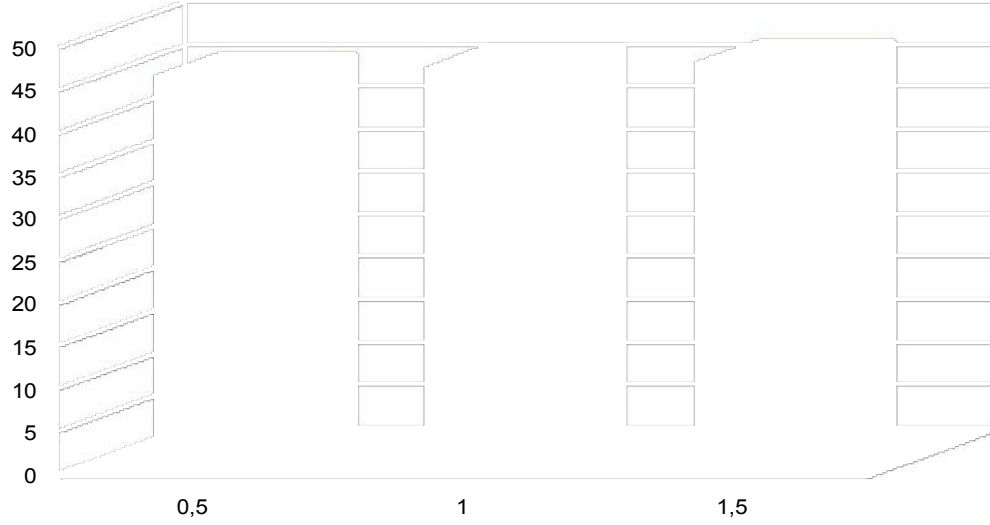
##### 5.2.1.4.1. Sodyum Borhidrürün Verim Üzerine Etkisi

Çizelge 4.3 ve Şekil 5.13 birlikte incelendiğinde görülmektedir ki, kestane odununda, pişirme süresi 90 dk aktif alkali oranı %22’de pişirme sıcaklığı 160°C’de sabit tutulduğunda, en yüksek toplam ve elenmiş verim %1.5 sodyum borhidrür kullanıldığında %46,1 olarak bulunmuştur.



Şekil 5.13: Anadolu Kestanesi Odununun Sodyum Borhidrür’ün Toplam Verime Etkisi

En düşük toplam ve elenmiş verimi sodyum borhidrür kullanıldığı %22 aktif alkali 120 dk pişirmede elde edilmiştir. Bu koşullarda en düşük toplam ve elenmiş verimi %0.5 sodyum borhidrür kullanıldığı pişirmede % 43,18 olarak kayıt edilmiştir.



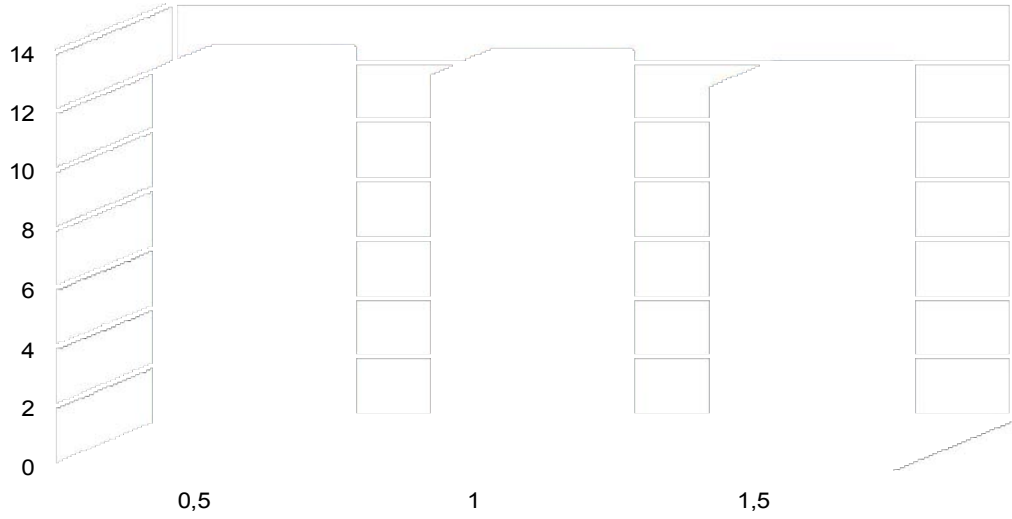
Şekil 5.14: Türk Fındığında Diğer Pişirme Koşulları Sabitken NaBH<sub>4</sub> Oranının Verim Üzerine Etkisi

Çizelge 4.3 ve Şekil 5.14 birlikte incelendiğimizde görülmektedir ki, Türk fındığı odununda, pişirme süresi 60 dk aktif alkali oranı % 16'da pişirme sıcaklığı 160°C'de sabit tutulduğunda, en yüksek toplam ve elenmiş verim %1.5 NaBH<sub>4</sub> kullanıldığında %40,67 olarak bulunmuştur. En düşük toplam ve elenmiş verimi %0.5 NaBH<sub>4</sub> kullanıldığı pişirmede %34.03 olarak bulunmuştur.

#### 5.2.1.4.2. Sodyum Borhidrürün Kappa Numarası Üzerine Etkisi

Çizelge 4.3 ve şekil 5.15 birlikte incelendiğinde görülmektedir ki, pişirme süresi 90 dk aktif alkali oranı %22'de pişirme sıcaklığı 160°C'de sabit tutulup, sodyum borhidrür oranı %0.5, %1, %1.5 olarak değiştirildiğinde elde edilen hamurların kappa numarasındaki değişim görülmektedir.





Şekil 5.15 : Anadolu Kestanesi Odunu Hamurunda Sodyum Borhidrür ' ün Kappa No Üzerine Etkisi

Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) odununun; Şekil 5.15 incelendiğinde NaBH<sub>4</sub> oranı arttıkça kappa numarasının ters orantılı olduğu bulunmuştur. En düşük kappa numarası %1.5 NaBH<sub>4</sub> kullanılan hamurda 12,38 olarak bulunmuştur.

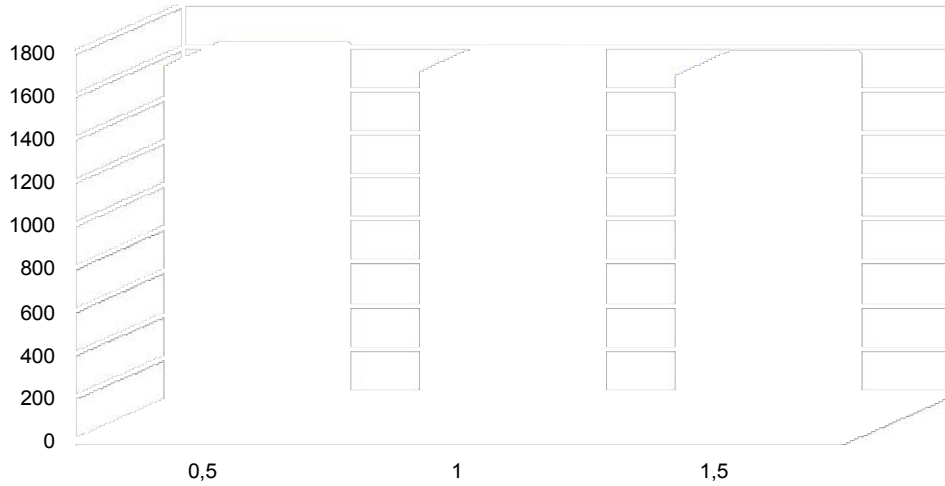


Şekil 5.16: Türk Fındığı Odununun Sodyum Borhidrür Oranının Kappa Numarası Üzerine Etkisi

Şekil 5.16 incelendiğinde; Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.) odunun; NaBH<sub>4</sub> oranı yükseldikçe kappa numarasının azaldığını göstermektedir. En düşük olan kappa numarası %1.5 NaBH<sub>4</sub> kullanılan pişirmede olduğu ortaya çıkmış olup değeri 22.22' dir.

#### 5.2.1.4.3. Sodyum Borhidrürün Viskozite Üzerine Etkisi

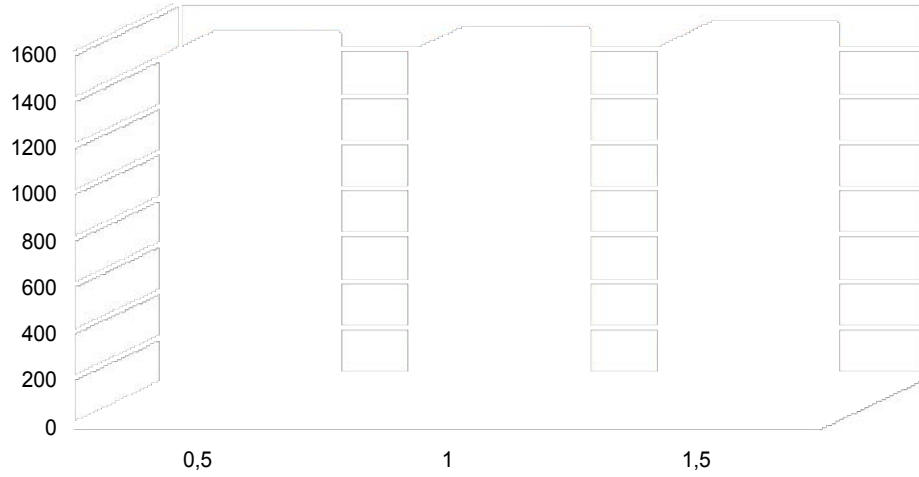
Çizelge 4.3 incelendiğinde, pişirme süresini 90 dk, aktif alkali oranı %22, pişirme sıcaklığı 160 °C’ de sabit tutulup, sodyum borhidrür oranı; %0.5, %1, %1.5 olarak değiştirildiğinde elde edilen hamurların viskozitedeki değişimi Şekil 5.17’ e çizilmiştir.



Şekil 5.17 : Anadolu Kestanesi Odununun Sodyum Borhidrür'ün Viskozite Üzerine Etkisi

Şekil 5.17’yi inceleyecek olursak, Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) odunun sodyum borhidrür ile pişirilmesindeki aynı koşullar altında bu oranın artmasıyla birlikte viskozitede düşme olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.3 incelendiğinde, pişirme süresi 60 dk, aktif alkali oranı %16, pişirme sıcaklığı 160 °C’ de sabit tutulup, sodyum borhidrür oranı; %0.5, %1, %1.5 olarak değiştirildiğinde elde edilen hamurların viskozitedeki değişimi Şekil 5.18 çizilmiştir.



Şekil 5.18: Türk Fındığı Odunu Yongalarının, Sodyum Borhidrür Oranının Viskozite Üzerine Etkisi

Şekil 5.18' de görüldüğü gibi Türk fındığı (*Corylus colurna* L.) odunu yongalarını; sodyum borhidrür oranı arttıkça viskozitede gözle görünen düşüş olduğu görülmüştür.

### 5.2.2. Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) ve Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.) Odununun, Sodyum-Bor Pişirmelerinden Elde Edilen Test Kağıtlarının Fiziksel Ve Optik Özellikleri Üzerine Pişirme Koşullarının Etkisinin İrdelenmesi

Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) ve Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.) odunlarından elde edilen yongalarının; Sülfat - Bor yönteminde pişirme koşulları değiştirilerek yapılan 24 adet pişirmeden elde edilen hamurlar PFI' da belirli devirlerde dövülerek yaklaşık 50 °SR'de test kağıtları üretilmiştir.

Çizelge 5.3: Değiştirilen Pişirme Koşullarından Elde Edilen Kestane ve Türk Fındığı Sülfat-Bor Hamurlarının 50 SR<sup>0</sup> sindeki Hava Kurusu Bazı Fiziksel ve Optik Özellikleri

Pişirme No	Süre (dk)	Aktif Alkali (%)	NaBH <sub>4</sub> (%)	Parlaklık (R 457)	% Uzama (x)	Kopma uzunluğu (km)	Patlama İndisi (k.Pa.m <sup>2</sup> /g)	Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /g)
K1	90	18	-	10.91	3.09	6.68	4.55	7.76
K2	105	18	-	11.80	3.55	5.61	4.74	6.82
K3	120	18	-	12.11	4.11	5.26	4.73	5.60
K4	90	20	-	11.94	3.27	5.61	3.40	6.66
K5	105	20	-	11.88	3.38	5.57	3.74	6.80
K6	120	20	-	11.78	2.87	4.75	2.70	6.23
K7	90	22	-	13.46	3.62	5.20	2.94	5.85
K8	105	22	-	14.64	2.89	5.18	3.43	6.44
K9	120	22	-	14.46	2.96	4.34	2.80	5.65
KB1	90	22	0.5	14.96	3.00	5.26	3.16	6.08
KB2	90	22	1	15.70	3.35	5.70	3.72	6.09
KB3	90	22	1.5	16.27	3.16	5.19	3.50	5.98
F1	60	16	-	12.81	2.32	5.86	3.42	5.32
F2	90	16	-	14.12	2.50	5.98	3.62	6.00
F3	120	16	-	14.16	2.68	5.24	2.96	5.06
F4	60	18	-	12.41	2.47	6.29	4.03	6.77
F5	90	18	-	12.33	2.66	5.58	3.10	7.08
F6	120	18	-	14.71	2.34	5.12	3.01	5.80
F7	60	20	-	12.29	2.52	6.35	3.80	6.18
F8	90	20	-	12.12	2.71	6.22	3.72	5.46
F9	120	20	-	14.23	2.81	5.01	2.71	5.01
FB1	60	16	0.5	14.89	2.17	6.17	3.49	5.97
FB2	60	16	1	16.12	2.21	6.46	3.41	6.30
FB3	60	16	1.5	17.83	1.97	5,72	2,71	6.10

Not: Tüm pişirmelerde sülfidite oranı %25, pişirme sıcaklığı 160° C ve çözelti/yonga oranı 4/1 olarak sabit alınmıştır.

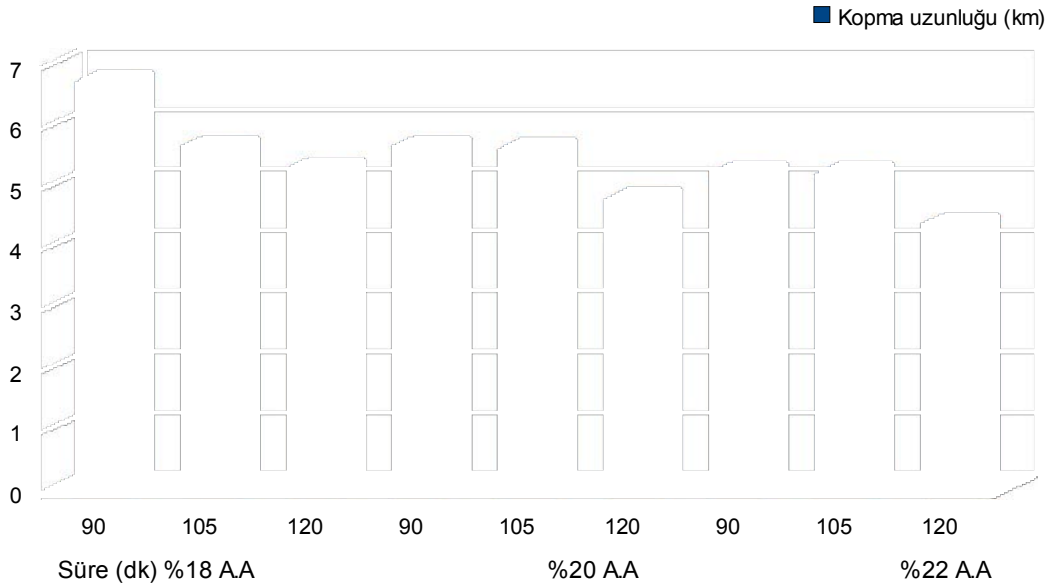
K: Kestane ; KB:Kestane NaBH<sub>4</sub>; F : Türk fındığı FB:Türk fındığı- NaBH<sub>4</sub> olarak gösterilmiştir

### 5.2.2.1. Pişirme Koşullarının Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi

Çizelge 5.3’ de görüleceği üzere sülfat-bor yönteminde sodyum borhidrür oranı, diğer pişirme koşulları değiştirilerek yapılan 24 adet pişirmeden elde edilen hamurlardan yapılan test kağıtlarının 50SR<sup>0</sup> serbestlik derecesindeki kopma uzunlukları görülmektedir.

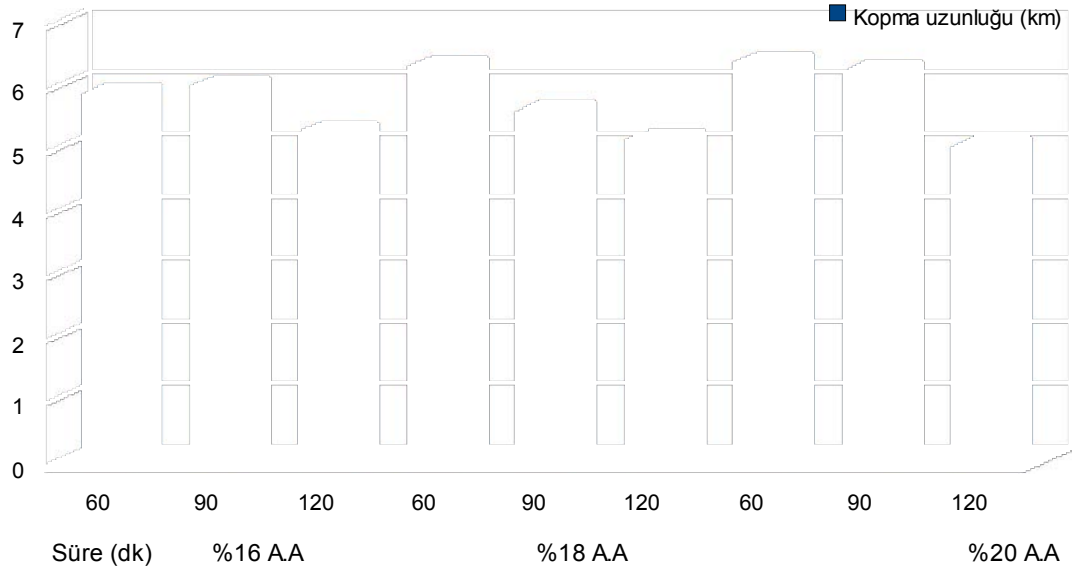
#### 5.2.2.1.1. Pişirme Süresinin Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi

Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) odununun pişirme süresinin kopma uzunluğu üzerine etkisini görmek amacıyla sıcaklık sülfidite oranı %25, 160 °C olarak sabit tutulup Şekil 5.19’de görülen grafik çizilmiştir.



Şekil 5.19: Anadolu Kestanesi odunu; Pişirme süresinin Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi (Sülfidite oranı %25, Pişirme Sıcaklığı 160 °C’de sabit tutulmuştur)

Şekil 5.19’ da Anadolu Kestanesi(*Castanea sativa* Mill.) odunu pişirmelerinden elde edilen test kağıtlarının kopma uzunluğunun süre ile ilişkisi incelendiğinde süre arttıkça belli bir miktar kopma uzunluğu(km) azaldığı görülmüştür.



Şekil 5.20: Türk Fındığı odunu; Piştirme süresinin Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi (Sülfidite oranı %25, Piştirme Sıcaklığı 160° C’de sabit tutulmuştur)

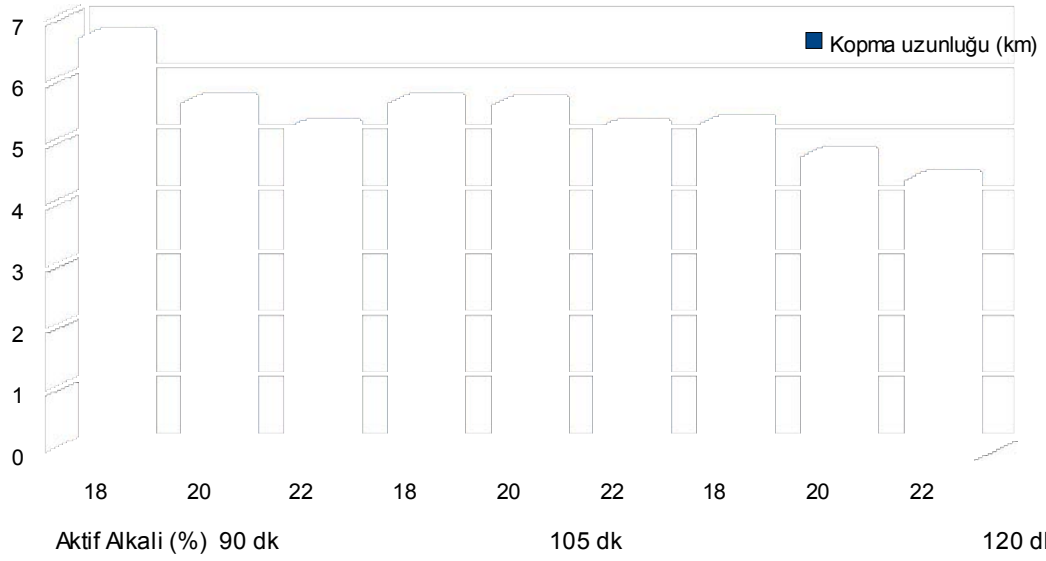
Şekil 5.20 incelendiğinde; Türk fındığı (*Corylus colurna* L.) örneklerinden elde edilen kâğıtlarda piştirme süresinin artmasıyla kopma uzunluğunda genel olarak düşme meydana geldiği görülmektedir.

Şekil 5.19 ve Şekil 5.20’de görüleceği üzere en yüksek kopma uzunluğu Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) türü için %18AA de 90dk piştirme süresinde 6,68 km olarak görülse de alınan gramajın yüksekliğinden kaynaklı olduğu en uygun değer, 120dk 'da %18 olduğunu belirtmeliyiz. Türk Fındığı(*Corylus colurna* L.) türünde ise %20 AA’ de 60dk piştirme süresinde 6,35 km olarak bulunmuştur.

Piştirme süresinin uzatılmasıyla kopma uzunluğunda görülen düşmeye muhtemelen viskozite değerinde görülen düşüşler neden olmaktadır.

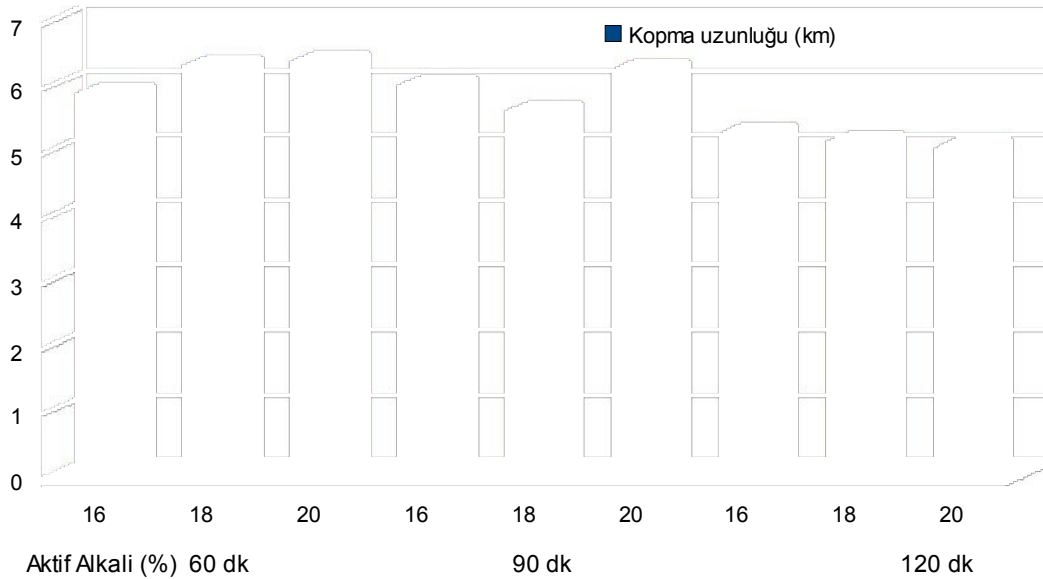
#### 5.2.2.1.2. Aktif Alkali Oranının Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi

Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) odunun piştirme sıcaklığı sülfidite oranı %25, 160°C, sabit tutularak aktif alkali oranının artırılması ile kopma uzunluğunda meydana gelen değişim Şekil 24 ’de gösterilmiştir.



Şekil 5.21: Anadolu Kestanesi Odunu Hamurunun kağıt numunelerinin; Aktif Alkali Oranının Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi (Sülfidite %25'te Pişirme sıcaklığı 160° C'de sabit tutulmuştur)

Şekil 5.21 incelendiğinde görülmektedir ki kestane örneklerinden yapılan pişirmelerde elde edilen kağıt hamurlarından yapılan kağıtların kopma uzunluğu(km), aktif alkali(%) oranı artıka kopma uzunluğunda bir düşüş meydana gelmektedir.



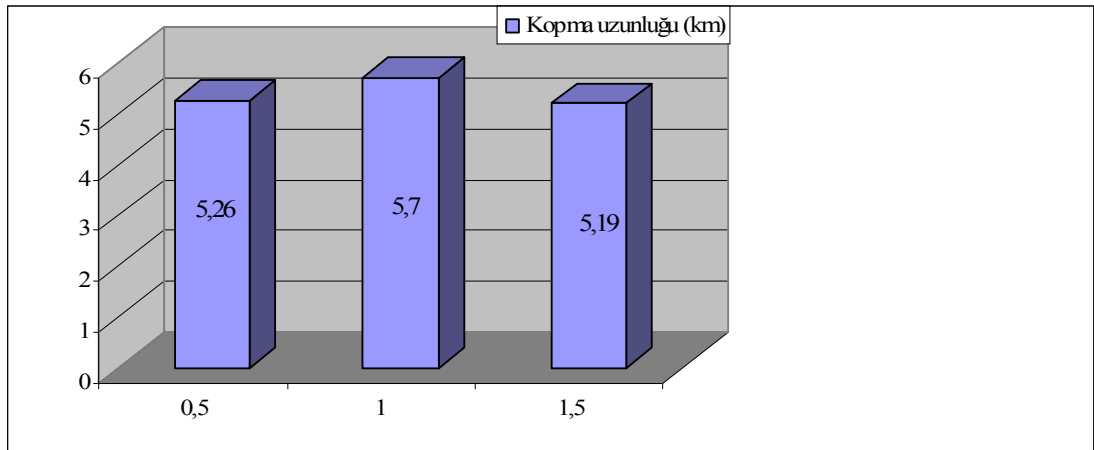
Şekil 5.22: Türk Fındığı Odunu kağıt numunelerinin; Aktif Alkali Oranının Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi ( Sülfidite %25'te Pişirme sıcaklığı 160 °C'de sabit tutulmuştur.)

Şekil 5.22 incelendiğinde; Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.) türlerinde ise 60dk'lik pişirmelerde aktif alkali oranı %16'dan %18'e ve %20 çıkarıldığında kopma uzunluğu 5,86 km' den 6,29 km' ye ve %6,35 km' ye az çıktığı görüldü; 90dk' lık pişirmelerde ise aktif alkali oranı %16'dan %18'e çıkarıldığında kopma uzunluğu 5,98 km' den 5,58 km' ye düşerken aktif alkali oranı %18'den %20 çıkıldığında kopma uzunluğu; 5,58 km 'den 6,22 km' ye çıktığı görülmüştür; 120 dk' lık pişirmelerde ise aktif alkali oranı %16'dan %18 ve %20 çıkarıldığında kopma uzunluğu; 5,24 km' ye sonra 5,12 km ve 5,01 km' ye orantılı şekilde bir düştüğü görülmüştür.

Çizelge 5.4 'da görüleceği üzere en yüksek kopma uzunluğu kestane için 90 dk da %18 aktif alkalide 6,68 km ile, Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.) için ise NaBH<sub>4</sub> % 1' lik 60 dk %16 AA'de 6,46 km ile ölçülmüştür.

#### 5.2.2.1.3. Sodyum Borhidrür Oranının Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi

Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) odunun; sülfidite oranı %25, pişirme sıcaklığı 160 °C, sabit tutularak sodyum borhidrür oranının artırılması ile kopma uzunluğunda meydana gelen değişim Şekil 5.23 'de gösterilmiştir.



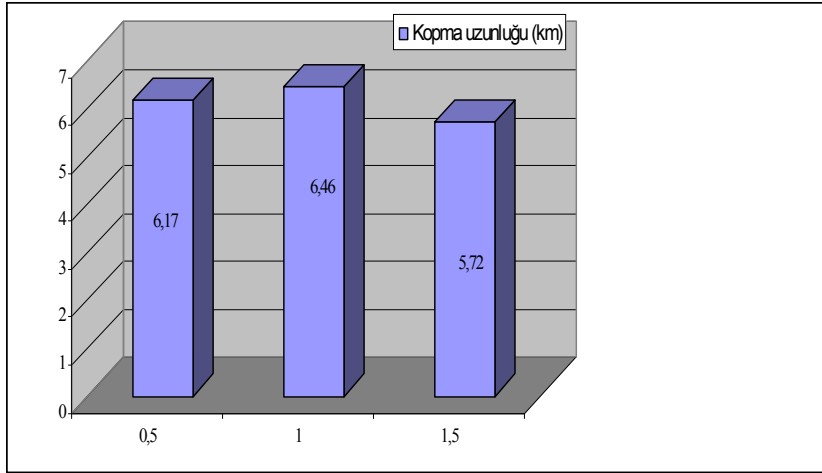
Şekil 5.23: Anadolu Kestanesi Sodyum Borhidrür Oranının Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi (Sülfide 25 Aktif Alkali %22, Pişirme sıcaklığı 160 °C, Pişirme süresi 90dk sabit tutulmuştur)

Şekil 5.23'de görüldüğü gibi kestane türünde optimum pişirme şartlarında kopma uzunluğu 5,2 km iken %0,5 sodyum borhidrür ilave edilmesiyle kopma uzunluğu 5,26 km az miktarda çıkmaktadır. Sodyum borhidrür oranı %0,5 den %1'ye çıkarıldığında kopma uzunluğu 5,26 km' den 5,7 km' ye çıkmaktadır. Sodyum borhidrür oranı %1'den



%1,5'e çıkarıldığında ise kopma uzunluğu 5,7 km' den 5,19 km' e düşüş meydana gelmektedir.

Türk fıındığı (*Corylus colurna* L.) odunun; sülfidite oranı %25, pişirme sıcaklığı 160 °C, sabit tutularak sodyum borhidrür oranının artırılması ile kopma uzunluğunda meydana gelen değişim Şekil 27 'de gösterilmiştir.



Şekil 5.24 : Türk Fıındığı Sodyum Borhidrür Oranının Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi (Sülfide 25 Aktif Alkali %22, Pişirme sıcaklığı 160 °C, Pişirme süresi 90dk sabit tutulmuştur)

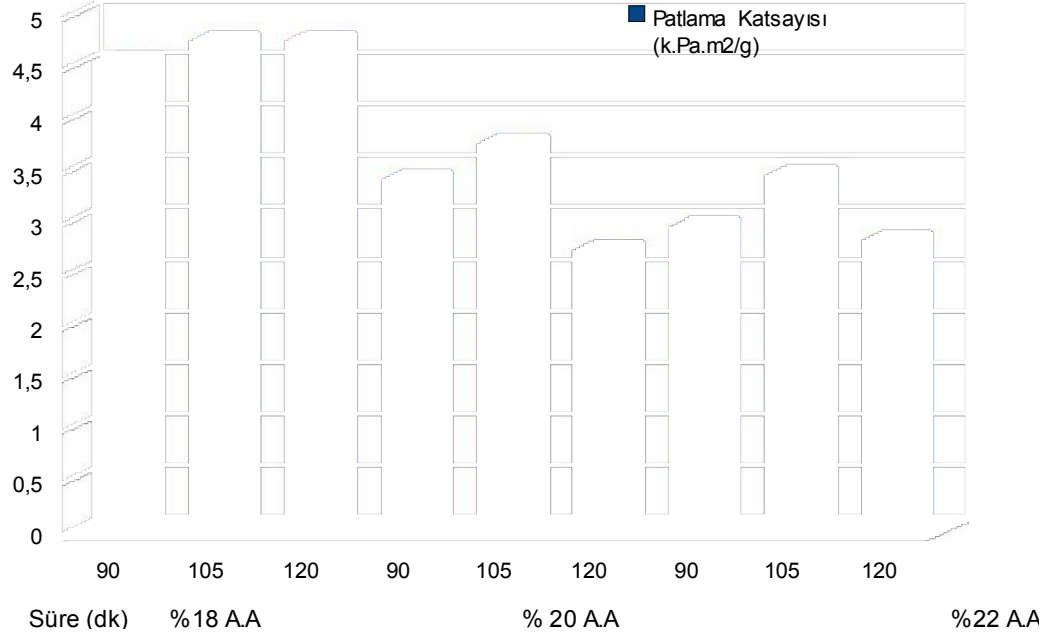
Şekil 5.24'de görüldüğü gibi Türk Fıındığı örneklerinde optimum pişirme şartlarında kopma uzunluğu 5,86 km' den sodyum borhidrür eklenmesiyle 5,72 km düşmüştür. Sodyum borhidrür oranı %0,5 'den %1 'e çıktığında kopma uzunluğunu 5,72 km' den 6,46 km' ye çıkmış sonra ise sodyum borhidrür oranı %1'den %1,5'e artıkça kopma uzunluğunda 6,46 km 'den 6,17 km' e azalma meydana gelip bu azalma %0,5 'lik oranda olan kopma uzunluğundan büyüktür. Genel itibariyle belli bir artış sağlandığı görülmüştür.

#### 5.2.2.2. Pişirme Koşullarının Patlama İndisi Üzerine Etkisi

Çizelge 5.3' de görüleceği üzere sülfat-bor yönteminde sodyum borhidrür oranı, diğer pişirme koşulları değiştirilerek yapılan 24 adet pişirmeden elde edilen hamurlardan yapılan test kağıtlarının 50SR<sup>0</sup> serbestlik derecesindeki patlama indisleri görülmektedir.

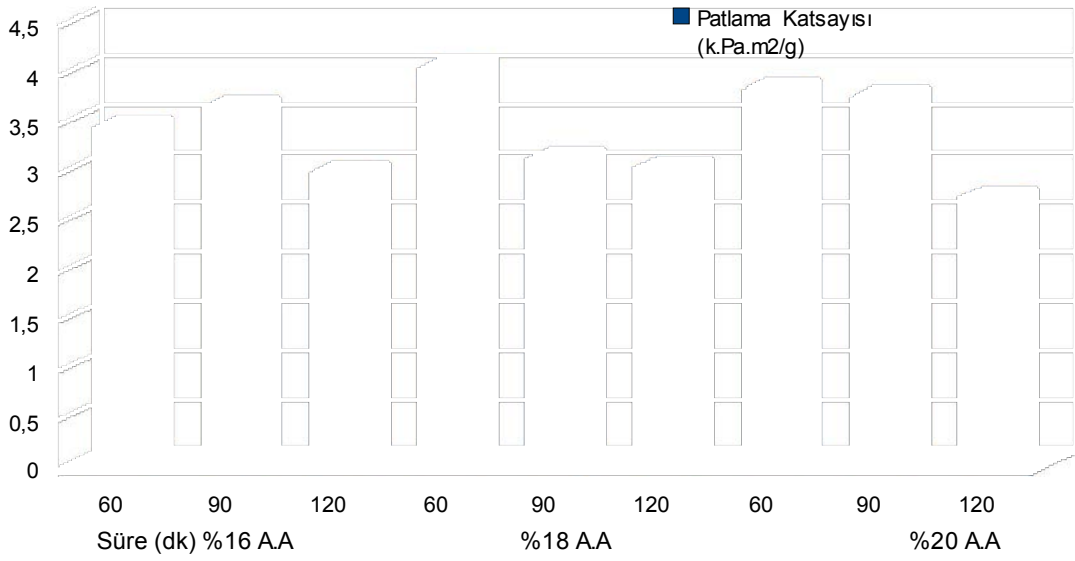
##### 5.2.2.2.1. Pişirme Süresinin Patlama İndisi Üzerine Etkisi

Pişirme süresinin patlama indisi üzerine etkisini görmek amacıyla sıcaklık 160 °C olarak sabit tutulup Şekil 5.25 de görülen grafik çizilmiştir.



Şekil 5.25: Anadolu Kestanesi Odunun Pişirme Süresinin Patlama İndisi Üzerine Etkisi ( Sülfidite %25'te Pişirme Sıcaklığı 160 °C'de sabit tutulmuştur)

Şekil 5.25'de görüldüğü gibi kestane odunu hamurunun; pişirme süresinin artmasıyla patlama indisinde bir düşüş olduğu görülmektedir. %18 AA' de pişirme süresi 90dk'dan 105 dk ve 120 dk' ya çıkarıldığında patlama indisi kestane türlerinde sırasıyla 4,55; 4,74; 4,73 k.Pa.m2/g olarak değişmekte olup düşmekte olduğu sonucuna ulaşılır. %20 AA' de pişirme süresi 90 dk' dan 105 dk ve 120 dk' ya çıkarıldığında patlama indisi ise sırasıyla; 3,40; 3,74; 2,7 k.Pa.m2/g olduğu görülüp önce çıktığı 105dk' dan 120 dk' ya çıkıldığında düşme olduğu görülmüştür. % 22 AA' de pişirme süresi 90dk'dan 105 dk ve 120dk'ya çıkarıldığında patlama indisi sırasıyla 2,94; 3,43; 2,8 k.Pa.m2/g olduğu görülüp önce çıktığı görülmüştür. 105dk' dan 120 dk' ya çıkıldığında ise %20 AA 'de olduğu gibi bir düşme olduğu görülmüştür.

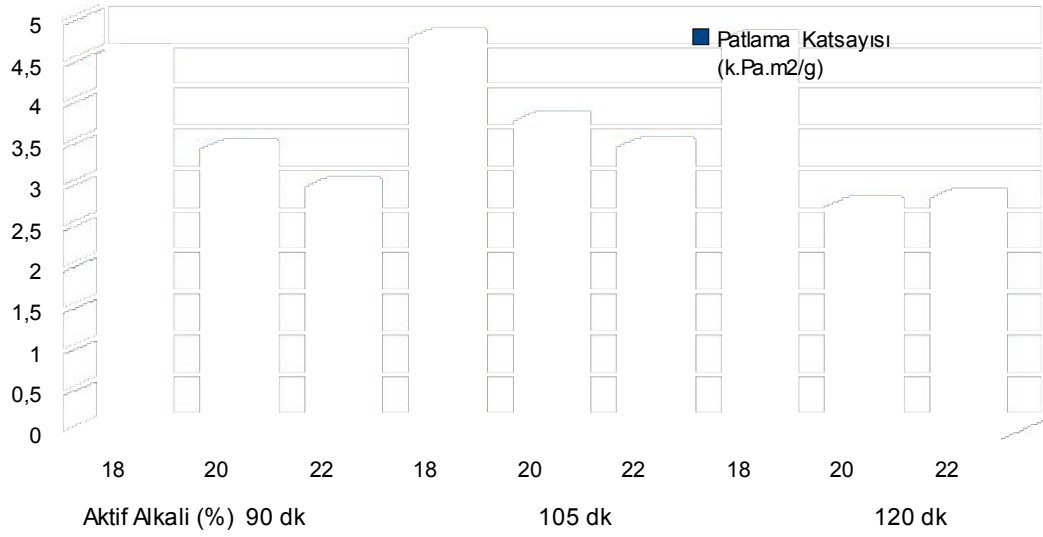


Şekil 5.26: Türk Fındığı Odunun Pişirme Süresinin Patlama İndisi Üzerine Etkisi (Sülfidite %25'te, Pişirme Sıcaklığı 160°C' de sabit tutulmuştur)

Şekil 5.26'de görüldüğü gibi Türk fındığı (*Corylus colurna* L.) odunu hamurunun; pişirme süresinin artmasıyla patlama indisinde bir düşüş olduğu görülmektedir. %16 AA' de pişirme süresi 60 dk' dan 90dk'a ve 120dk'ya çıkarıldığında patlama indisi Türk fındığı türlerinde önce 3,42'den 3,62 k.Pa.m2/g 'e çıktığı sonra ise 2,96 k.Pa.m2/g'e düşmektedir. %18 AA' de pişirme süresi 60dk'dan 90dk'a ve 120dk'ya çıkarıldığında patlama indisi Türk fındığı türlerinde 60dk'dan 90 dk' ya çıkıldığında düşme meydana gelmiş olup; 90 dk' dan 120 dk' ya çıkıldığında ise patlama indisinin düşüşün daha az olduğu görülmüştür. %20 AA' de pişirme süresi yükseldikçe patlama indisinde düşme meydana gelmiştir.

#### 5.2.2.2.2. Alkali Oranının Patlama İndisi Üzerine Etkisi

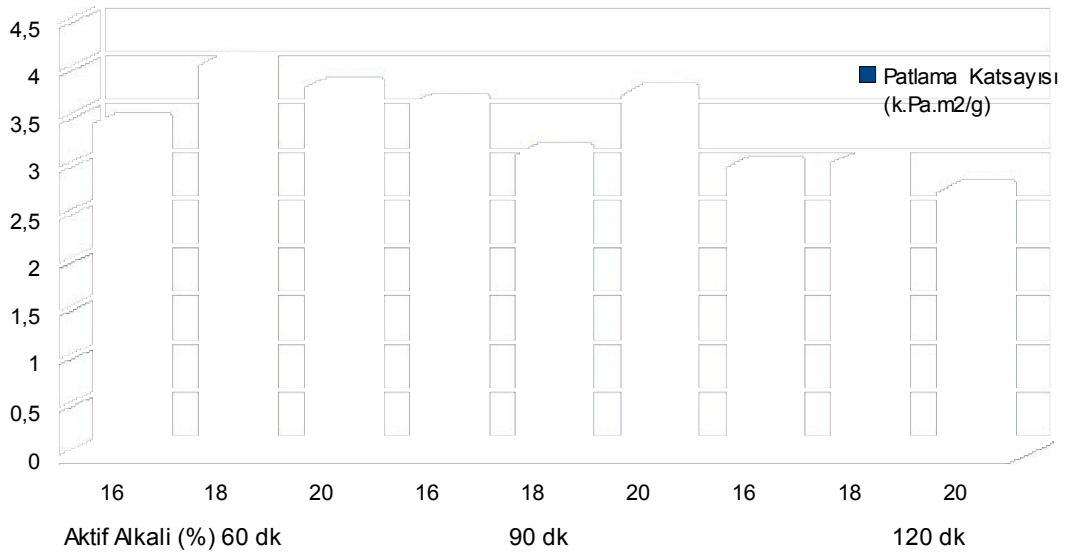
Sülfidite %25, Pişirme sıcaklığı 160 °C, olarak sabit tutularak aktif alkali oranının artırılması ile patlama indisinde meydana gelen değişim Şekil 5.27'de gösterilmiştir.



Şekil 5.27: Anadolu Kestanesi Odunu Aktif Alkali Oranının Patlama İndisi Üzerine Etkisi (Sülfidite %25, Pişirme sıcaklığı 160 °C'de sabit tutulmuştur )

Şekil 5.27' yi değerlendirilecek olursa; 90dk pişirme süresinde aktif alkali oranı %18'dan %20'e çıkarıldığında kestane türlerinde patlama indisi 4,55 k.Pa.m2/g' den 3,41 k.Pa.m2/g' a ve 2,94 k.Pa.m2/g düşmektedir. 105 dk pişirme süresinde aktif alkali oranı %18'dan %20 ve %22'e çıkarıldığında sırasıyla patlama indislerinde 4,74; 3,74; 3,43 k.Pa.m2/g olarak düştüğü görülmüştür. Aynı şekilde 120 dk pişirme süresinde aktif alkali oranı %18'dan %20 ve %22'e çıkarıldığında patlama indisinde önce belli bir düşme olurken sonra çok az çıktığı görülmüştür.

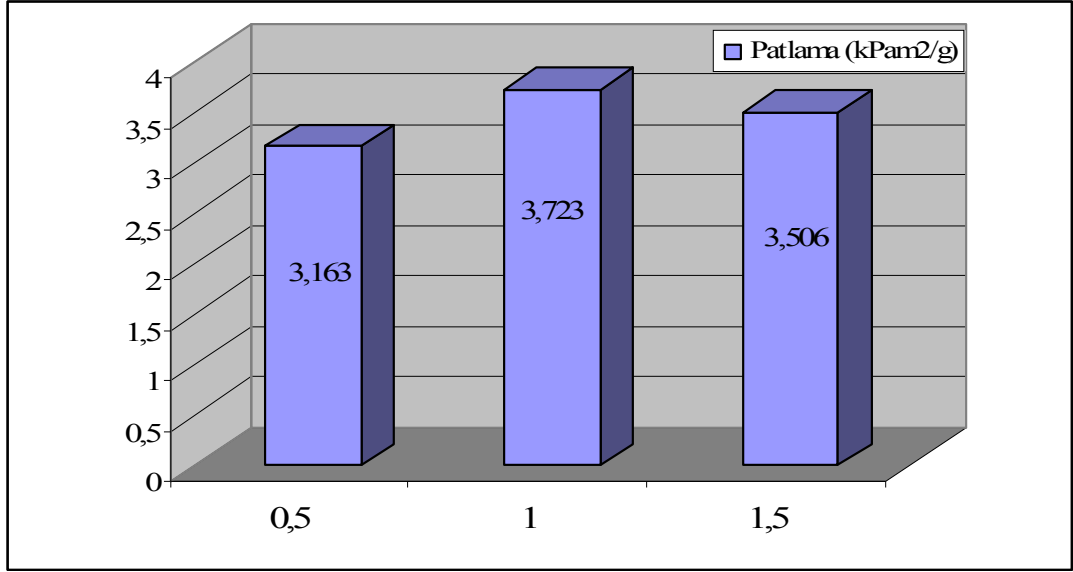
Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) odunundan elde edilen kağıt örneklerinde en yüksek patlama indisi 105 dk pişirme süresinde %18 AA kullanılarak elde edilen hamurda, 4,74 k.Pa.m2/g değeri olduğu belirlenmiştir.



Şekil 5.28: Türk Fındığı; Aktif Alkali Oranının Patlama İndisi Üzerine Etkisi (Sülfidite %25, Pişirme sıcaklığı 160 °C’de sabit tutulmuştur)

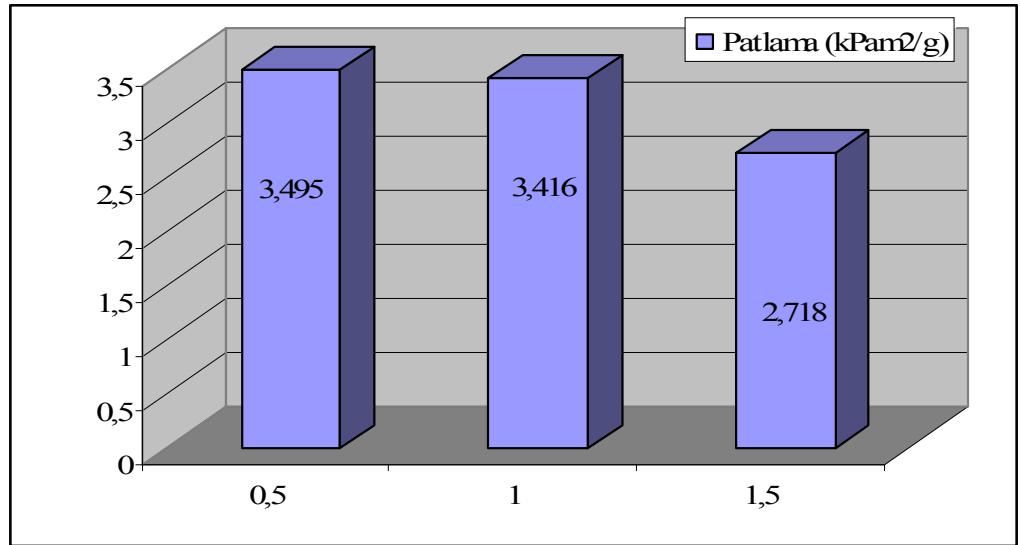
Şekil 5.28 değerlendirilecek olursa; 60 dk pişirme süresinde aktif alkali oranı %16’dan %18’e ve %20’e çıkarıldığında türk fındığı türlerinde patlama indisi 3,4 k.Pa.m2/g’ den 4,03 k.Pa.m2/g’a çıktığı sonra ise 3,8 k.Pa.m2/g’ e düştüğü görülmüştür. 90 dk pişirme süresinde aktif alkali oranı %16’dan %18’e ve %20’e çıkarıldığında patlama indisi 3,62 k.Pa.m2/g’ den 3,1 k.Pa.m2/g’ a düştüğü sonra ise 3,7 k.Pa.m2/g’ e çıktığı görülmüştür. 120dk pişirme süresinde ise aktif alkali oranı %16’dan %18’e ve %20’e çıkarıldığında patlama indisi 2,96 k.Pa.m2/g’ den 3,0 k.Pa.m2/g’ a çıktığı sonra ise 2,7 k.Pa.m2/g’ e düştüğü meydana çıkmıştır. Genel itibariyle aktif alkali oranının yükselmesi patlama indisini az miktarda çıkmasına neden olduğunu göstermektedir.

5.2.2.2.3. Aktif Sodyum Borhidrür Oranının Patlama İndisi Üzerine Etkisi  
Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) odunun sülfidite oranı %25, pişirme sıcaklığı, 160 °C, sabit tutularak sodyum borhidrür oranının artırılması ile patlama indisi meydana gelen değişim Şekil 29de gösterilmiştir.



Şekil 5.29: Anadolu Kestanesi Sodyum Borhidrür Oranının Patlama İndisi Üzerine Etkisi (Sülfite oranı %25, Aktif Alkali %22, Pişirme sıcaklığı 160 °C, Pişirme süresi 90dk sabit tutulmuştur)

Şekil 5.29 incelenecek olursa; kestane örneklerinin %22 AA 90 dk pişirmesinde, NaBH arttıkça patlama indisinde bir yükselme görülmüştür. NaBH<sub>4</sub> oranı %0,5 'den %1'e çıktığında yükselme olmuş %1 den %1,5 çıktığında ise az bir düşme görülmüştür.



Şekil 5.30: Türk Fındığı; Sodyum Borhidrür Oranının Patlama İndisi Üzerine Etkisi ( Sülfite oranı %25, Aktif Alkali %16, Pişirme sıcaklığı 160 °C, Pişirme süresi 60dk sabit tutulmuştur)

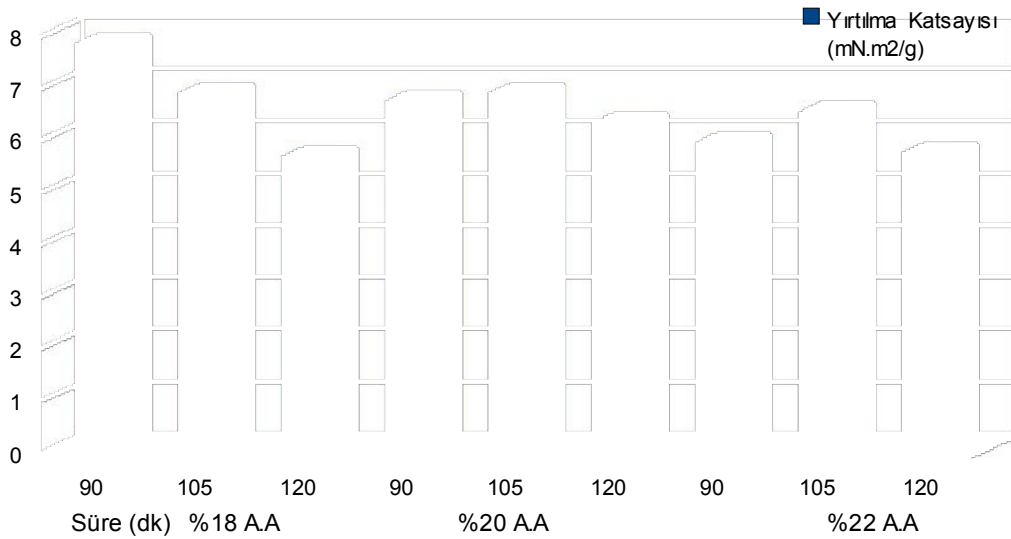
Şekil 5.30 incelenecek olursa; Türk fıındığı (*Corylus colurna* L.) örneklerinin %16 AA, 60 dk pişirmesinde, NaBH<sub>4</sub> artıkça patlama indisinde bir yükselme görülmüştür. NaBH<sub>4</sub> oranı %0,5 'den %1'e çıktığında yükselme olmuş %1 den %1,5 çıkıldığında ise yükseliş az miktarda devam ettiği görülmüştür.

### 5.2.2.3. Pişirme Koşullarının Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi

Çizelge 5.3'de görüleceği üzere sülfat-bor yönteminde sodyum borhidrit oranı, diğer pişirme koşulları değiştirilerek yapılan 12 adet Anadolu Kestanesi ve 12 adet Türk Fıındığı odunundan olmak üzere toplam 24 adet pişirmeden elde edilen hamurlardan yapılan test kağıtlarının 50SR0' sindeki yırtılma indisleri görülmektedir.

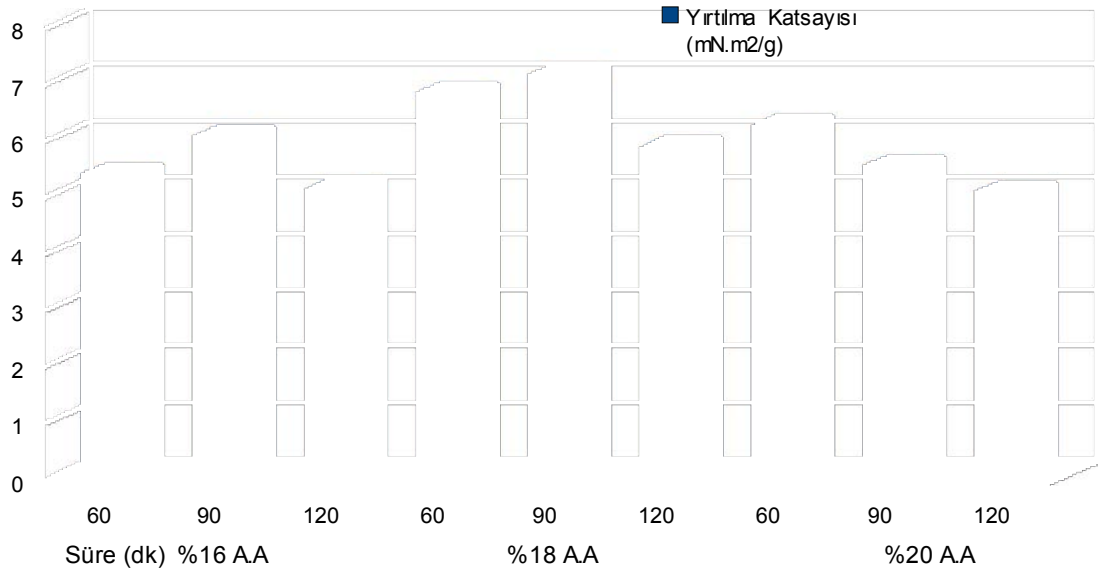
#### 5.2.2.3.1. Pişirme Süresinin Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi

Pişirme süresinin yırtılma indisi üzerine etkisini görmek amacıyla ve sülfidite %25 sıcaklık, 160 °C olarak sabit tutulup Şekil 5.31'de görülen grafik çizilmiştir.



Şekil 5.31: Anadolu Kestanesi Pişirme Süresinin Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi (Sülfidite %25, Pişirme Sıcaklığı 160 °C'de sabit tutulmuştur)

Şekil 5.31 de incelendiğinde; kestane odunu kullanılarak yapılan pişirmelerden elde edilen hamurlardan yapılan kâğıtların yırtılma indisi değerleri pişirme süresinin artmasıyla bir düşme göstermektedir. Pişirme süresi 90dk' dan 105dk'ya çıkarıldığında ise yırtılma indisinde yükselme olduğu ancak 120dk' ya yükseldiğinde ise 90dk'da alınan değerden daha düşük bir değere indiği görüldü.



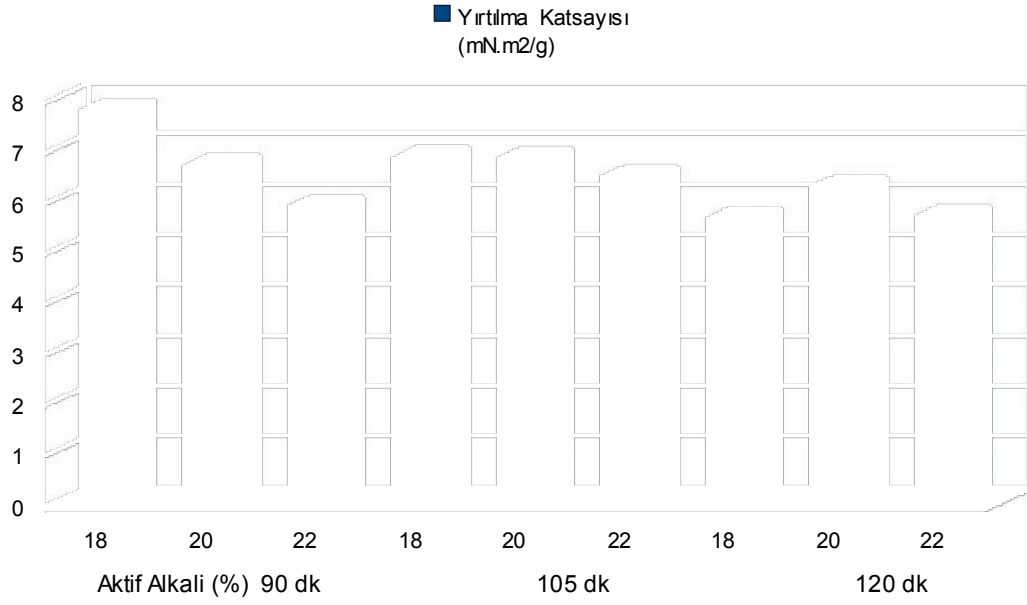
Şekil 5.32: Türk fıncığı Pişirme Süresinin Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi  
( Sülfidite %25, Pişirme Sıcaklığı 160 °C’de sabit tutulmuştur)

Şekil 5.32 incelendiğinde; Türk fıncığı (*Corylus colurna L.*) odunu kullanılarak yapılan pişirmelerden elde edilen hamurlardan yapılan kağıtların yırtılma indisi değerleri pişirme süresinin artmasıyla bir düşüş olduğunu göstermektedir. Pişirme süresi 60 dk’ dan 90 dk’ ya çıkarıldığında yırtılma indislerinde bir yükseliş olduğu 90 dk’ dan 120 dk’ ya çıkarıldığında ise 60 dk’ da aldığı değerden daha düşük bir değer aldığı görülmüştür.

#### 5.2.2.3.2. Aktif Alkali Oranının Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi

Aktif alkali oranının yırtılma indisi üzerine etkisini görmek amacıyla sülfidite %25 ve sıcaklık 160 °C olarak sabit tutulup Şekil 5.33 de görülen grafik çizilmiştir.

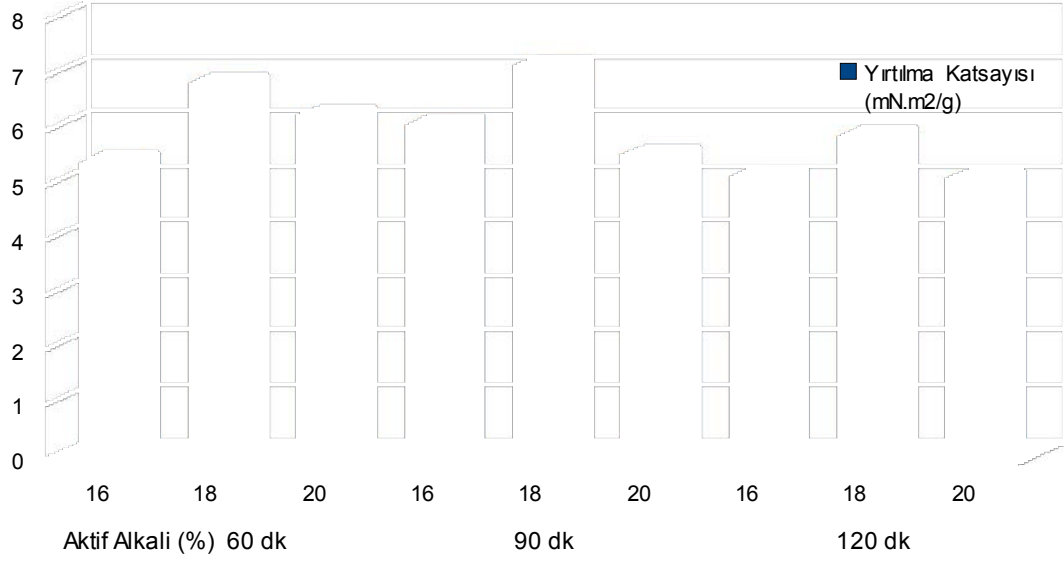




Şekil 5.33: Aktif Alkali Oranının Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi  
(Sülfidite %25; Pişirme sıcaklığı 160 °C'de sabit tutulmuştur )

Şekil 5.33 incelendiğinde kestane odunu kullanılarak yapılan pişirmelerden elde edilen hamurlardan yapılan kağıtların yırtılma indisi değerleri aktif alkali oranının %18 'den %22 'e artırılmasıyla azaldığı görülmektedir. Sadece 120 dk 'lık pişirmede aktif alkali oranının %18 'den %20 çıkıldığında bir yükselme olmuş ancak aktif alkali oranı %22 çıkıldığında aynı oranda düşme olduğu görülmüştür.

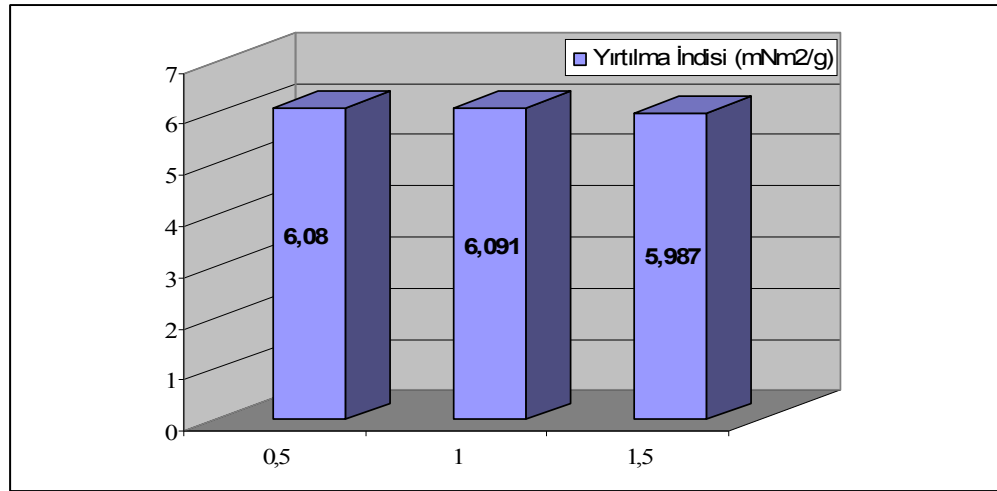
Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) odunu pişirmesinden elde edilen kağıtlarda elde edilen en yüksek yırtılma indisi değeri 90 dk aktif alkalinin %18'de; 7,76 (mN.m2/g) olduğu görülmüştür.



Şekil 5.34 Aktif Alkali Oranının Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi (Sülfidite %25; Pişirme sıcaklığı 160 °C'de sabit tutulmuştur)

Şekil 5.34 incelendiğinde Türk fıncığı odunu kullanılarak yapılan pişirmelerden elde edilen hamurlardan yapılan kağıtların yırtılma indisi değerleri aktif alkali oranının artırılmasıyla önce arttığı sonra ise azaldığı görülmektedir.

5.2.2.3.3. Sodyum Borhidrür Oranının Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi  
Anadolu kestanesi odununun sülfidite oranı %25, pişirme sıcaklığı, 160 °C, sabit tutularak sodyum borhidrür oranının artırılması ile patlama indisi meydana gelen değişim Şekil 5.35' de gösterilmiştir.

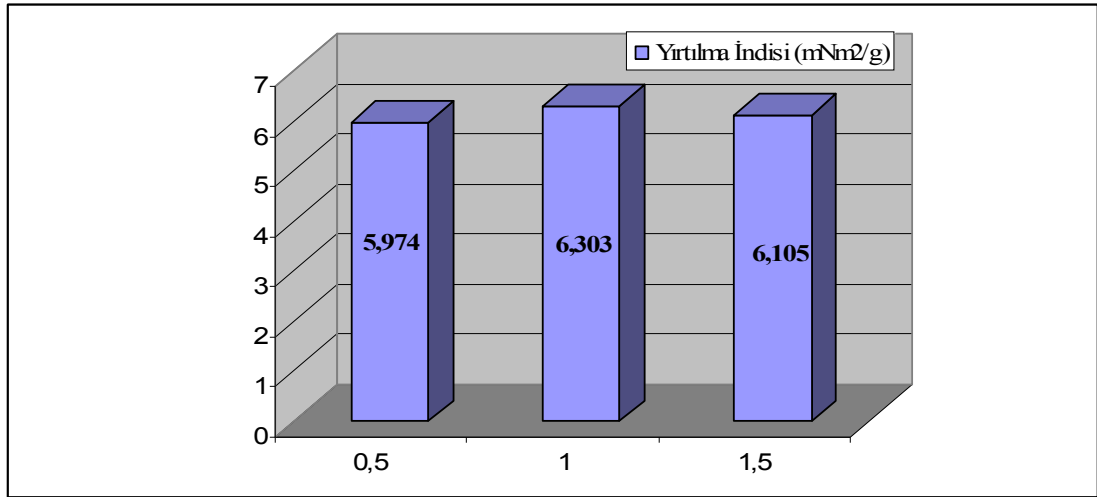


Şeki.5.35 Anadolu Kestanesi Odununun; Sodyum Borhidrür Oranının Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi (Sülfide oranı %25, Aktif Alkali %22, Pişirme sıcaklığı 160 C, Pişirme süresi 90dk sabit tutulmuştur)

Aynı şartlarda sodyum borhidrür katılmadan değeri; 5,85 (mN.m2/g) olduğu, katılmasıyla sodyum borhidrür değerinin 6,08 (mN.m2/g) olarak yükseldiği görülmüştür. Şekil 38 incelendiğinde ise; sodyum borhidrür oranı aynı şartlar altında %0,5 'den %1'e çıkarıldığında çok az yükseldiği, %1'den %1,5 olduğunda ise %0,5 de aldığı değerden daha düşük bir değer aldığı görülmüştür.

Genel olarak sodyum borhidrür eklenmesi ile yırtılma indisi değerlerinde yükselme meydana geldiği ortaya çıkmıştır.

Türk fındığı (*Corylus colurna* L.) odunun sülfidite oranı %25, pişirme sıcaklığı, 160 °C, sabit tutularak sodyum borhidrür oranının artırılması ile patlama indisi meydana gelen değişim Şekil 5.37 'de gösterilmiştir.



Şekil 5.36: Türk Fındığı Sodyum Borhidrür Oranının Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi (Aktif Alkali %22, Pişirme sıcaklığı 160 °C, Pişirme süresi 90 dk sabit tutulmuştur)

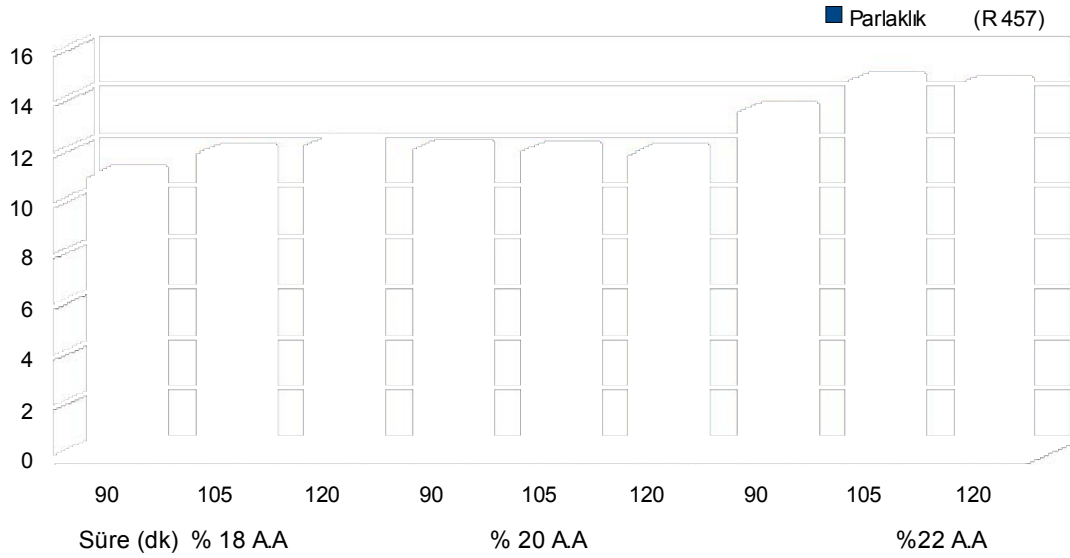
Aynı şartlarda sodyum borhidrür katılmadan değeri; 5,33 (mN.m2/g) olduğu, eklenmesiyle sodyum borhidrür değerinin 5,97 (mN.m2/g) olarak yükseldiği görülmüştür. Sodyum borhidrür oranı %0,5 'den %1'e çıkarıldığında bir yükseliş olduğu, %1'den %1,5 olduğunda ise düştüğü görülmüştür. Genel olarak sodyum borhidrür ilavesi yırtılma indisi değerinde yükselme meydana geldiği yapılan çalışmada görülmüştür.

#### 5.2.2.4. Pişirme Koşullarının Parlaklık Üzerine Etkisi

Anadolu Kestanesi ve Türk Fındığı'ndan elde edilen hamurlardan yapılan test kağıtlarının 50<sup>0</sup>SR'indeki yırtılma indisleri görülmektedir.

##### 5.2.2.4.1. Pişirme Süresinin Parlaklık Üzerine Etkisi

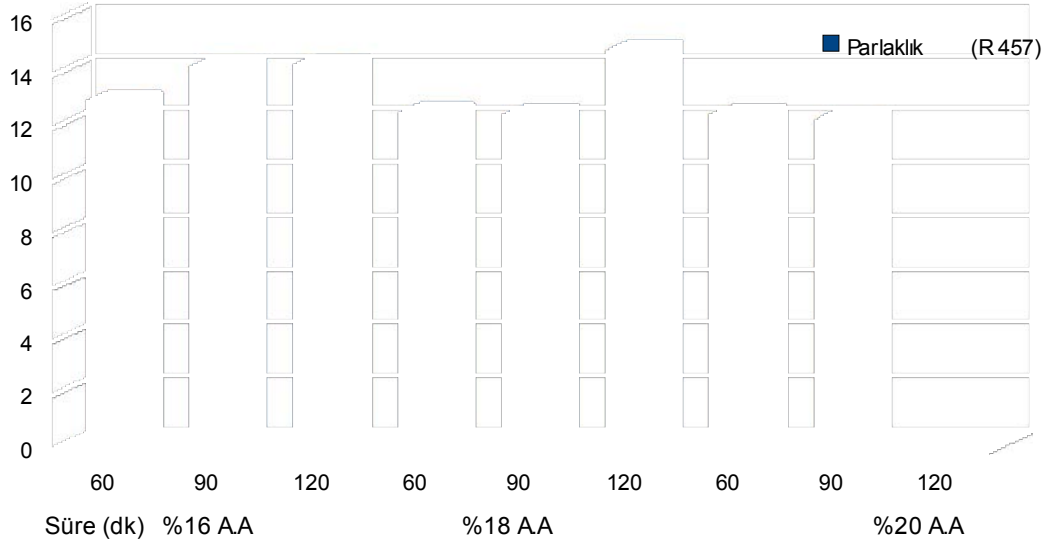
Pişirme süresinin parlaklık üzerine etkisini görmek amacıyla sülfidite %25 ve sıcaklık 160 °C' de olarak sabit tutulup Şekil 5.37 de görülen grafik çizilmiştir.



Şekil 5.37: Pişirme Süresinin Parlaklık Üzerine Etkisi (Sülfidite %25, Pişirme Sıcaklığı 160 °C' de sabit tutulmuştur)

Şekil 5.37 incelendiğinde kestane odunu pişirmelerinden elde edilen hamurlardan yapılan kağıtların parlaklık değerleri, aktif alkali değeri %18'da sabit tutulduğunda pişirme süresi yükselmesiyle; önce düştüğü sonra ise yükseldiği görülmüştür. %20 AA' de ise parlaklığın düştüğü görülmüştür. %22 AA' de ise parlaklığın önce biraz yükseldiği sonra ise düştüğü görülmüştür.

Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) odunu pişirmelerinden elde edilen hamurlardan yapılan kağıtların en yüksek parlaklık değeri %22 AA' de 14,66 R<sub>∞</sub> ile 120 dk pişirme süresinde elde edilmiştir.

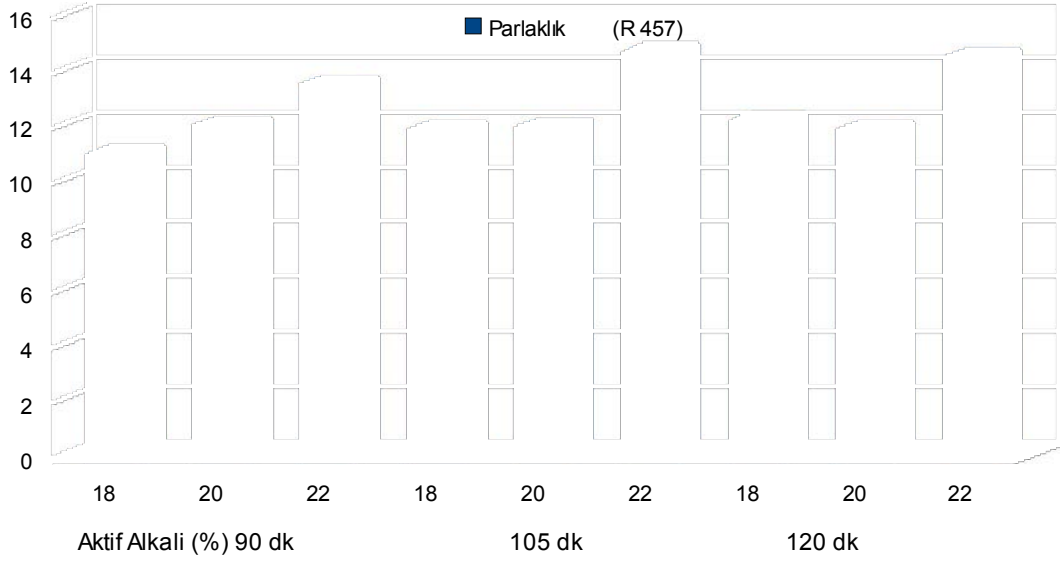


Şekil 5.38. Türk Fındığı Pişirme Süresinin Parlaklık Üzerine Etkisi (Sülfidite %25, Pişirme Sıcaklığı 160 °C’de sabit tutulmuştur)

Türk fındığı (*Corylus colurna* L.) odunu pişirmelerinden elde edilen hamurlardan yapılan kağıtların parlaklık değerleri, aktif alkali oranı sabitken, pişirme süresi arttıkça parlaklık değerinin arttığı görülmüştür.

#### 5.2.2.4.2. Aktif Alkali Oranının Parlaklık Üzerine Etkisi

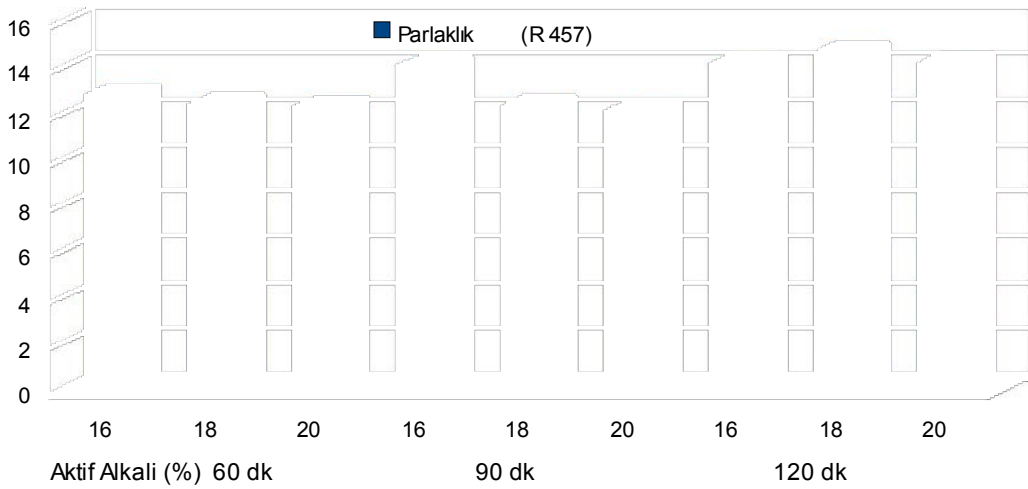
Sülfidite %25, pişirme sıcaklığı 160 °C, olarak sabit tutularak aktif alkali oranının artırılması ile parlaklıkta meydana gelen değişim şekil 5.40’de gösterilmiştir.



Şekil 5.39: Anadolu Kestanesi odunu hamurunda; Aktif Alkali Oranının Parlaklık Üzerine Etkisi (Sülfidite %25, Pişirme sıcaklığı 160 °C'de sabit tutulmuştur )

Şekil 5.39 incelendiğinde Anadolu Kestanesi odunu pişirmelerinden elde edilen hamurların yapılan kağıtların parlaklık değerleri aktif alkali oranının artmasıyla artmaktadır.

Anadolu Kestanesi odunu pişirmelerinden elde edilen hamurlardan yapılan kağıtların en yüksek parlaklık değeri 90dk pişirme süresinde 16,57 R $\infty$  ile %22AA'de Borlu %1,5 elde edilmiştir.



Şekil 5.40: Aktif Alkali Oranının Parlaklık Üzerine Etkisi (Sülfidite %25, Pişirme sıcaklığı 160 °C'de sabit tutulmuştur)

Şekil 5.40 incelendiğinde Türk fıncığı (*Corylus colurna* L.) odunu pişirmelerinden elde edilen hamurlardan yapılan kâğıtların parlaklık değeri aktif alkali oranının artmasıyla artmaktadır.

Türk fıncığı(*Corylus colurna* L.) pişirmelerinden elde edilen hamurlardan yapılan kâğıtların en yüksek parlaklık değeri 60dk pişirme süresinde 17,83 R $\infty$  ile %16AA'de Bor ile %1,5 ile elde edilmiştir.

#### 5.2.2.4.3. Sodyum Borhidrür Oranının Parlaklık Üzerine Etkisi

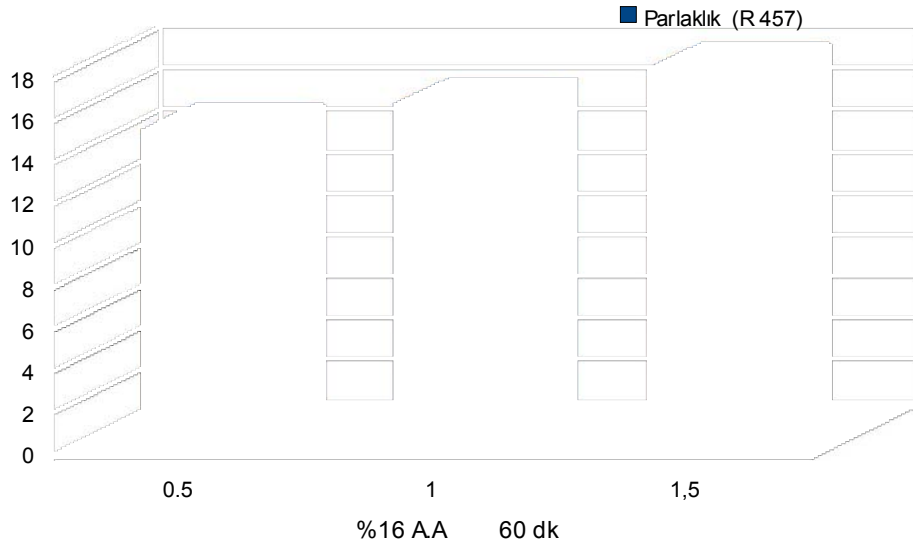
Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) odununun; sülfidite %25, pişirme sıcaklığı 160 °C, olarak sabit tutularak sodyum borhidrür oranının artırılması ile parlaklıkta meydana gelen değişim şekil 44'de gösterilmiştir.



Şekil 5.4: Sodyum Borhidrür Oranının Parlaklık Üzerine Etkisi  
(Aktif Alkali %22, Pişirme sıcaklığı 160 °C, Pişirme süresi 90dk sabit tutulmuştur)

Şekil 5.41 incelendiğinde kestane odunu pişirmelerinden elde edilen hamurlardan yapılan kâğıtların parlaklık değeri sodyum borhidrür oranının artırılması artmaktadır.

Türk Fıncığı (*Corylus colurna* L.) odununun; sülfidite %25, pişirme sıcaklığı 160 °C, olarak sabit tutularak sodyum borhidrür oranının artırılması ile parlaklıkta meydana gelen değişim şekil 45'de gösterilmiştir.



Şekil 5.42: Sodyum Borhidrür Oranının Parlaklık Üzerine Etkisi  
(Aktif Alkali %16, Pişirme sıcaklığı 160 °C, Pişirme süresi 60 dk sabit tutulmuştur)

Şekil 5.42 incelendiğinde Türk fıncığı (*Corylus colurna* L.) odunu pişirmelerinden elde edilen hamurlardan yapılan kağıtların parlaklık değerleri sodyum borhidrür oranının artırılması arttığı görülmüştür.



## 6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) ve Türk fıındığı (*Corylus colurna* L.) odunlarından sülfat-bor yöntemiyle kağıt hamuru üretiminde en uygun pişirme koşullarını belirlemek amacıyla, irdeleme ve değerlendirme bölümünde ayrıntılı olarak incelenen pişirme koşullarının hamur özellikleri üzerine etkileri bu bölümde topluca incelenecektir.

Bu amaçla, sülfat-bor pişirmelerinde pişirme şartlarının değiştirilmesi ile elde edilen hamurların verimi ve bazı kimyasal nitelikleri ile bu hamurlardan elde edilen test kağıtlarının fiziksel ve optik özellikleri açısından en iyi sonuçları veren pişirme koşulları Çizelge 6.1 verilmiştir. Tabloda yer alan rakamlar yapılan irdelemeler sonucunda tespit edilen en uygun koşullardır.

Çizelge 6.1: Anadolu Kestanesi ve Türk Fıındığı Odunlarından Sülfat-Bor Yöntemiyle Pişirilmesinde En Uygun Koşulları

Özellikler	Sodyum Borhidrür Oranı (%)		Pişirme süresi (dak.)		Aktif Alkali (%)	
			Kestane	Türk Fıındığı	Kestane	Türk Fıındığı
Elenmiş Verim	1,5	1,5	90	60	22	16
Kappa Numarası	1,5	-	90	120	22	20
Viskozite	0,5	1,5	90	60	22	16
Kopma Uzunluğu*	-	1	90	60	18	16
Patlama İndisi*	-	-	105	60	18	18
Yırtılma İndisi*	-	-	90	90	18	18
Parlaklık*	1,5	1,5	90	60	22	16
En Uygun Koşul	1,5	1,5	90	60	22	16

Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) odunu yongalarından kraft, kraft-NaBH<sub>4</sub> hamuru üretim yöntemleri kullanılarak elde edilen değerler irdeleme ve değerlendirme kısmında geniş olarak verilmiştir.

Bu sonuçlar sonucu Kraft pişirmeleri içerisinde en verimli pişirmenin % 1.5 NaBH<sub>4</sub> ilave edilen pişirme yöntemi olduğu söylenebilir. Kraft-NaBH<sub>4</sub> yönteminde amaç odundan lignini en yüksek mertebede uzaklaştırmaktır. Nitekim yapılan çalışmalarda uzaklaşan lignin miktarı açısından Kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle yapılan pişirmede en fazla lignin bu pişirmede uzaklaştırılmıştır. Kraft yönteminde ise verimin az olduğu

gözlenmiştir. Fakat kraft yöntemiyle elde edilen hamurlardan daha dirençli kağıtlar elde edildiği önceki çalışmalardan bilinmektedir.

Sonuç olarak, Anadolu kestanesi odunu yongaları kullanılarak kraft ve kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle kağıt hamuru üretildiğinde; aktif alkali ve pişirme süresi sabitken kraft-NaBH<sub>4</sub> pişirmesinde yüksek verim, düşük kappa numarası ve yüksek viskozite değeri gözlemlenmiş, kraft pişirmesinde ise kraft-NaBH<sub>4</sub>'e göre düşük verim, yüksek kappa numarası ve yüksek viskozite değeri belirlenmiştir. Her iki yöntem ve modifikasyonlarıyla ağartılabilir nitelikte hamur üretilebileceği tespit edilmiştir.

Bu değerlendirmelere göre kraft-bor yöntemi ile kestane odunu yongalarından kağıt hamuru üretiminde en uygun pişirme şartları aşağıdaki gibidir.

Aktif Alkali oranı	: %22
Pişirme Süresi	: 90 dk
Sülfidite	: %25
Çöz/odun	: 5/1
Maksimum pişirme sıcaklığı	: 160°C
Sodyum Borhidrür Oranı	: %1.5

Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.) yongalarından kraft, kraft-NaBH<sub>4</sub> hamuru üretim yöntemleri kullanılarak elde edilen değerler irdeleme ve değerlendirme kısmında geniş olarak verilmiştir.

Bu sonuçlar ışığında Kraft pişirmeleri içerisinde en verimli pişirmenin % 1.5 NaBH<sub>4</sub> ilave edilen pişirme olduğu görülmüştür. Kraft –NaBH<sub>4</sub> yönteminde amaç odundan lignini en yüksek mertebede uzaklaştırmaktır. Nitekim ki yapılan çalışmalarda uzaklaşan lignin miktarı açısından Kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle yapılan pişirmede en fazla lignin bu pişirmede uzaklaştırılmıştır. Kraft yönteminde ise verimin az olduğu gözlenmiştir.

Türk Fındığı yongaları kullanılarak kraft ve kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle kağıt hamuru üretildiğinde; aktif alkali ve pişirme süresi sabitken kraft-NaBH<sub>4</sub> pişirmesinde yüksek

verim, düşük kappa numarası ve yüksek viskozite değeri gözlemlenmiş, kraft pişirmelerinde ise kraft-NaBH<sub>4</sub>'e göre düşük verim, yüksek kapa numarası ve düşük viskozite değeri belirlenmiştir. Kraft ve kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemleri ile üretilen hamurların ağartılabilir nitelikte olduğu tespit edilmiştir.

Bu değerlendirmelere göre kraft- NaBH<sub>4</sub> yöntemi ile Türk Fındığı yongalarından kağıt hamuru üretiminde en uygun pişirme şartları aşağıdaki gibidir.

Aktif Alkali oranı	: %16
Piştirme Süresi	: 60 dk
Sülfidite	: %25
Çöz/Sap	: 5/1
Maksimum piştirme sıcaklığı	: 160°C
Sodyum Borhidrür Oranı	: %1.5

NaBH<sub>4</sub> ilavesi kağıdın optik özelliklerini belirgin iyileştirmenin yanında fiziksel direnç özelliklerinden kopma uzunluğu, yırtılma ve patlama indislerinde çok belirgin olmayan azalmaya yol açmıştır. Bu şartlarda elde edilen hamurların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri aşağıdaki gibidir.

	<u>Anadolu Kestanesi</u>	<u>Türk Fındığı</u>
Kappa No	: 12,38	22,22
Elenmiş Verim	: %46,30	% 45,67
Viskozite	: 1630 cm <sup>3</sup> /g	1567 cm <sup>3</sup> /g
Kopma uzunluğu	: 5,19 km.	5,72 km.
Patlama indisi	: 3,5 kPa.m <sup>2</sup> /g	2,71 kPa.m <sup>2</sup> /g
Yırtılma İndisi	: 5,98 mN.m <sup>2</sup> /g	6,10 mN.m <sup>2</sup> /g
Parlaklık	: 16,27 elrepho	17,83 elrepho

Sonuç olarak; NaBH<sub>4</sub>'ün her iki odun türünde verimi ve optik özellikleri artırdığı, kraft yöntemine göre ise direnç özelliklerinde çok küçük bir azalmaya neden olduğu gözlenmiştir. NaBH<sub>4</sub> ilaveli pişirmelerle her iki türden ağartılabilir nitelikte hamurlar üretilebileceği tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- AKGÜL, M., 2001, *Kavak Odunundan Etanol-Su Yöntemiyle Çözünebilir Selüloz Elde Edebilme Olanaklarının Araştırılması*, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- AKGÜL, M., TEMİZ, S., 2006, *Determination of Kraft-NaBH<sub>4</sub> Pulping Condition of Uludağ Fir (Abies bornmuelleriana Mattf.)*, Pakistan Journal of Biological Sciences 9 (13):2493-2497.
- AKGÜL, M., ÇÖPÜR, Y., TEMİZ, S., 2007, *A comparison of kraft and kraft-sodium borohidrate brutia pine pulps*, Building and Environment, 42: 2586-2590.
- AKGÜN CEYHAN, H., 2005. *Anadolu Kestanesi Odununun Kimyasal Bileşimi ve Kağıt Yapımına Uygunluğu*, Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- AKGÜN, K., 2008, *Lamine Edilmiş Kestane Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Tanen ve Isıl İşlemin Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- AKTURAN, 1998, *Titrek Kavak Odunundan NSSC Yöntemi İle Kağıt Üretimi*, Lisans Tezi, İ.Ü., Orman Fakültesi.
- ANONİM, 1992, *TAPPI T430 om-88, Copper number of pulp, paper, and paperboard Tappi Test Methods*, Tappi Press, Vol. 2.
- ANONİM, 2010, <http://www.webhatti.com>. [Ziyaret Tarihi: Ağustos 2010]
- ANONİM, 2010, <http://tr.wikipedia.org>. [Ziyaret Tarihi: Ağustos 2010]
- ANONİM, 2000, *Devlet Planlama Teşkilatı, 8. Beş Yıllık Kalkınma Plançılık Özel İhtisas Komisyonu Raporu*, Yayın No: DPT: 2525-ÖİK: 541, Ankara.
- ANONYMOUS, 1992, *TAPPI Test Methots 1992-1993*, TAPPI Press Atlanta.
- AYATA, Ü., 2008, *Okalıptüs (Eucalyptus camaldulensis ve Eucalyptus Grandis ) 'ün Odun Özellikleri ve Kağıt Endüstrisinde Kullanımının Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, K.S.İ.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ARSLAN, M., 2005, *Batı Karadeniz Bölgesindeki Türk Fındığı (Corylus colurna L.) Populasyonlarının Ekolojik ve Silvikültür Yönünden İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, D.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.1989
- ARIBERT, M., 1954. *La Fabrication du Papier et des Pates a Papier*. EFP. Grenoble. 34p.
- ATCHSON, IE., 1988, *Tappi Journal Interview, Non-Wood Fiber: Number 2, and Trying Harder*, Tappi 1, 71, 8, 50-54.
- ATCHSON, L, K., 1989, *Global Patterns In The Non-Wood Plant Fibers for Paper Grade Pulps, IIPTA Seminar*, voL 1, New Delhi.
- ATEŞ, S., 1999, *Buğday (Triticum durum L.) Saplarından Sülfat Yöntemiyle Kağıt Hamuru Üretim Koşullarının Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- BOSTANCI, Ş., 1980, *Ayçiçeği (Helianthus annuus L.) Sap ve Köklerinin Endüstrisinde Değerlendirme Olanakları*, Doçentlik Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.

- BOSTANCI, Ş., 1987, *Kağıt hamuru üretim ve ağartma teknolojisi*, K.T.Ü., Basımevi.
- BORAN, S., 2003, *Antrakinon Kullanılarak veya Kullanmadan Sülfat Yönteminin Etil Alkol ve Etilen Glikolle Modifiye Edilmesinin Hamur ve Kağıt Özellikleri Üzerine Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, S: 23-25.
- BOZKURT, Y. ve ERDİN, N., 2000, *Odun Anatomisi Ders Kitabı*, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları, İ.Ü., Yayın No: 4263, F.B.E. Yayın No: 466.
- BOZTEPE, D., 1988, *Emet-3mm Gölet Artıklarının Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- CASEY, J.P., 1996, *Pulp and Paper*, Vol I-III, Interscience Publishers Inc.
- CASEY, J.P., 1979, *Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology*, John Wiley and sons, Vol:1.
- CASEY, L P., 1961, *Papermaking In: Ed. Casey, L P., Pulp and Paper, Second Edition, Vol II*, Interscience Publishers Inc., New York.
- CİNOĞLU E., 1998, *Duglas (Pseudotsuga menziesii Mirb. Franco) Odunundan Sülfat Hamuru Üretiminin Koşullarının Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- CLAYTON, D.W., 1969, *The Chemistry of Alkaline Pulping, in Pulp and Paper Manufacture*, Vol.
- ÇELEBİ H., 2004, *Melez Kavak Odunlarından Soda Yöntemine Göre Elde Edilen Selülozdan Kağıt Yapımı ve Testleri*, Lisans Tezi, İ.Ü., Orman Fakültesi.
- EBRİNGEROVA, A., KOSİKOVA, B., 1990, *Properties and Distribution of Lignin and Polysaccharides in The Whole Tree Mass of Spruce (Picea abies)*, Drevarsky Vyskum, 126, 55-63.
- EROĞLU, H., 1980, *O<sub>2</sub>-NaOH Yöntemiyle Buğday (Triticum aestivum L.) Saplarından Kağıt Hamuru Elde Etme Olanaklarının Araştırılması*, Doçentlik Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- EROĞLU, H., 1986, *Sülfat Yöntemiyle Hamuru Elde Edilmesi*, K.T.Ü., Orman Fakültesi Dergisi Cilt 4, Sayı 1, 64-79.
- EROĞLU, H., 1988, *Lif Levha Ders Notları*, K.T.Ü., Orman Fakültesi Yayın No: 304.
- EROĞLU, H., 2003. *Kağıt Hamuru ve Kağıt Fiziği Ders Notları*, Z.K.Ü., Orman Fakültesi Yayın No:27.
- EZİCİ CENK A., 2010, *Pamuk (Gospium hirsipum L.) Saplarından Kraft Sodyumborhidrür Yöntemiyle Kağıt Hamuru ve Kağıt Üretim Koşullarının Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, K.S.İ.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ERDÖNMEZ, İ., 2010, *Konola (Brassica napus L.) Saplarında Modifiye Kağıt Yöntemi ile Kağıt Hamuru ve Kağıt Üretimi Üzerine Bir Araştırma*, Yüksek Lisans Tezi, D.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ETİMADEN.,2006, *Eti Mine Works General Mangement* . <http://www.etimaden.gov.tr> [Ziyaret Tarihi: 2010].
- FENGEL, D. ve WEGENER, G., 1984, *Wood Chemistry, Walter de Gruyter*.
- FENGEL, D. ve WEGENER, G., 1989, *Wood, Chemistry, Ultrastructure, Reactions, Walter de Gruyter*.
- GALLERSTEDT, G., LİNDFORS, E.L., 1984, *Structure Changes in Lignin During Kraft Pulping, Holzforschung*, 38, s:151-158.
- GAVCAR, ŞEN, AYTEKİN., 1996, *Türkiye'de Kullanılan Kağıt-Karton Türlerinin Talep Tahminlerinin Belirlenmesi*. TÜBİTAK.
- GENÇ, M., GAFFAR C., BİLİR N., GÜNER T., 2001, *Anadolu Kestanesi Meşçeresi, Tabiat ve İnsan Dergisi*, S: 3 s 20-28.
- GİERER, J., 1980, *Chemical Aspects of Kraft Pulping, Wood Science Technology*, 14,

- 241-266.
- GIERER, J., NOREN, I., 1980, *On The Course of Delignification During Kraft Pulping*, *Holzforschung*, s: 34, 197-200.
- GÖNTEKİ, E., 2006, *Sahil Çamı (Pinus pinaster) Yongalarının Kraft Yöntemiyle Kağıt Hamuru Üretimine NaBH<sub>4</sub>'ün Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Z.K.U., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- GÜLSOY, S. K., 2009, *Beyaz Çürüklük Mantarı Ceriporiopsis subvermisphora FP-90031-sp ile Pinus nigra Arnold.' dan NaBH<sub>4</sub> ilaveli Biyolojik-Kraft Kağıt Hamuru Üretimi*, Doktora Tezi, B.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- LEARY, G., WONG, D, GIAMPAOLO., 1997, *The Bleaching of Mechanical Pulps with Oxygen and NaBH<sub>4</sub>ohydride*, vol:51, Germany, pp: 445-45
- LEVİN, M., GOLDSTEİN I.S., 1991, *Wood Structure and Composition*, Marcel Dekker, s: 51-116.
- LIEROP, B. V., A. SKOTHOS, N. LIEBERGOTT, 1996, *The technology of chemical pulp bleaching, Chapter 5., Ozone delignification, 323-340, Pulp Bleaching: Principles and Practice* (Eds: Carlton W. Dence and Douglas W. Reeve, 868 pp
- JOHANSSON, A., Aaltonen, O. ve Ylinen, P., 1970, *Organosolv Pulping Methods and Pulping Properties, Biomass.* s:13 (15),45-52.
- HAFIZOGLU, H., 1982, *Orman Ürünleri Kimyası Ders Notları*, K.T.Ü., Orman Fakültesi Yayın No: 52.
- HAFIZOGLU, H., 1983, *Odun Ekstraktifleri*, K.T.Ü., Dergisi, Orman Fakültesi, Cilt 6, Sayı: 2.
- HUŞ, S., 1969, *Orman Mahsülleri Kimyası Kitabı*, İ.Ü., Orman Fakültesi Yayın No 1451.
- KALYONCU ERSOY E., 2004, *Endüstriyel Kraft Hamurunun Ağartılmasında Yeni Yaklaşımlar*, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü. s:4
- KANDIR, Ö., 2002, *Kestane Ağacının (Castanea sativa Mill.) Kimyasal Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü., Orman Fakültesi, A.D.
- KLEPPE, P.J., 1970, *Kraft Pulping*, Tappi, 53(1), s: 35-47.
- KIRCI, H., 2006, *Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları*, K.T.Ü., Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No:86.
- KIRCI, H., 2000, *Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları*, K.T.Ü., Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No:63.
- KIRCI, H., 1996, *Soda- Oksijen Yöntemiyle Göl Kamışından (Phragmites communis L.) Hamuru Üretim Koşullarının Belirlenmesi*, K.T.Ü., Araştırma Fonu, No: 95.113.002.6.
- KIRCI, H., 1991, *Alkali Sülfid Antrakinon Etanol (ASES) Yöntemiyle Kızıl çam (pinus brutia Ten.) Odundaki Hamuru Üretim Koşullarının Belirlenmesi*, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- KOCUREK, M.A., 1989, *Alkaline Pulping*, Tappi.
- KORKUT S., AS, N., AKGÜL, M., ÇÖPÜR, Y., BÜYÜKSARI, Ü., 2009, *Türk Fındığı (Corylus colurna L.)'nın Fiziksel, Mekanik, Kurutma ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi*, Proje No: 1050531, TUBİTAK Projesi Sonuç Raporu.
- KUBES, G., FLEMİNG, B.I., MACLEOD, J.M. ve BOLKER, H.I., 1983, *Viscosities of Unbleached Alkaline Pulps. II. The G-Factor*, Journal of Wood Chemistry and Techbology. s: 3(3), 313-333
- KUDUBAN, E., 1996, *Anadolu Kestanesi (Castanea sativa L.) Odun ve Kapuğunun Kimyasal Bileşimi*, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- NOWAKOWSKI, J., SUREWICZ, W., 1996, *Effect Of Sodium NaBH<sub>4</sub>hydride Addition*

- On Alkaline Pulping Of Pine Wood in Various Gaseous Atmospheres in The Digester.*, *Przeglad Papier.* 22, No.11:341-5 Nov.
- MOGHADDİMİ, A ., 1992, *Kağıdın Bazı Fiziksel Nitelikleri Bakımından Optimal Uzun ve Kısa Lif Karışımları*, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü., Orman Fakültesi.
- PEHLİVAN, Y., ÇETİNKAYA, M., 2003, *Bor ve Temiz Enerji Üniversite Öğrencileri Çevre Sorunları Konferansı*, Fatih Ü., İstanbul, S: 1-2-3.
- PEYDEH, A.L., 1994, *Chemistry of Kraft Pulping of Compression Wood in Black Spruce*, Master Thesis, Graduate Department of Forestry, University of Toronto.
- RYDHOLM, L.J., 1965, *Pulping Processes*, Interscience Publishers, London, U.K.
- ŞAHİN., 2007, *Asit Katalizatörlü Organik Delignifikasyon Sistemleri*, S.D.Ü., Orman Fakültesi Dergisi, Sayı 1,Seri A . s:147.
- ŞAN, İ, D., BOZER, S., 2009, *Anadolu Kestanesi (Castanea sativa )Odunundan Modifiye Kağıt Hamuru Üretimi*, Lisans Tezi, D.Ü., Orman Fakültesi.
- SJÖSTREM, E., 1993, *Wood Chemistry Fundamentals and Paper Technology*, Joint Textbook Committee of The Paper Industry, Tappi and CPPA, s:69-75.
- SMOOK, G.A, 2000, *Handbook for Pulp and Paper Technologists*, Angulus Wilde Publications, Vancouver, Bellingham.
- ÖRS, N., BEHMENYAR, G., ÖZDEMİR, S.S., 2002, *Boyacı San, F.G. ve Bahar, T; , Hidrojen Üretimi ve Depolama*, TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi, MKTAE.1.02.007
- ÖZDEM, S., 1997, *Etibank Emet Kolemanit Cevherinin Değişik Boyutlarda Optimum Zenginleştirme Yönteminin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ÖZPEKER, Ö; 2001, *NaBH<sub>4</sub> Yataklarının Değerlendirilmesi Türkiye NaBH<sub>4</sub> Yatakları*, Workshop, İ.T.Ü., Maden Fakültesi, s: 57-68
- TANK, T., 1998, *Kağıt Fabrikasyonu*, İ.Ü.: Orman Fakültesi . Yayınları, No. 4028, s: 1-2-3-4
- TEMİZ, S., 2006, *Kraft-Bor Yöntemiyle Gökmar (Abies bornmülleriana Mattf.) ve Kızılçam (Pinus brutia Ten.) Odun Yongalarından Kağıt Hamuru Üretim Koşullarının Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, A.İ.B.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- TOZLUOĞLU, A., 2007, *Kraft, Biyo-Kraft, Biyo-Kraft-AQ, Biyo Polisülfür ve Biyo-Kraft-Sodyum Borhidrür Metotları ile Kızılçamdan (Pinus brutia Ten.) Kağıt Hamuru Üretimi Üzerine Bir Araştırma*, Yüksek Lisans Tezi, A.İ.B.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- TUĞTEKİN, F.1993, *Cennet Ağacı (Ailanthus altissima Mill.) Swingle) Odununun KAğıt Endüstrisinde Değerlendirme Olanakları*, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- TUTUŞ, A., 2004, *Buğday Saplarından Soda-Oksijen-Antrakinin (SOAQ) Yöntemiyle Elde Edilen Hamurların Hidrojen Peroksit ve Sodyum NaBH<sub>4</sub>hidrür ile Ağartılması, II.Uluslararası NaBH<sub>4</sub>Sempozyumu, 23-25 Eylül Eskişehir Türkiye*, s: 345-350.
- USTA, M., 1989, *Sülfat Pişirmesinde Açığa Çıkan Toplam İndirgenmiş Kükürt (TRS) Bileşiklerinin Oksijenle Yükseltgenmesi*, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- YALTIRIK, F.,EFE, A., 1994, *Dendroloji Ders Kitabı*, İ.Ü, Orman Fakültesi Yayınları, No: 3836, s: 203.
- YALTIRIK, F., 1993, *Dendroloji Ders Kitabı 2*, İ.Ü, Orman Fakültesi Yayınları, No: 3767. s: 407.

- YALTIRIK, F.,1981, *Dendroloji Ders Kitabı*, İ.Ü, Orman Fakültesi Yayınları, No: 299. İstanbul.
- WISE, L.E., 1952-1962, *Wood Chemistry*,Vol.:1-2, *Reinhold Publishing Corporation*, 36 N.Y, New York,
- ZHAO, X., ÖDBERG, L., RİSİNGER, G.,1992, *Beating of Wheat-Straw Pulp: Dissolved Carbohydrates and Lignins, Fiber Swelling and Fines Generation*, Tappi, 71, 1,153-161.



## ÖZGEÇMİŞ

### ***Kişisel Bilgiler***

Soyadı, Adı : AYTEKİN, Ebru  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 1979/ Gümüşhane  
Medeni hali : Bekar  
e-mail : aytekin.ebru@hotmail.com

### ***Eğitim Durumu***

<b>Derece</b>	<b>Eğitim Birimi</b>	<b>Mezuniyet tarihi</b>
Yüksek Lisans	Düzce Üniversitesi Fen B.End.	.....
Lisans	AİBÜ Orman End.Müh.	2007
Önlisans	Trakya Üniv. LMYO Tekstil	2001

### ***İş Deneyimi***

<b>Yıl</b>	<b>Yer</b>	<b>Görev</b>
2007-2009	Depar Ayakkabı TİC.LTD.ŞTİ	Planlama&Satınalma Srm.
2009-2011	Depar Ayakkabı TİC.LTD.ŞTİ	Kalite Güvence Md.&Pln Srm.
2011-.....	Depar Ayakkabı TİC.LTD.ŞTİ	Planlama Müdürü&K.G.M.

### ***Yabancı Dil***

İngilizce, Arapça.

### ***İlgi Alanları***

Resim yapmak, Şiir, Fotoğrafçılık, Bilgisayar, Tasarım, Seyahat, Hat.

