

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

146046

LİF VE KAĞIT TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

BAMBU (*Phyllostachys bambusoides*)’DAN SÜLFAT YÖNTEMİ İLE KAĞIT
HAMURU ÜRETİM KOŞULLARININ BELİRLENMESİ

146046

Orm. End. Müh. Halil İbrahim ŞAHİN

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Yüksek Lisans (Lif ve Kağıt Teknolojisi)”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 18.01.2006

Tezin Savunma Tarihi : 02.02.2006

Tez Danışmanı: Doç. Dr. İlhan DENİZ

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Mustafa USTA

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Nurettin YAYLI

İlhan Deniz
Mustafa Usta
Nurettin Yaylı

Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT

Emin Zeki Başkent

Trabzon 2006

ÖNSÖZ

Kağıt, insanlığın değişimi ve gelişiminde gerek bilgi birikimi gerekse bilgi aktarımı ile büyük bir rol oynamıştır. Günümüzde dahi ülkelerin gelişmişliğinin, endüstrileşmenin ve kültür düzeylerinin ölçümünde kağıt tüketimi bir kriter olarak alınmaktadır. Gelişmesini tamamlamış ülkelerde kağıt endüstrisi, ekonomi içinde büyük bir paya sahiptir. Ülkemizde ise kağıt endüstrisi teknoloji yenileme ve hammadde problemleri ile karşı karşıyadır. Bu nedenle oduna olan talebi azaltacak alternatif hammadde olarak yıllık bitkiler görünmektedir. Hızlı büyüyen bir yıllık bitki olan Bambu (*Phyllostachys bambusoides*)'in önemi ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışma kapsamında Bambu (*P. Bambusoides*)'dan Sülfat (Kraft) Yöntemiyle Kağıt Hamuru Üretim Koşullarının Belirlenmesi için en uygun koşullar tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaç doğrultusunda Bambu yongaları kullanılmış olup, sülfat yöntemine uygun olabilecek pişirme süresi, aktif alkali, sülfidite ve pişirme sıcaklığı gibi değişkenlerin değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışma, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsüne “Bambu (*P. bambusoides*)'dan Sülfat (Kraft) Yöntemi ile Kağıt Hamuru Üretim Koşullarının Belirlenmesi” adı altında Yüksek Lisans Tezi olarak sunulmuştur.

Yüksek lisans tez danışmanlığımı üstlenerek, çalışma konusunu belirleyen ve tamamlanmasında yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. İlhan DENİZ'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tez çalışmam döneminde anatomik çalışmalarımızda yardımları ile katkıda bulunan K.T.Ü. Orman Fakültesi öğretim üyeleri sayın Prof. Dr. Nesime MEREV ve Yrd. Doç. Dr. Bedri SERDAR 'a teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince her zaman desteklerini gördüğüm ve tavsiyelerinden yararlandığım sayın hocalarım Prof. Dr. Mustafa USTA, Prof. Dr. Hüseyin KIRCI, Yrd. Doç. Dr. Esat GÜMÜŞKAYA'ya, anabilim dalımızın diğer öğretim elemanlarına ve de kıymetli aileme teşekkür ederim.

Halil İbrahim Şahin

Trabzon 2006

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VI
SUMMARY.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Bambuların Yetiştirme Koşulları.....	3
1.3. Bambuların Üretimi.....	4
1.4. Doğu Karadeniz’ de Bambu.....	4
1.5. Bambunun Anatomik Özellikleri.....	5
1.5.1 Sklerenkima.....	6
1.5.1.1. Sklerenkima Lifleri.....	6
1.5.1.2. Taş Hücreleri (sklereidler).....	6
1.5.2. Ksilem.....	6
1.5.2.1. Ksilem Lifleri.....	7
1.5.2.2. Ksilem Parankiması (odun parankiması).....	7
1.5.2.3. Traheidler.....	8
1.5.2.4. Traheler.....	8
1.5.3. Floem.....	8
1.5.3.1. Kalburlu Borular.....	9
1.5.3.2. Arkadaş Hücreleri.....	9
1.5.3.3. Floem Sklerankiması.....	10
1.6. Bambunun Fiziksel Özellikleri.....	10
1.7. Bambunun Kimyasal Özellikleri.....	11
1.8. Kağıt Hamuru ve Kağıt Üretimi.....	13
1.8.1. Hammadde Özellikleri.....	13
1.8.2. Depolama.....	15

1.8.3.	Yongalama.....	16
1.8.4.	Piştirme.....	16
1.8.5.	Yıkama ve Eleme.....	18
1.8.6.	Ağartma.....	18
1.8.7.	Siyah Çözelti.....	19
1.8.8.	Desilikasyon.....	19
1.9.	Sülfat (Kraft) Yöntemi.....	21
1.9.1.	Sülfat Yönteminde Kullanılan Standart Terimler.....	21
1.9.2.	Sülfat Yönteminde Değişkenlerin Piştirme Üzerindeki Etkisi.....	23
1.9.2.1.	Kullanılan Odun Türü.....	23
1.9.2.2.	Odunun Durumu.....	23
1.9.2.3.	Piştirme Çözeltisi.....	24
1.9.2.4.	Piştirme Süresi ve Sıcaklığı.....	25
1.9.2.5.	Sülfat Kağıt Hamurlarının Özellikleri.....	26
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	27
2.1.	Materyal.....	27
2.2.	Metot.....	27
2.2.1.	Kimyasal Analizlere Ait Yöntemler.....	27
2.2.1.1.	Holoselüloz Oranı.....	28
2.2.1.2.	Selüloz Oranı.....	28
2.2.1.3.	Lignin Oranı.....	29
2.2.1.4.	Kül Oranı.....	29
2.2.1.5.	Alkol-Benzende Çözünürlük.....	29
2.2.1.6.	% 1' lik NaOH' te Çözünürlük.....	30
2.2.1.7.	Soğuk Su Çözünürlüğü.....	30
2.2.1.8.	Sıcak Su Çözünürlüğü.....	30
2.2.2.	Anatomik Ölçümlere Ait Yöntemler.....	31
2.2.2.1.	Kesit Alma ve Preparat Hazırlama.....	31
2.2.2.2.	Hücre Oranlarının Belirlenmesi.....	31
2.2.3.	Lif Morfolojisi Ölçümlerine Ait Yöntemler.....	32
2.2.3.1.	Lif Boyutlarının Ölçülmesi.....	32
2.2.3.2.	Keçeleşme Oranı.....	33

2.2.3.3.	Elastiklik Katsayısı.....	33
2.2.3.4.	Bauer Mc Nett Lif Tasnif Edicisi.....	33
2.2.4.	Kraft Yöntemi ile Kağıt Hamuru Üretiminde Uygulanan Deney Planı.....	34
2.2.5.	Kağıt Hamurunun Üretmesinde Uygulanan Yöntemler.....	35
2.2.6.	Hamur Viskozitesinin Tayini.....	36
2.2.7.	Permanganat Sayısı (Kappa Sayısı).....	36
2.2.7.1.	Hamur Örneğinin Hazırlanması.....	37
2.2.7.2.	İşlemin Uygulanması.....	37
3.	BULGULAR.....	39
3.1.	Kimyasal Analizlere Ait Bulgular.....	39
3.2.	Anatomik Ölçümlere Ait Bulgular.....	40
3.3.	Lif Morfolojisine Ait Bulgular.....	43
3.4.	Fiziksel Analizlere Ait Bulgular.....	43
3.5.	Kraft Yöntemi ile Bambudan Elde Edilen Kağıt Hamurlarının Verim ve Kimyasal Özelliklerine Ait Bulgular.....	44
4.	İRDELEME VE DEĞERLENDİRME.....	46
4.1.	Kimyasal Analizlere Ait Bulguların Değerlendirmesi.....	46
4.2.	Lif Boyutlarıyla İlgili Sonuçların Değerlendirilmesi.....	48
4.3.	Fiziksel Analizlere Ait Bulguların Değerlendirilmesi.....	50
4.4.	Bambu Odunundan Sülfat (Kraft)Yöntemi ile Elde Edilmiş Kağıt Hamurlarına Ait Bulguların Değerlendirilmesi.....	52
4.4.1.	Bambu Odunundan Sülfat (Kraft) Yöntemi ile Elde Edilmiş Hamurlara Ait Bazı Özellikler Üzerine Pişirme Koşullarının Etkisi.....	52
4.4.1.1.	Aktif alkali Oranının Elenmiş Verim Üzerine Etkisi.....	52
4.4.1.2.	Aktif Alkali Oranının Kappa Numarası Üzerine Etkisi.....	55
4.4.1.3.	Aktif Alkalinin Viskozite Üzerine Etkisi.....	57
4.4.1.4.	Pişirme Süresinin Verim Üzerine Etkisi.....	59
4.4.1.5.	Pişirme Süresinin Kappa Numarası Üzerine Etkisi.....	60
4.4.1.6.	Pişirme Süresinin Viskozite Üzerine Etkisi.....	61
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	63
6.	KAYNAKLAR.....	65

ÖZET

Doğu Karadeniz Bölgesinin Pazar ilçesi sınırlarında beş dönümlük bir sahada doğal olarak yetişen bambu (*Phyllostachys bambosoides*, % 80 ve *Phyllostachys pubescens*, % 20) dan Kraft yöntemiyle kağıt hamuru üretim parametreleri araştırılmıştır.

P. Bambusoides' in lif morfolojisi araştırıldıktan sonra kimyasal analizi yapılmıştır. Daha sonra, değişen aktif alkali ve pişirme sürelerinde 16 pişirme denemesi yapılarak elde edilen veriler değerlendirilmiş ve optimum pişirme parametreleri aşağıdaki şekilde bulunmuştur:

Pişirme Değişkenleri		Hamur Özellikleri	
Aktif alkali (% Na ₂ O),	14- (16)	Elenmiş Verim, %	44.6-(42.6)
Pişirme süresi (dak.)	90	Elek Artığı %	4.6 - (1.2)
Pişirme sıcaklığı, °C	165	Toplam Verim %	49.2 - (43.8)
Sülfidite, %	25	Kappa No	43.8 -(32.4)
Çözelti/sap oranı	5/1	Viskozite cm ³ /gr	1302-1257

Yukarıdaki sonuçlara göre, aktif alkali % 14' den daha düşük, % 16' dan fazla alınmamalıdır. Pişirme süresi, 90 dakikanın üzerine çıkarılmasıyla elenmiş verimde tedrici bir azalma başlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bambu, Kraft Hamuru, Aktif Alkali, Elenmiş Verim, Kappa Numarası

SUMMARY

The Determination of Kraft Pulping Conditions of Bamboo (*Phyllostachys bambusoides*)

Kraft pulping characteristics of *Phyllostachys bambusoides*, 80% and *Phyllostachys pubescens*, 20% grown in Pazar in the Eastren Black Sea region were investigated. Firstly, fiber dimensions and chemical composition of cell-wall of *P. bambusoides*.

Later, sixteen cooks were conducted under varying active alkali charge and cooking time conditions. Then, data obtained was evaluated and optimum kraft pulping conditions and some pulp properties were determined as fallows:

Pulping Conditions		Pulp Properties	
Active alkali,(% Na ₂ O),	14- (16)	Screened yield, %	44.6-(42.6)
Pulping time, (min.)	90	Screened reject,%	4.6 - (1.2)
Pulping temperature, °C	165	Total yield, %	49.2 – (43.8)
Sulphidity, %	25	Kappa Number	43.8 –(32.4)
liquor to raw material	5/1	Viscosity, cm ³ /g.	1302 -1257

As can be easily seen from the results, there is no need to increase alkali charge beyond 16 % to decrease 14 % on the basis of oven dry bamboo weight.. Increasing the pulping time from 90 to 120 minute, screened yield is decreased gradually. On increasing alkali charge from 14 % to 16%, especially kappa number of pulp is decreased significantly.

Concequently, it is possible to produce bleachable grade pulp from bamboo raw material at 16 % active alkali charge level.

Keywords: Bamboo, Kraft Pulping, Active Alkali, Pulping Temperature, Screened Yield, Kappa Number

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Leptomorph tip rizom ve bu tür bambuların oluşturduğu dağınık şekil.....	2
Şekil 2. Pachymorph tip rizom ve bu tip bambuların oluşturduğu küme veya topak şekil.....	2
Şekil 3. Metamorph form bambu rizomu ve oluşturduğu dağınık şekil.....	3
Şekil 4. Rize-Pazar ilçesindeki bambu meşçeresinden görünüm.....	5
Şekil 5. Bambu (<i>Phy. bambusoides</i>)'in enine kesiti ve hücre elemanları.....	41
Şekil 6. a,b,c,d, Bambu'nun değişik büyütme oranların enine kesit görüntüleri.....	42
Şekil 7. Aktif alkali oranının elenmiş verim üzerine etkisi	53
Şekil 8. Aktif alkali oranının kappa numarası üzerine etkisi.....	56
Şekil 9. Aktif alkalinin viskozite üzerine etkisi.....	57
Şekil 10. Pişirme süresinin elenmiş verim üzerine etkisi	59
Şekil 11. Pişirme Süresinin Kappa Numarası Üzerine Etkisi.....	60
Şekil 12. Pişirme süresinin viskozite üzerine etkisi.....	62

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Y.A. ve İ.Y.A.'lardaki ksilemi oluşturan elemanlar.....	7
Tablo 2. Y.A. ve İ.Y.A.'lardaki floem'i oluşturan elemanlar.....	9
Tablo 3. Bambu sülfat pişirmesinde pişirme değişkenleri ve hamur özellikleri.....	17
Tablo 4. Bambu kağıt hamuru fabrikasında pişirme kazanına giren silis kaynakları.....	20
Tablo 5. Islak temizlemenin silika uzaklaşmasına etkisi.....	20
Tablo 6. West Coast Kağıt Fabrikası siyah çözelti bileşimi.....	21
Tablo 7. Kraft yöntemi ile Bambudan kağıt hamuru elde edilmesinde uygulanan pişirme koşulları.....	35
Tablo 8. A değerine göre d düzeltme faktörü.....	38
Tablo 9. <i>P. Bambusoides</i> 'in kimyasal analizlerine ait bulgular.....	39
Tablo 10. Bambu enine kesitlerine ait lif ve diğer hücrelerin oranları.....	40
Tablo 11. <i>P. pubescens</i> ve <i>P. bambusoides</i> 'in lif boyutları.....	43
Tablo 12. <i>P. pubescens</i> ve <i>P. bambusoides</i> liflerinin lif-boyut ilişkisi.....	43
Tablo 13. Bambudan kraft yöntemiyle elde edile kağıt hamurlarının Bauer-Mcnett aletinde lif tasnifi.....	44
Tablo 14. Bambu odun yongalarından kraft yöntemi ile elde edilen kağıt hamurlarının verim ve kimyasal özellikleri.....	45
Tablo 15. Ülkemizde yetişen bazı yıllık bitkilerin kimyasal analiz sonuçları (kül düzeltmesi yapılmıştır).....	46
Tablo 16. Bazı Yıllık Bitki Liflerinin Boyutları.....	49
Tablo 17. Desilikasyolu buğday saplarından O ₂ -NaOH metoduyla elde edilen kağıt hamurlarının ve Bambu sülfat hamurlarının Bauer-Mcnett aletinde lif tasnifi değerleri.....	51
Tablo 18. Bambu sülfat pişirmesinde hamur özelliklerine göre en uygun pişirme değişkenleri	63

1.GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Bambular Graminaea familyasından olup, 76 cins ve 1200' den fazla türe sahiptir. Dünya üzerinde en fazla yayılış gösterdiği alan, Asya' nın güneydoğusu ile Hint Okyanusu ve Büyük Okyanus' daki adalardır [1].

Bambuların gövde içerisi, tropikal bölgelerde yetişenlerin bazılarında olduğu gibi dolu ya da, Rize-Pazar Bölgesi' nde yetişen türlerde olduğu gibi nodlar, yani boğumlar arası boş olup, gövdeler toprak altı kısımlarını meydana getiren rizomlardan çıkar. Gövde uzunluğu, 10-15 cm' den başlayıp, 40 m' nin üstüne kadar çıkabilir. Şeritsi yaprakları saplı olup dallardan çıkar.

Bambular, dünya üzerinde 14 milyon hektardan fazla alan kaplamakta ve bu alanların %80' i Güneydoğu Asya' nın tropikal bölgelerinde bulunmaktadır [2]. Bir bitki olarak geniş anlamda bambular bir ottur. Ilıman iklimde yetişen otların saplarında dallanma olmasına rağmen tropikal iklimde yetişen otlarında ise dallanma olmaz. Campbe, 1926' da bambuları "Dev Otlar" (Giant Grasses) olarak adlandırmıştır. Schimper ise 1985' deki yayınlarında bambuları "Rizomlu ağaca benzer otlar" olarak tanımlamıştır [3]. Bambular; morfoloji, yapı, büyüme şekli, topluluklar ve diğer ekolojik farklılıklar bakımından genel olarak bambular ikiye ayrılırlar [4];

1. Odunsu formda bulunanlar (Woody form),
2. Otsu formda olanlar (Herbaceous form),

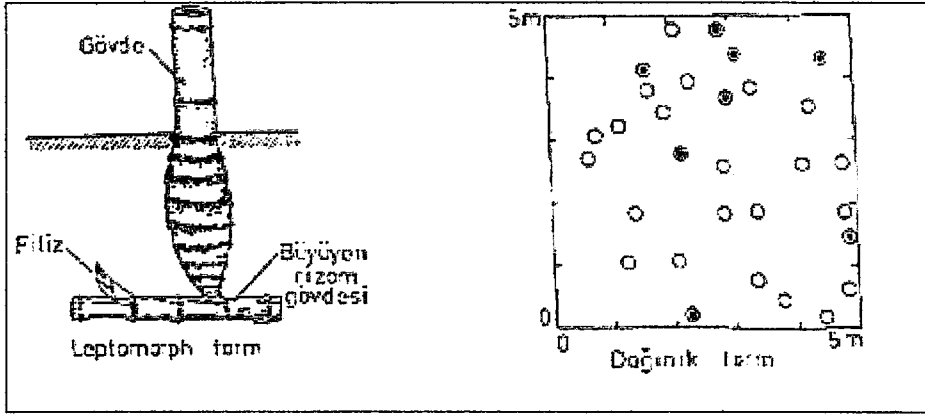
Bambuların toprak altı rizomları Ueda tarafından üç tipe ayrılmıştır [4]. Bunlar

1. Monopoidal tip,
2. Sympoidal tip,
3. Intermediate tiptir.

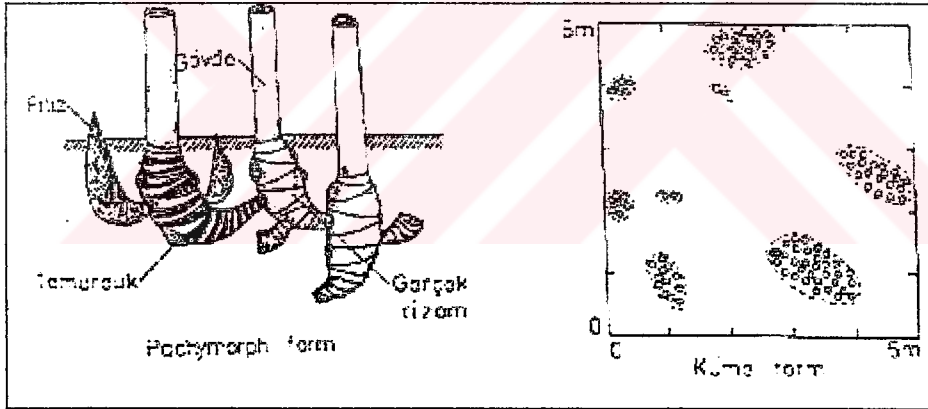
Mc Clur ise, bambuların rizom sistemini şu şekilde ayırmıştır.

1. Leptomorph tip,
2. Pachymorph tip,
3. Metamorph I ve Metamorph II

Mc Clur' un yaptığı sınıflandırmada Leptomorph tip, Monopoidal tipe; Pachymorph tip ise Sympoidal tipe karşılık gelmektedir. Rizomların yayılma şekline bakıldığında Leptomorph (Şekil 1) tipte; uzayan rizomun her nodunda tomurcuk bulunur.

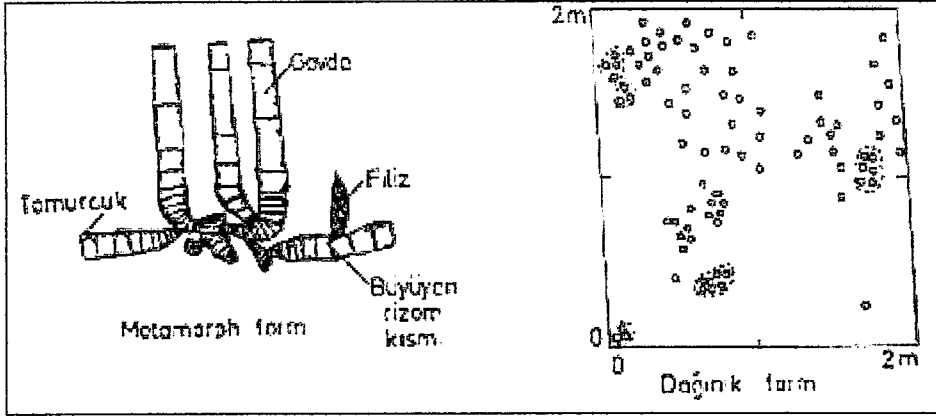


Şekil 1. Leptomorph tip rizom ve bu tür bambuların oluşturduğu dağınık şekil [4].



Şekil 2. Pachymorph tip rizom ve bu tip bambuların oluşturduğu küme veya topak şekil [4].

Buradaki tomurcuklardan her biri doğrudan toprak üstüne çıkarak yeni bir gövdeye dönüşebileceği gibi, yeraltında uzayarak yeni bir rizoma da dönüşebilir. Leptomorph tipi rizomlara sahip bambular "Dağınık Şekil" (Diffuse form) yapısındadırlar. Dağınık şekilde, toprak üstüne çıkan her bir gövde birbirinden bağımsızdır. Çin' de doğal olarak bulunan bambuların yarısı Leotomorph yarısı da Pachymorph tipindedir. Metamorph form bambular yayılma döneminde Leptomorph ile Pachymorph karışımı bir şekil gösterirler (Şekil 1, 2, 3).



Şekil 3. Metamorph form bambu rizomu ve oluşturduğu dağınık şekil [4].

Bambuların büyümeleri çok hızlıdır ve bazı türleri 30 metreden daha yüksektirler. Diğer ağaçlardan farklı olarak, sürgünler çap yönünde kalınlaşmazlar, 15 cm veya daha fazla kalınlığa kadar erişirler ve bitki 10 yılda maksimum yüksekliğe erişir. Diğer bir ayrıcalığı, bir tohumdan elde edilen bambu kümesi 40–60 yıl ölmüş bir görünümde bulunsalar dahi kökün herhangi bir yerinden kesilmesiyle tekrar sürgün vermeye başlarlar.

1.2. Bambuların Yetiştirme Koşulları

Genel olarak bambuların yayılışını sınırlayan faktörler yağış, toprak, sıcaklık, yükseklik ve enlem derecesidir. Bambu ormanları genelde yumuşak iklimlerde bulunur, fakat bazen soğuk bölgelerde (-17°C) ve daha düşük dereceli bölgelerde de bambu ormanları bulunmaktadır [5]. Verimli balçıklı topraklarda, kışın soğuk rüzgârlara korunaklı olan az gölgeli yerlerde, nemli fakat iyi drenajlı alanlar bambuların yetişmesi için uygundur. Kuru mevsimde toprak nemi az olduğundan bambularda transpirasyonu azaltmak için yaprak dökümü görülür, yağmurlarla birlikte topraktaki nem artışıyla yine sürgünler toprak yüzeyine ard arda çıkarlar ve kısa sürede bambularda tekrar yapraklanma başlar. Bu durum, bambuların vejetatif büyümelerinde, topraktaki nemin, sıcaklığa göre bambuların büyümelerinde daha etkili olduğunu göstermektedir. Nehir, göl ve su kenarlarında yetişen bambular yıl boyunca yapraklarını muhafaza ederler [6]. Numuta, iyi kalitede bambu üreten bölgelerde yılda 1500 mm yağış görüldüğünü belirtmektedir [3].

Bambular; iyi drenajlı, kumlu balçıklı topraklarda ve killi balçıklı nehir alüvyonlarında veya taşlık, kayalık alanlarda en iyi gelişmektedir. Uygun toprak rengi; sarı, kırmızımsı sarı ve kahverengimsi sarıya kadar değişir. PH değeri, 5 ile 6.5 arasında olan topraklar bambuların yetişmesi için uygundur. *Phyllostachys pubescens*' in gövde üretimi için kumlu topraklar uygundur [7]. Uygun nemlilikte çakıllı topraklar, yamaçlarda dahil olmak üzere *Phyllostachys bambusoides* türü için uygundur.

Bambu yetiştirilmesinden farklı türlerin sıcaklık istekleride farklıdır. *P. Bambusoides* (madake) için bir ay içinde günlük en düşük sıcaklık ortalaması 5 °C olmalıdır. Japonya'da ise en düşük -3 °C, en yüksek ise 33 °C olmalıdır. [7]. *Phyllostachys* türleri için 1500 m yüksekliğe kadar olan alanlar uygun bulunmaktadır.

1.3. Bambuların Üretimi

Bambular eşeyli ve eşeysiz olarak iki yöntemle üretilirler. Eşeyli üretim yöntemi olan tohumla üretim, her bambu türü için uygulanabilir. Ancak bu yöntemde, amaç bambunun çiçeklenmesi ve tohum üretmesi gerekir [8]. Bazı bambu türleri kolay çimlenen bambu tohumları ile üretilir. Buna karşın bambuların çoğu 30 ile 80 yıl gibi uzun zaman periyodu içerisinde bir defa çiçeklenir ve çiçeklenen bu bambuların da çoğunun çiçekleri verimsizdir. Bu sebeple özellikle ılıman iklimde yetişen bambu türlerinin üretilmesinde vejetatif yöntemler daha çok kullanılır. Genel olarak küme oluşturmeyen bambular ise gövde çelikleri ile vejetatif olarak kolayca üretilebilirler [6].

1.4. Doğu Karadeniz' de Bambu

Doğu Karadeniz Bölgesi' nde Rize ili, Pazar ilçesi sınırlarında doğal olarak yetişen *Phyllostachys bambusoides* (Madaka) (% 80) ve *Phyllostachys pubescens* (Mousou) (% 20) türleri bulunmaktadır. Bambu ormanı, Rize ili Pazar ilçesine 3 km uzaklıkta olup, deniz seviyesinden 150 m yükseklikte bulunmaktadır. Yaklaşık 60 yıl önce, Gürcistan üzerinden getirilen rizomların bölgeye dikilmesiyle, bugün 5 dönümlük sahada bambu meşçeresi yetişmiştir. Alanın % 80' i *P. bambusoides* türünden meydana gelmektedir. Şekil 4'te Rize-Pazar ilçesindeki bambu meşçeresinden bir görüntü verilmiştir.



Şekil 4. Rize-Pazar ilçesindeki bambu meşçeresinden görünüm

1.5. Bambunun Anatomik Özellikleri

Primer bünyeli bitkilerden, aynı yıl içinde gelişmesini ve boy büyümesini tamamlayanlara "sonradan kalınlaşmayan kısa ömürlü bitkiler" denir. İletim demetleri, konsantrik veya kapalı kollateral iletim demetleri şeklindedir. Ksilem ve Floem arasında sekonder kalınlaşmayı sağlayacak kambiyum tabakası yoktur. Eğreltiler (Pterodophyta), bir çenekli bitkilerin çoğu (Monocotyledonae veya Liliatae) ve otsu bambular bu tip bitkilerdendir. Otsu bambular adından da anlaşılacağı gibi sapları odunlaşmayan gövdelere sahip bambulardan oluşur [9].

Bazı bitkiler ise primer bünyelerini bir yıl içinde değil uzun senelerde kurar, böyle bitkilere "sekonder kalınlaşma yapmayan uzun ömürlü bitkiler" denir. Kalın gövdeli Eğreltiler (Pterodophyta), Hurma Ağaçları (phoenix dactylifera), Palmiyeler (Phoenix canariensis, Trachycarous fortunei, Washingtonia filifera) ve Bambular (Odunsu bambumsu otlar) bu gruba girer. Odunsu bambular, tarımı yapılan ve endüstriyel kullanımda yeri olan bambulardır. Bu bambulara aynı zamanda Ağaç Otlarda denilmektedir [10].

Monokotil bitkilerde iletim demetlerinin ksilem ve floem dokusu arasında kambiyum tabakası yoktur. İletim demetleri kapalı kollateral iletim demetleridir. Bu demetler esasi

doku denilen paranzimatik dağınık bir şekilde yerleşmiştir. Gövde; epidermis, esasi doku ve bu dokuya yerleşen kapalı kollateral iletim demetlerinden ibaret olup, gövdede korteks, merkezi silindir ve öz gibi doku farklılaşması görülmez.

1.5.1. Sklerankima

Sklerankimayı meydana getiren hücrelerin çeperleri yetkin halde hem kalın, hem de çoğunlukla odunlaşmıştır. Bu hücreler protoplastlarını kaybetmiş ölü hücrelerdir. Bazen çok az protoplazma ihtiva edebilirler. Sklerankima hücreleri genellikle Sklerankima lifleri ve taş hücreleri (Sklereidler) olmak üzere iki grup halinde toplanabilirler.

1.5.1.1. Sklerankima Lifleri

Sklerankima lifleri, sivri uçlu, dar ve uzun hücrelerdir. Kalın olan hücreleri çoğunlukla tamamen veya kısmen odunlaşmış olmakla birlikte selüloz olarak da kalabilir. Basit geçitler, üstten bakıldığı zaman ya çok küçük daire veya yarık biçimindedir. Sklerankima lifleri, çeperlerinin selüloz yapısını muhafaza ettiği oranda esnektirler. Sklerankima lifleri ya tek tek bulunurlar veya şeritler halinde gruplar oluştururlar. Böyle bir arada bulunan Sklerankima liflerine “Sklerankima” demeti adı verilir [10].

1.5.1.2. Taş Hücreleri (sklereidler)

Sklerankima liflerinden farklı, genellikle her üç boyutunun aşağı yukarı eşit uzunlukta olmasıdır. Taş hücreleri kümesi, çokgen, silindirik veya gelişigüzel girintili çıkıntılı şekilde olabilir. Destek doku, gövdede, eğilmeye karşı çevrede, kökte gerilmeye ve bükülmeye karşı merkezde ve yapraklarda yırtılmaya karşı yaprak kenarlarında bulunur.

1.5.2. Ksilem

Kök, gövde, sürgün ve yaprakların odun kısmı olup, kökler vasıtasıyla alınan suyu yapraklara iletir. Ksilem de iletim işini yapan elemanlar Gymnospermae (açık tohumlular)

da traheidler, Angiospermae (kapalı tohumlular) da ise trahelerdir. Tablo 1’de Y.A. ve İ.Y.A.’lardaki Ksilemi oluşturan elemanlar verilmiştir.

Tablo 1. Y.A. ve İ.Y.A.’lardaki ksilemi oluşturan elemanlar

Ksilemi Oluşturan Elemanlar	
Gymnospermae	Angiospermae
Traheid	Traheler
Odun paranzimi	Traheid lifi
	Odun lifi
	Odun Paranzimi
	Öz ışını paranzimi

1.5.2.1. Ksilem Lifleri

Ksilem lifleri genellikle iki ucu sivri, çeperleri oldukça kalın ve odunlaşmış, çoğunlukla 1mm den uzun Sklerankima liflerinden ibarettir. Çeperlerinde çok az sayıda tipik basit geçitler bulunur.

Ayrıca traheidlerin değişimi ile oluşan traheid lifleri de bulunur. Bu liflerin çeperlerinde yarık şeklini almış indirgenmiş kenarlı geçitler bulunur [10].

1.5.2.2. Ksilem Parankiması (odun parankiması)

Ksilem parankiması gelişmiş yüksek bitkilerde bulunur. Gymnospermae’ ler, bazı cinsleri hariç genellikle odun paranziminden yoksundurlar. Oysa dikotil Angiospermae’ lerin ksileminde bulunurlar.

Ksilem parankiması hücreleri genellikle ağaç ekseni yönünde çeperleri az veya çok odunlaşmış canlı hücrelerdir. İletimde az da olsa fonksiyonları olmakla birlikte, depo ve salgı görevi yaparlar. Ksilem parankiması hücrelerinin çeperlerinde basit geçitler vardır.

1.5.2.3. Traheidler

Boyları yaklaşık olarak 1-6 mm. Sivri uçlu ve kalın çeperli hücrelerdir. Üst üste ve (yan yana gelerek, çeperlerinde bulunan kenarlı geçitlerle su iletim işini yürütürler. Traheidler, ağaç eksenine paralel yönde uzanırlar. Çeperlerinde halka, spiral ve ağ şeklinde kalınlaşmalar da bulunabilir. Traheid hücrelerinin enine kesitleri çokgendir.

Gymnospermae'lerin esas yapısını oluşturan traheid'ler su iletimi yanında bitkiye desteklikte sağlarlar. Ksilem elemanlarından olan traheidler, Angiospermae'lerde nadiren bulunurlar ve kenar geçitlerinde torus'un bulunmayışı ile Gymnospermae'lerdeki traheidlerden ayrılırlar.

Su ileten traheidler ince çeperli ve geniş lümenlidir. Desteklik görevi yapanlar ise kalın çeperli dar lümenlidir. Traheidler trahelere göre daha önce oluştuklarından evrim açısından daha ilkedirler. Traheidlerin genişliği 20-30 pm arasında değişmektedir [10].

1.5.2.4. Traheler

Boyları 10 mm'ye kadar ulaşabilen, ince çeperli, geniş lümenli bir çok trahe hücresinin üst üste gelmesiyle uzun borular halinde, ağaç eksenine paralel olarak uzanırlar. Üst üste gelen trahe hücreleri arasındaki zarlar ya tamamen erir veya aralarında delikçikler ihtiva ederler. Bu delikçikler de basamak şeklinde veya küçük delikçikler vs. halinde olabilirler (skalariform, halkalı...). Bu üst üste gelen trahe hücreleri arasında erişim, delikli veya basamaklı olan ortak tablaya perferasyon tablası adı verilir. Trahelerin çevrelerinde de traheidlerdeki gibi kalınlaşmalar görülür (Halkalı, spiral vs.).

1.5.3. Floem

Kök, gövde ve yaprakların soymuk kısmı olup, yapraklarda hazırlanan organik besin maddelerini bitkinin alt kısımlarına taşır. Tablo 2'de Y.A. ve İ.Y.A.'lardaki floem'i oluşturan elemanlar verilmiştir.

Tablo 2. Y.A. ve İ.Y.A.'lardaki floem'i oluşturan elemanlar

Floemi Oluşturan Elemanlar	
Gymnospermae	Angiospermae
Kalburlu borular	Kalburlu borular
Floem parankiması	Arkadaş hücreleri
Strasburger hücreleri	Floem parankiması
	Floem sklerankiması

1.5.3.1. Kalburlu borular

Kalburlu borular aralarındaki enine çeperleri delikli, üst üste gelmiş canlı hücreleridir. Bu delikler sayesinde hücrelerdeki protoplazmlar birbirleri ile kaynaşır, devamlı bir hal almışlardır. İşte bu deliklerin bulunduğu yüzeye “Kalbur Levhası” denir.

Eğer kalburlu borular başka bir kalburlu boru ile komşu bulunursa, yan çeperlerde de kalbur levhalarına rastlar.

Kalburlu boru hücrelerinin stoplazmaları çeperin altına çekilmiş, levkoplast ve nişasta ihtiva ederler. Nükleusları yoktur. Geniş vakuollerinde bulunan öz suyu erimiş halde protein eriyiklerine sahiptir. Bu madde, zedelenme halinde pıhtılaşarak hücreleri korur.

Vejetasyon mevsiminin sonunda kalburlu borular “Kallus” denilen bir maddeyle kapanır ve iletim durur. Vejetasyon mevsiminin başlangıcında bu madde eriyerek kalburlu borular tekrar açılır [10].

1.5.3.2. Arkadaş hücreleri

Arkadaş hücreleri, kalburlu boru ana hücrelerinin meristematik halde iken boyuna yönde bölünmesi ile meydana gelir. İnce ve uzunluğu kalburlu boru hücreleri kadardır. Kalburlu borularla aralarında geçit bulunur.

1.5.3.3. Floem Sklerankiması

Özellikle Angiospermae'lerin (kapalı tohumluların) sekonder floeminde fazla sayıda sklerankima bulunur. Buna karşılık eğreltilerde ve açık tohumlularda bulunmaz. Bazılarında da floem sklerankiması taş hücrelerinden ibarettir .

1.6. Bambunun Fiziksel Özellikleri

Bambuların 70' den fazla türü üzerinde mekanik, fiziksel ve kimyasal özellikleriyle ilgili çalışmalar 1940 yılından bu yana sürdürülmektedir. Araştırma sonuçlarına göre hava kuru rutubeti % 15-18, lif doygunluğu rutubeti % 30-35, hacim yoğunluk değeri 0.60-0.77 gr/cm³, radyal daralma % 3-4, teğetsel daralma % 0.3-0.5, ısı değeri 4550-4680 kcal/kg' dır. Gerilme dayanımı odunun iki katı ve basınca karşı dayanımı da oduna oranla % 40-50 daha fazla olup, lif uzunluğu 1.5-2.0 mm, genişliği de 12-17 µ arasında değişmektedir [11].

Özgül ağırlığı 0.5-0.9 gr/cm³ arasında olup, gövdenin dış kısmının özgül ağırlığı iç kısmından çok fazladır. Özgül ağırlığı gövdenin alt kısmından üst kısmına gidildikçe artmaktadır. Mekanik özellikler özgül ağırlıkla bağlantılı olduğundan, örneğin eğilme dayanımı gövdenin dış kısmında, iç kısmına oranla 2-3 kat daha fazladır. Gövde kalınlığının azalmasıyla gövde içindeki paransim hücreleri miktarı azalır, lif miktarı arttığından, gövde içi özgül ağırlığında ve mekanik özelliklerinde artış olmaktadır. Oysa gövdenin dış kısmı, fiziksel mukavemet yönüyle, kalınlık değişiminden çok az etkilenmektedir [12]. Boğum arasının çekme kuvveti ladin, çam, meşe ve kayın odununa göre 1-2 kat daha fazladır. Boğumlardaki bütün dayanım özellikleri önemli ölçüde azalmaktadır [12]. Ayrıca, kuru haldeki dayanım özellikleri, yaş haldekine oranla daha fazladır. Dayanım özelliklerinin gelişmesinde yaş önemli bir faktördür. Genel olarak bambular üç yıldan sonra olgunlaşırlar ve bundan sonra maksimum dayanım özelliklerine ulaşırlar. Kuru halde ise, ikinci yılda yaşlı formlara göre daha yüksek dayanım kuvveti elde edilmektedir [12].

Özgül ağırlık yüksek olduğundan defibratöre, aynı hacimdeki ağaç odunlarından daha fazla yonga kütlesi girmektedir. Bambu yogalarının, tam kuru halde pişirme kazanına doldurma oranı 230-250 kg/m³, yumuşak odunlardaki 130-160kg/m³ ve sert odunlardaki de 160-190 kg/m³ civarındadır [13]. Narinlik oranı çok yüksek olduğundan yüksek oranda

yumuşaklık ve esnekliğin arandığı baskı ve yazı kağıtlarının üretilmesi için çok uygundur [13]. Tropikal bambuların lif uzunluğu yumuşak odunlarınkinden daha fazladır. Narinlik (slenderness ratio) ise odun liflerinin iki katıdır. Kül içeriği yaklaşık % 1.8'dir. Bu değer iğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarına göre (% 0.5) yüksektir. Bu yüksek kül içeriği, kağıt hamuru üretiminde her bir ton hammaddede 18 kg kağıt hamuru kaybına neden olmaktadır. Fakat, yapraklı ve iğne yapraklı ağaçlardaki lignin içeriğine göre bambunun daha az lignin içermesi (%14-15) külden gelen bu olumsuzluğu gidermektedir [13].

1.7. Bambunun Kimyasal Özellikleri

Bambu gövdesinin ana bileşenleri, selüloz % 55, pentozanlar % 20 ve lignin % 25 oranında bulunmaktadır. Tropikal bambuların α -selüloz miktarı % 49.2, lignin oranı % 14.5, pentozan oranı % 22.3, % 1 lik NaOH çözünürlüğü % 33.4, sıcak su çözünürlüğü, % 15.0 ve kül oranı %1.8 civarındadır [13]. Selüloz üretiminde α -selüloz miktarı çok önemlidir. Tropikal bambulardan *G. nigrosiliata* %52.1, *G. apus* %52.1, *B. polymorpha* %53.6, *P. reticulata* % 42.2 oranında α -selüloz içermektedir [12].

Düşük oranlarda reçine, tanen, vax ve inorganik tuzlar bulunmaktadır. Bileşimi türe, yetiştirme şartlarına, yaşına ve örneğin alındığı yere göre değişmektedir. Çünkü gövde, olgunlaşmasını bir senede tamamlar. Taze ve kırılğan sürgünler sertleşir ve kuvvetlenir. Lignin ve karbonhidrat oranı olgunlaşma zamanı içerisinde değişir. Gövdenin olgunlaşmasından sonra kimyasal bileşim büyük ölçüde sabit kalmaktadır [12].

Boğumlarda, boğum arasına göre daha az suda çözünen eksrakatifler, pentozan, kül ve lignin fakat daha çok selüloz bulunmaktadır. Suda çözünen maddeler kuru mevsimlerde, yağışlı mevsimlere göre daha fazladır. Nişasta miktarı yağış mevsimi sürgün verme zamanından önceki en kuru ayda maksimuma ulaşır. Kül miktarı % 1-5 gövdenin iç kısmında dış kısmından daha fazladır. Silika oranı % 0.5 - % 4 arasında değişmektedir ve bu oran gövdenin alt kısmından üst kısmına doğru yükseldikçe artmaktadır. En fazla silika gövdenin dış tabakasındaki epidermis hücrelerinde toplanmıştır. Boğumlarda az oranlarda silika bulunurken, boğum arasında hemen hemen hiç silika bulunmamaktadır [12]. Silika içeriği bambunun kağıt hamuru üretimi özelliklerini etkilemektedir.

Bambu lignini tipik bir odun lignini olup, serbest ve C-5' de kondanse formda guayasil, siringil ve p-hidroksifenil ünitelerinden meydana gelmiştir. Bu ana ünitelerin

bulunma oranı siringil>guayasil>p-hidroksifenildir. Nitrobenzen oksidasyonunda büyük miktarda vanilin, siringil aldehit ve p-hidroksibenzaldehit elde edilmektedir. p-hidroksibenzaldehit büyük oranda % 5-10 lignin polimeriyle esterlenmiş p-kumarik asit içermektedir ve aldehit miktarı ligninin alkali hidroliziyle 1/3 oranında uzaklaşmaktadır [14]. *Dendrocalamus strictus* lignini % 15-20 oranlarında metoksil içermektedir.

Boğum arasındaki ligninleşme, gövdenin gelişimi sırasında; gövdenin üst kısmından başlayarak alt kısımlarına doğru ve iç kısımlardan dış kısımlara doğru artarak ilerlemektedir. Gövdenin tamamen ligninleşmesi bir büyüme mevsimi sonunda tamamlanır.

Bambu hemiselülozu % 90 oranında ksilan tipinde olup, ana zincir birbirine 1-4-β glikozidik bağlarla eklenmiş β-D- ksilopiranoz birimlerinden meydana gelmiştir. Ana zincire 1-2-α-D-glikozidik bağlarla eklenmiş 4-O-metil-glukuronik asit grupları bulunmaktadır. Ayrıca, ana zincire α-L-arabinofuranoz birimleri bağlanmıştır. Bunların molar konsantrasyonları, sırasıyla 1.0: 1.3: 25 dir [16]. Bununla beraber, bambu ksilanı % 6.5 oranında sert ağaç odunlarında bulunan O-asetil grupları içermektedir. Bambu ksilanı sert ağaç odununa benzemektedir, fakat arabinoz yan zincirini taşıdığından daha çok yumuşak ağaç ksilanı özelliğinde bulunmaktadır. Yukarıdaki özelliklere göre, bambu ksilanı yumuşak ve sert ağaç odunu ksilanı arasında bir özelliğe sahiptir [15].

Madake (*P. bambusoides*) ve maso (*P. pubescens*) bambularının kimyasal analizleri çalışılmıştır. Buna göre; sırasıyla sıcak su çözünürlüğü % 10.73, % 8.85, alkol benzen çözünürlüğü % 6.36 % 5.48, % 1 lik NaOH çözünürlüğü % 29.43, % 27.04, holoselüloz miktarı % 71.04, % 71.39, α-selüloz miktarı % 43.10, % 42.24, pentozan miktarı % 23.79, % 25.48, ve kül oranı da % 1.52, % 1.47' dir [16].

Bambuların lif uzunluğu türden türe, bazı türlerde gövdenin farklı kısımlarında ve bazı durumlarda da boğum arasında bile değişim göstermektedir. Lif uzunluğundaki değişim gövdenin iç ve dış kısımları arasında da bulunmaktadır. Bundan dolayı, bambunun fiziksel olarak karışık lif tipleri içerdiği söylenebilir. Aynı türün lif uzunluğu, maksimum ve minimum olarak 2.34 mm - 1.14 mm, lif genişliği ise 26.4 μ - 13.2 μ olarak bildirilmiştir [16]. Boy artımıyla paranzim hücrelerinin oranlarında azalma olurken, lif hücresi oranı artmaktadır.

Japonya Okayama Üniversitesinde, *P. pubescens* türünün, yaşlı (üç yaş ve üzeri), genç (iki yaş) ve taze (bir yıl ve daha az) bambu gövdelerindeki ve bu yaş sınıflarında bulunan gövdelerin farklı çap sınıflarındaki selüloz miktarı değişimi araştırılmıştır. *P.*

pubescens bir yıl ve daha kısa bir sürede maksimum boya ulaşmakta ve daha sonra çap artımı başlamaktadır. Ayrıca, aynı yaşlı bir bambu alanında farklı çapta bambular bulunmaktadır. Çalışmanın sonuçlarına göre; yaşlı gövdelerde çap kalınlığı arttıkça selüloz oranının arttığı rapor edilmiştir. Ayrıca, kışın kesilen bireylerde üç yaş ve daha yaşlı gövdelerde selüloz miktarı çap ve gövde üzerindeki yerine bağlı olarak % 34-56 arasında, genç (iki yaş) bireylerde ise bu oran % 25-61 arasında değiştiği bulunmuştur [17].

1.8. Kağıt Hamuru ve Kağıt Üretimi

Günümüzde bambudan dünya kağıt hamuru üretimi 1.5 milyon hava kurusu ton olup, bu miktar yıllık olarak 7-8 milyon ton bambu hammaddesine karşılık gelmektedir. Bambu lifleri yüksek derecede narin ve esnek olduğundan kağıt üretimine elverişlidirler. Oduna oranla daha yüksek derecede safsızlık içerdiğinden kağıt hamuru üretimi oduna oranla daha pahalı ve verimi düşük olduğu rapor edilmiştir [12].

1.8.1 Hammadde Özellikleri

Kağıt hamuru üretiminde bambuların avantajları şöyle sıralanabilir.;

- a. Çok hızlı büyümesi
- b. Kabuk soymaya ihtiyaç olmayan bir hammadde olması
- c. Kappa numarasına bağlı olarak kraft (sülfat) yönteminde hayli yüksek verim vermesi (Kapa numarası 31.8 ve 51.8 olan hamurlarda toplam verimler sırasıyla 49.2 ve 54.3'tür).
- d. Kimyasal madde sarfiyatının düşük olması
- e. Kağıt hamurunun bir çok tropikal ağaç odunlarından daha yüksek özelliklere sahip olmasıdır.

Bunun yanında dezavantajları da bulunmaktadır;

- a. Ormanlarda küme halinde ve düzensiz bir şekilde çiçeklenme özelliği, hammadde olarak düzenli tedarikini engellemesi
- b. İç kısmı boş olan gövdenin yongalanma zorluğu
- c. Boğumlu ve değişik çaplarda olması nedeniyle, mekanik olarak işlenme zorluğu

d. Boğumların yoğunluğunun fazla olması nedeniyle kağıt hamuru üretiminde problemler çıkarması

e. Yüksek silika içeriği nedeniyle çoklu buharlaştırıcıda tabaka teşekkülü

f. Kireç ve çamurun yeniden yakılmasının zorluğu

g. Paranşim hücrelerinin fazla olması [18].

Dünyada yıllık potansiyel bambu miktarı 50 milyon ton olup pratik olarak yılda toplanabilen 25 milyon ton civarındadır. Brezilya' da kağıt endüstrisi için yetiştirilen *Bambusa vulgaris*, ilk kesim için yeterli çapa 4-5 yılda ulaşmakta, sonraki kesimler için de uygun çapa 2-4 yılda gelmektedir. Bir kaç ay içerisinde 20 cm çap ve 20 m boyuna ulaşmaktadırlar. Brezilya' da 1989 yılında 4 milyon ton kısa lifli hamur üretilmiş, uzun lifli hamur ihtiyacı içinde 114 bin ton hamur ithal edilmiştir. Uzun lifli hamur ihtiyacını karşılamak için bambu özel olarak ele alınmaktadır. Ülke' de bambu kimyasal kağıt hamuru üretimi, ülkenin toplam uzun lifli hamur üretiminin % 3.7' si civarında olup, bambular daha çok yüksek mukavemetli hamur üretiminde kullanılmaktadır.

Kağıt hamuru ve kağıt üretiminde, bambu odununun sert, dış yüzeyinin yağlı ve gövdenin silika oranının yüksek olması nedeniyle özel teknikler uygulanmasını gerektirmektedir. Hammadde tedarikinin sürekli olarak sağlanması da diğer bir problem olarak görülmektedir [11].

Bambu ormanlarının iyileştirilerek sürekliliğin sağlanması, dünya kağıt üretiminde görülen hammadde darlığı, mekanizasyon ve kağıt hamuru üretim yöntemlerinin gelişmesi bambu kağıt hamuru üretimini gelecek yıllarda önemli ölçüde artıracaktır. Bambunun kullanımındaki bu artışın gerçek nedeni, bir kağıt hamuru hammaddesi olarak kendi doğal yapısındaki oduna olan üstünlükleridir.

Ağaçlar, örneğin çam, bireysel olarak yetiştirilmektedir ve 15-30 yıl içerisinde olgunlaşarak sadece bir kesimle verim elde edilmektedir. Her kesimden sonra tekrar plantasyon yapılmalıdır. Oysa bambu, yetiştirildikten sonra kendi rizomundan hayatı boyunca yüzlerce bambu gövdeleri vermektedir. Çin' de 24 bambu (*P. pupencens*) plantasyonu yapıldıktan sonra 20 sene hasat edilmeden beklenmiş ve 20 yıl sonunda 3200 gövde elde edilmiştir [19].

Bambu 3-6 yıl içerisinde olgunlaşmakta fakat kağıt hamuru üretimi için 1-4 yıl içinde hazır hale gelmektedir. Bununla beraber, bambu ormanı düzenli kesimle 1-4 yılda tamamen tekrar yetiştirilebilmektedir. Bir çam ormanı 30 yılda hasat edildiği halde aynı

sürede bir bambu ormanı tür ve kesim planına göre belirlenen diğer faktörlere bağlı olarak 10 veya 20 defa hasat edilmektedir [10].

Bambu uzaklaştırılması gereken kabuk taşımamaktadır ve yüksek yoğunluğu (0.6 kg/m³), pişirme kazanında % 10-20 oranında daha fazla hamur kapasitesine ulaşmasını sağlamaktadır. Bambudan hektar başına, diğer odun türlerine göre 6-7 kat daha fazla kağıt hamuru hammaddesi elde edilmektedir. Bambu liflerinin uzunluğunun genişliğine oranı odun liflerinden daha fazladır. Ayrıca, liflerin mukavemeti yüksek ve esnek olup, rijit ve kırılğan değildir. Bu özelliklerinden dolayı, yüksek kalitede yazı, para ve senet kağıtları üretilebilmektedir. Bambu sülfat hamurları, % 80 pirinç sapı hamuru ile % 20 uzun lifli hamur karışımından üretilen yazı kağıdı kalitesine eş değerdedir. Kağıt üretiminde verim %30 civarındadır ve bu oran pirinç sapı hamuru ile aynı orandadır. Mukavemet ve parlaklık değerleri pirinç samanı hamurundan üretilen kağıda oranla daha yüksektir. Bambu hamurundan çok tabakalı oluklu mukavva üretiminde verim % 45.8, bagas'ta %50-65 ve yumuşak odunlarda %60-75 civarındadır. Fakat bazı sert ağaç odunlarında verim %45'in altındadır [20].

Dünyada bambudan kağıt hamuru üreten ülkeler ve tahmini üretim kapasiteleri aşağıda verilmiştir.

Hindistan	711.000 ton/yıl
Çin	448.000 ton/yıl
Tayland	100.000 ton/yıl
Vietnam	71.000 ton/yıl
Bangladeş	36.000 ton/yıl
Burma	11.000 ton/yıl
Kamboçya	1000 ton/yıl

Dünya kapasitesi ise 1.464.000 ton/yıl'dır [11].

1.8.2 Depolama

Bambular fabrika sahasında 45m uzunluk, 35m genişlik ve 6m yüksekliğe sahip bir yığın halinde depo edilirler. Kamyonlarla fabrika sahasına getirilen bambular direkt olarak havuzlara veya su kanalına boşaltılırlar. Havuz dolu ise bambular depolanırlar. Su akıntısıyla, işçiler tarafından zincirli konveyörlere doğru yönlendirilirler. Su banyosuyla bambuların dış kısımlarındaki kum ve kirler uzaklaştırılır. Daha sonra yongalama ünitesine gönderilirler.

1.8.3. Yongalama

Diskli yongalayıcılarda verim 5-6 ton/saat iken son zamanlarda kullanılan tamburlu yongalama makineleriyle yongalama verimi 20-30 ton/saate çıkartılmıştır. Bu tip yongalama makinelerinde besleme hızı uygun ekipmanlarla artırılarak kayış mesafesinden kaynaklanan hız düşüklüğünü gidermişlerdir.

1.8.4. Pişirme

Kraft pişirmesi kağıt hamuru üretimi için uygun yöntemdir. Sülfite pişirmesi, pentozanlar büyük oranda hidroliz olduklarından hemen hiç uygulanmaz. Bir ton ağartılmamış bambu hamuru üretmek için iki ton temiz ve yongalanmış bambu gerekmektedir ve bir ton ağartılmış bambu hamuru üretmek için 2.5 ton hava kurusu ve 4 ton yaş bambu hammaddesi gerekmektedir [12].

Bambunun pişirilmesinde eskiden kullanılan iki safhalı sistem terk edilerek, günümüzde bir çok fabrikada tek kademeli sistem kullanılmaktadır. Bu sistemde; çözeltinin hammaddeye oranı 2.5:1 veya 3:1 olarak alınmaktadır. Yongalar kazana doldurulduktan sonra yonga giriş kapağı kapatılarak buhar valfi açılmakta ve sirkülasyon pompaları çalıştırılmaktadır. Beyaz çözelti direkt ısıtılarak kazana sevk edilmektedir. 120 °C de bir saat beklenecek yongaların çözeltiyle empenyesi sağlanmaktadır. Bunu takiben sıcaklık 170 °C ye çıkartılarak 1-2 saat pişirildikten sonra hamur boşaltma tankına alınmaktadır.

Aşağıdaki Tablo 3' te kesintisiz sistemin pişirme parametreleri ve hamur özellikleri verilmiştir [18].

Bazı bambu kraft fabrikaları 18-20 kappa değerinde, bazıları da 20-28 kappa değerinde çalışmaktadırlar. Yüksek kappa değerindeki hamurda verim yüksek ve hamur kalitesi iyidir. Buna karşın, daha yüksek ağartma kimyasalları tüketimi ve daha yüksek su kirletme yükü bulunmaktadır.

Son yıllarda bambunun pişirilmesinde tek safhalı, yüksek basınç altında çalışan kesintisiz sistem kullanılmaktadır. Bu sistemde; diğer yöntemlere göre daha yüksek hamur kalitesiyle beraber daha az buhar ve güç tüketimi elde edilmiştir.

Tablo 3. Bambu sülfat pişirmesinde pişirme değişkenleri ve hamur özellikleri [18].

Pişirme parametreleri		Hamur özellikleri	
Yonga rutubeti, %	25	Kappa no	26.6
Aktif alkali oranı, % Na ₂ O	17.5	Elenmiş verim, %	51.5
Aktif alkali,seyreltilmiş siyah çöz., % Na ₂ O	1.0	Elek artığı, %	0.3
Çözelti/yonca oranı	2.7:1	Ağartılmamış parlaklık, % Elrepho	24.4
Beyaz çözelti sıcaklığı, °C	28	Ağartılmamış hamur viskozitesi, cp	20.1
Toplam aktif alkali, 1. ve 2. kademe, %	18.5	Siyah çözeltide artık alkali, g/lt, Na ₂ O	13.3
Isıtma süresi, 70 °C den 120 °C' ye, dak.	45		
Pişirme süresi, 120 °C' de, dak.	45		
Isıtma süresi, 120 °C den 165 °C' ye, dak.	90		
Pişirme süresi, 165°C' de, dak.	45		
H-Faktör	695		

B. vulgaris, *Pinus taeda* ve *Eucalyptus grandis* türleri ile ilgili bir çalışmada, kraft pişirmesi uygulanmış, elde edilen hamurlar ağartılmadan önce oksijen delignifikasyonundan geçirilmiş ve sonra da OC/DEoDED kademelerinde ağartılmıştır.

Pişirme şartları, *B. vulgaris* ve *P. taeda* için sırasıyla aktif alkali, (% Na₂O) % 14.5, % 23.5, sülfidite % 25, çözelti/sap oranı 4.8/1, 4/1, maksimum sıcaklık, 165 °C, 170 °C maksimum sıcaklığa çıkış süresi 100dak.ve maksimum sıcaklıkta pişirme süresi ise 50 dak. ve 60 dakika, H faktörü de 604 ve 1054 olarak seçilmiştir. Pişirme şartları 30 civarında kappa numarasına sahip hamur elde edecek şekilde planlanmıştır.

Elde edilen hamur verimi ve özellikleri de bambu ve çam hamurları için sırasıyla şöyledir. H faktörü 604 ve 1054, elenmiş verim, % 39.4, % 46.1, elek artığı, % 3.4, % 0.1, Kappa sayısı, 29.1, 31.8, viskozite, cP, 80.6, 22.7, parlaklık, ISO, 30.6 ve 32.2 olarak rapor edilmiştir [22]. Elde edilen sonuçlara göre, bambu daha kolay delignifiye olmakta ve daha yüksek viskoziteli hamur vermektedir, buna karşın hamur verimi daha az olmaktadır. Kappa değeri 30 civarında hamur elde etmek için, alkali miktarı ve H faktörü bambu için % 40 daha düşük olmaktadır.

Bambuda yüksek viskozite, ılımlı bir karbonhidrat bozunmasını göstermekle beraber, seltülozun polimerizasyon derecesini tam doğru olarak gösterdiğini düşünmemek gereklidir. Bu oran muhtemelen bambu hamuru içerisindeki paranzim hücrelerinde bulunan nişastadan kısmen etkilenmiş olabilir [22].

Her iki hamur ağartıldıktan sonra benzer parlaklık değeri vermiştir. Dışarı atılan bambu ve pinus ağartma çözeltileri her kademe toplenarak karıştırılmıştır. Bambu hamuru ağartma atık çözeltisi, renk, COD ve BOD yönüyle daha yüksek bir kirlenme

yükü vermiştir. Bu yükseklik muhtemelen, atık ağartma çözeltilinde bulunan paranzim hücresi ve nişastadan kaynaklanmaktadır. Laboratuvar boyutundaki bu kirlenme yükü, endüstriyel üretimde, paranzim hücrelerinin yıkayıcılarda lifler tarafından tutulmasıyla daha az oranda görülecektir. Ağartılmış bambu ve pinus hamurlarının 40 °SR' deki fiziksel ve optik özellikleri sırasıyla çekme direnci, kN/m 78.3, 76.4, yırtılma direnci, mN.m²/g, 17.6, 16.8, gerilme, %, 4.8, 3.6, porozite, san./100ml, 36.0, 83.1 ve opaklık, Elrepho, 71.9, 63.2 olarak rapor edilmiştir [22]. Buna göre bambu hamurları çekme ve yırtılma direncinde biraz daha yüksek ve gerilme direncinde % 30 daha yüksektir. Porozite değeri % 130 ve opasite değeri de % 14 oranında çam hamuru değerinden daha yüksek bulunmuştur.

1.8.5. Yıkama ve Eleme

Karşı akımlı 3 veya 4 yıkayıcı ile hamur yıkanmaktadır. Hamurdaki paranzim hücrelerinin yüksek oranda bulunmasından dolayı, yıkayıcılardan fazla miktarda ince materyal geçmekte ve bu durum buharlaştırıcılarda problemlere neden olmaktadır. Bundan dolayı siyah çözeltilin buharlaştırıcılardan önce filitre edilmesi gerekmektedir. Hamurun elenmesi problemsizdir ve tek kademeli elekler kullanılır. Üç kademeli elekler kullanıldığında lif kaybı daha az olmaktadır.

1.8.6. Ağartma

Bambu hamuru ağartmaya karşı daha dirençlidir. Bunun nedeni; çözeltilin, hücre lümenlerine, yapraklı ağaç lif traheitlerinde olduğu gibi kolayca penetre olamamasıdır. Bu durum ligninin uzaklaşmasını zorlaştırmaktadır.

Bambu kağıtlarının kalitesi hayli yüksektir. Yüksek yırtılma direncine sahiptir ve bu özellikte yumuşak odun kraft hamurlarıyla karşılaştırılabilir. Bununla beraber çekme ve patlama dirençleri oduna oranla daha düşüktür. Pek çok kullanım yeri için bambu hamurları bagas, odun, paçavra ve atık kağıt hamurlarına karıştırılarak kullanılırlar. Bambu hamurları yazı, baskı, örtü ve değişik amaçlı kağıtların üretiminde kullanıldıkları gibi, aynı zamanda reyon ve selofan üretimi için de kullanılırlar [12].

Ağartma işleminde, Hindistan' da C-E-H-H kademeleri genelde uygulanmaktadır ve büyük bir problemle karşılaşmamaktadır. Klorlama safhasında toplam klorun yaklaşık %

45-60'ı harcanmaktadır. İlk hipoklorit kulesinde toplam klorun % 30, ikinci hipoklorit kulesinde ise kalan % 10'u tüketilmektedir. Kappa değeri 18-20 olan hamuru ağartmak için % 10-12, buna karşın 20-28 Kappa değerindeki hamuru ağartmak için ise % 14-16 klor kullanılmaktadır. Düşük Kappa nolu hamurlar için alkali oranı % 2-3, yüksek Kappa değerindeki hamurlar için de alkali oranı % 3-4 civarındadır. Parlaklık değeri % 76-80'e kadar ulaşmaktadır [18].

1.8.7. Siyah Çözelti

Bambu yüksek oranda silis içerdiğinden siyah çözeltisi odun siyah çözeltisine göre daha yüksek oranda hemiselüloz içermektedir. Siyah çözeltisi yakıldığında ise odun siyah çözeltisine göre daha düşük ısı değerine sahiptir. Fabrikalarda, genelde desilikasyon teknikleri kullanılır. Karşı akımlı sistemde yanmış kireç kullanarak silika % 92 oranında giderilmektedir.

1.8.8. Desilikasyon

Bambu, bagas ve tahıl samanlarında yüksek oranda yer alan silika iki formda bulunmaktadır. Yapışık silika denen ve hammaddenin dış yüzeyinde bulunan birinci formdaki silika, hasat ve toplama işlemleri sırasında hammaddeye yapışmaktadır. İkinci formdaki silika, bitkinin silika hücreleri denen epitel hücrelerinde bulunmakta ve bu silikanın büyük bir kısmı pişirme işlemleri esnasında çözünmektedir. Hammaddeden başka, kum, sodyum sülfat, kireç taşı ve diğer kaynaklardan da pişirme kazanına silika girmektedir. Ağartılmış bambu hamuru üreten bir fabrikada sistemdeki silikanın % 90' dan fazlası hammaddeden kaynaklanmaktadır. Kireç taşıdan gelen miktar ise % 6-10 arasındadır [23]. Sisteme giren silikanın % 25' i sistemde kalarak beyaz çözeltiyle sirkülasyonu devam etmektedir [24].

Tablo 4'te bir bambu kağıt hamuru fabrikasında pişirme kazanına giren silis kaynakları gösterilmiştir [23].

Tablo 4. Bambu kağıt hamuru fabrikasında pişirme kazanına giren silis kaynakları [23].

Hammadde	Üretilen hamur kg/ton	Silika %	Silika ton	Siyah çözeltideki toplam silisin %
Bambu	2200	3.0	66	73.0
Sodyum sülfat	150	2.5	4	4.5
Kireç taşı	400	5.0	20	22.5

Pişirme kazanına girmeden bambunun ıslak temizlemeden geçirilmesiyle önemli miktarda silika uzaklaştırılmaktadır. Tablo 5' te ıslak temizlemenin silika uzaklaşmasına etkisi görülmektedir. Tablo 5'ten görüldüğü gibi, pişirme sistemine giren silikanın büyük kısmı yıkama ve ıslak temizleme sistemlerinin olmamasından kaynaklanmaktadır [23].

Tablo 5. Islak temizlemenin silika uzaklaşmasına etkisi [24].

Hammadde	Kül, %	Silika, %	Siyah çöz. katı. SiO ₂ %
Bambu (Yıkanmamış)	4.6	3.6	3.4
Bambu (Yıkanmış)	2.9	1.6	B
Buğday samanı (Yıkanmamış)	6.4	2.7	2.9
Buğday samanı (Yıkanmış)	4.6	1.9	2.1
Kamış (Yıkanmamış)	3.2	1.7	2.4
Kamış (Yıkanmış)	2.8	1.6	B

B: Bulunamadı

Yüksek oranda silis içeren yıllık bitkilerde silika çözünürlüğü pişirme şartlarına bağlıdır. Saman kullanan fabrikalarda bambuya göre düşük alkali (20g/lt) ve düşük sıcaklık (150 °C) kullanıldığından hammaddedeki silikanın % 50' si pişirme şartlarında çözünür. Bambunun pişirilmesinde ise yüksek alkali konsantrasyonu (60-80 g/lt) nedeniyle silikanın % 90' dan fazlası pişirme ortamında çözünmektedir. % 3.6 oranında silika içeren bir bambu fabrikasında, beyaz çözelti konsantrasyonu 120 g/lt ise, her hafta buharlaştırıcıların temizlenmesi gerekirken, alkali konsantrasyonu 80 g/lt ye düşürüldüğünde ise 20 günde bir buharlaştırıcıların temizlenmesi gerekmektedir [23].

Hindistandaki West Coast Paper Mill Fabrikası'nda desilikasyon ünitesi bulunmaktadır. Silisi uzaklaştırılmış siyah çözelti buharlaştırıcılarda, geri kazanma fırınında, buhar tüplerinin yüzeylerinde ve daha bir çok yerde tabaka teşekkülüne neden olmadan işlenebilmektedir. Yeşil çözelti silisten arındırıldığı için beyaz çözelti yüksek

oranda temiz elde edilmekte ve daha az safsızlık içermektedir. Kostikleştirmeden açığa çıkan kireç çamuru da silis içermediğinden kireç fırınında yanmış kirece dönüştürülebilmektedir

Hindistan daki bir çok bambu kağıt hamuru fabrikası daha önce silis yükünü azaltmak için ancak % 40-50 oranında bambu hammaddesi kullanabilmekte, geri kalanını sert ağaç odunlarından kullanmaktaydı. Desilikasyon ünitesinin kurulmasıyla % 100 Bambu kullanılabilmiştir.

Aşağıda Tablo 6'da % 100 Bambu kullanan West Coast Kağıt Fabrikası'na ait siyah çözelti bileşimi verilmiştir.

Tablo 6. West Coast Kağıt Fabrikası siyah çözelti bileşimi [23].

Zayıf siyah çözelti		Siyah çözelti katıları	
Toplam alkali, g/lt	28	Karbon,%	1.63
Toplam katılar,g/lt	18.8	Hidrojen,%	2.78
Aktif alkali, % Na ₂ O,	8.4	Azot,%	0.25
pH	10.4	Sülfür,%	2.01
Sülfür, g/lt	6.0	Fosfor,%	0.09
Sodyum, % Na ₂ O,	49.0	Kül,%	48
Organik madde (toplam katı mad.), %	65	Oksijen,%	15
İnorganik madde, %NaOH	35.0	Isı değeri, kal/g	3340

1.9. Sülfat (Kraft) Yöntemi

1.9.1. Sülfat Yönteminde Kullanılan Standart Terimler

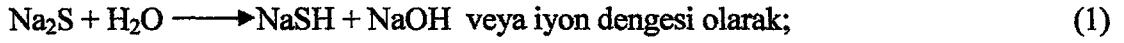
a. Toplam Kimyasal Madde: Pişirme çözeltilindeki toplam kimyasal madde miktarı, çözelti içersindeki bütün sodyum tuzlarını içine alır. Değişik molekül ağırlığına sahip bu tuzların belirli bir değer altında toplanabilmesi için bütün sodyum tuzlarının sodyum oksit (Na₂O) cinsine çevrilmesi standart bir uygulama haline gelmiştir.

b. Toplam Alkali Miktarı: Sülfat pişirme çözeltilindeki NaOH, Na₂CO₃, Na₂S ve Na₂SO₄ miktarları toplamıdır. Bütün bu maddeler Na₂O cinsinden hesaba katılır.

c. Aktif Alkali: Sülfat yönteminde NaOH, Na₂S miktarları toplamı olarak ifade edilir. Hesaplara Na₂O cinsinden ilave edilir.

d. Toplam Titre Edilebilir Alkali: Sülfat pişirme çözeltisinde NaOH, Na₂CO₃ ve Na₂S miktarlarının toplamıdır. Na₂O cinsinden hesaplara dahil edilirler.

e. Tesirli (Efektif) Alkali: Çözeltinin hazırlanmasında kullanılan sodyum hidroksit miktarının tamamı ile sodyum sülfür miktarının yarısının toplamına eşittir (NaOH + ½ Na₂S). Hesaplara yine Na₂O cinsinden yansıtılır. Tesirli alkali olarak sodyum sülfürün yarısının hesaba katılması, bu maddenin su ile birleştiğinde aşağıda gösterilen reaksiyon denkleminde göre sodyum hidrosülfür ve sodyum hidroksite dönüşmesinden kaynaklanır. Hesaplamalarda kullanılan kimyasal madde miktarları Na₂O cinsine dönüştürülerek hesaplamalarda kullanılır.



f. Sülfidite Oranı: Sülfat pişirme çözeltisi için kullanılan bu ifade sodyum sülfür miktarının toplam titre edilebilir alkali miktarına oranının yüzde olarak ifadesidir.

$$\text{Sülfidite} = \frac{\text{Na}_2\text{S}}{\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3} \times 100 \quad (3)$$

g. Aktiflik Yüzdesi : Sülfat yönteminde aktif alkali miktarının toplam titre edilebilir alkaliye oranının yüzde olarak ifade edilmesidir. Hesaplamalarda kimyasal madde miktarları Na₂O cinsine dönüştürülmelidir.

$$\text{Aktiflik Yüzdesi} = \frac{\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}}{\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3} \times 100 \quad (4)$$

h. İndirgenme Yüzdesi: Sülfat yönteminde yeşil çözeltinin analizi sonucunda belirlenen sodyum sülfürün, sodyum sülfür ve sodyum sülfat toplamına oranının yüzde ifadesidir. Hesaplamada bütün kimyasallar Na₂O cinsine dönüştürülerek kullanılır. İndirgenme yüzdesi kimyasal maddelerin geri kazanılmasında randıman hesabında kullanılır.

$$\text{İndirgenmeYüzdesi} = \frac{Na_2S}{Na_2S + Na_2SO_4} \times 100 \quad (5)$$

i. Siyah Çözelti: Pişirme sonunda kazandan boşaltılan siyaha yakın koyu renkli çözeltilidir. Bu çözelti hamur yıkayıcı ile hamurdan ayrıldıktan sonra geri kazanma ünitesindeki buharlaştırıcılara oradan da yakma fırınına verilir.

j. Yeşil Çözelti: Yakma fırınından çıkan külün su içinde çözünmesi ile hazırlanan pişirmeye uygun olmayan çözeltilidir. İçerdiği bazı safsızlıklar nedeniyle yeşilimsi renktedir. Bu çözelti kostikleştirme işlemine gönderilir.

k. Beyaz Çözelti: Yeşil çözeltinin kostikleştirme işlemine tabi tutulması ve elde edilen çözeltinin temizlenmesi ile hazırlanan pişirmede kullanabilecek özellikteki çözeltilidir.

1.9.2. Sülfat Yönteminde Değişkenlerin Pişirme Üzerindeki Etkisi

1.9.2.1. Kullanılan Odun Türü

Sülfat yönteminde tüm yapraklı ve iğne yapraklı ağaç türleri, yıllık bitkiler, kereste fabrikası artıkları, aralama kesimi hasılatı bu yöntemde kullanılabildiği gibi, kullanılan odunların kabuklarının titizlikle soyulmasına gerek yoktur. Ancak en iyi sonuç kabukları iyi soyulmuş, çürüklük ihtiva etmeyen iyi kaliteli iğne yapraklı ağaç türlerinden elde edilmektedir. Düşük vasıflı ucuz odun artıkları da sülfat yöntemiyle değerlendirilebilmektedir [24,25].

1.9.2.2. 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 [24].

Alkali çözeltisi yongaya daha kolay nüfuz eder ve bu etki her yönde aynı hızla olur. Çünkü NaOH, hücre çeperi içine kolaylıkla girebilir, odunun 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 içersine tamamen nüfuzu için gerekli olan süreyi etkiler. Bu durum özellikle pişirmenin ilk safhasında önemlidir [26,27]. Pişirme çözeltisinin yonga içersindeki hareketi uzunluğuna yönde, kalınlığına yönden daha hızlı olduğundan, kalınlığın 1-3 mm arasında, yonga boyunun da 1.25-2 cm arasında tutulması en uygun olmaktadır [24].

1.9.2.3. Pişirme Çözeltisi

Aktif Alkalinin Başlangıçtaki Konsantrasyonu: Aktif alkalinin çoğu pentozanları çözmek ve pişirme sırasında oluşan organik asitleri nötralize etmek için kullanılır. Ancak, çözünen lignini çözeltide tutmak için bir miktar alkali fazlasına gerek vardır. Böylece kağıt hamuru açık renkli olur ve zift sorunu azalır [26].

Bir g odun içindeki lignini çözebilmek için 0.26 g NaOH'e ya da ortalama olarak 0.22 g Na₂O'e gerek vardır. NaOH ile odunun pişirilmesinde bu ilişki doğru orantılı olarak artar veya azalır [24].

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 da artar ve pişirme süresi kısalmır. Aynı zamanda verim azalır, hemiselüloz oranı düşer ve selüloz hidrolitik olarak degradasyona uğrayabilir. Çözelti/yonga oranı yalnızca konsantrasyonu ayarlamaya yarar.

Alkali konsantrasyonunun aşırı yükselmesi karbonhidratların bozulmasını hızlandırır. Sülfat pişirmelerinde Na₂O cinsinden hesaplanan toplam kimyasal madde odun ağırlığına oranla % 15-28 arasında değişmekte, bazı özel pişirmelerde % 30'un üzerine çıkmaktadır [24].

Sülfidite Yüzdesi: Pişirme çözeltisi içersine katılan 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 Na₂S daima birlikte kullanılır.

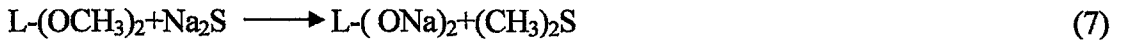
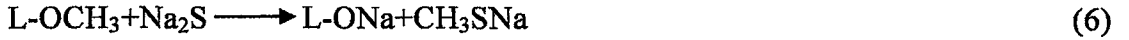
Sülfat pişirmesinde ligninin çözünme mekanizması tam olarak açıklanamamakla birlikte HAGGLUND'a göre delignifikasyon iki aşamada olur [26].

a) OH grupları alkali merkaptanlarla yer değiştirir.

b) Alkali hidroliz yoluyla lignin molekülü parçalanır ve bu parçalanmadan fenolik OH grupları tanıyan fenolik yapılar teşekkül eder.

c) NaSH lignini sülfürleyerek kondenzasyona meyilli grupları bloke eder. Böylece lignin çökmesi önlenir, çözünmesi kolaylaşır.

Sülfat yönteminde merkaptanların oluşması Na_2S 'ün etkisiyle $-\text{OCH}_3$ grupları üzerinde olur.



Na_2S 'un 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 belirgindir. % 20-30 arasında bu etki daha az belirgin olmaktadır. Düzenli olarak iyi kalitede hamur üretilmek istenirse sülfiditenin % 30'a yakın olması istenir. Kullanılan kükürdün büyük bir kısmı, pişirmenin başında tüketilir. Genellikle maksimum sıcaklığa eriştikten sonra kükürt tüketimi olmaz. Kükürdün % 50'si siyah çözeltide kalır. Sülfiditenin belirli bir optimum değerinin altına düşmesi sağlamlık özelliklerini önemli ölçüde etkiler.

1.9.2.4. Pişirme Süresi ve Sıcaklığı

Alkali pişirmelerinde pişirme dönemi genellikle 3 safhada gerçekleşir:

1-Maksimum sıcaklığa erişinceye kadar geçen süre: Buhar ve uçucu gazların etkisiyle basınç yükselir, çözeltinin yongalar içine penetrasyonu sağlanır (Emprenye devresi, çıkış süresi).

2- Maksimum sıcaklıkta bekleme süresi: Delignifikasyon olayı gerçekleştirilir ve yongalar içindeki lignin çözündürülür (Sıcaklığın ve basıncın sabit kaldığı devre).

3- Basınç ve sıcaklığın düştüğü devre: Normal sülfat pişirmelerinde maksimum sıcaklık 160-180 °C, basınç 7-10 kg/cm² arasında değişir. Maksimum sıcaklıkta pişirme süresi üretilen hamurun özelliğine bağlı olarak 1-6 saat arasında değişir [24].

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 sıcaklık selülozu degradasyona uğratar, verim düşer. Odun türü ve istenen pişirme derecelerine göre sülfat yönteminde değişkenler genellikle aşağıdaki sınırlar içinde kalır [26,28].

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1. Çözelti/yonga oranı | : 3/1-4/1 |
| 2. Alkali oranı (oduna oranla) | : % 15-25 |
| 3. Alkali konsantrasyonu | : 50-60 g/l |
| 4. Sülfidite | : % 15-30 (Genellikle % 25-30 tercih edilir) |
| 5. Maksimum sıcaklık | : 160-170 °C |
| 6. Pişirme kazam içindeki basınç | : 8-9 kg/cm ² |
| 7. Maksimum sıcaklıkta pişirme suresi | : 1-6 saat |

1.9.2.5. Sülfat Kağıt Hamurlarının Özellikleri

1. Aynı kappa numarasında bile sülfat hamurlarından daha koyu renklidir.
2. Sülfat hamurunun lifleri daha rijit olup, daha zor hidratlanır ve şişerler, dolayısıyla dövülmeleri bisülfat hamurundan çok daha zordur.
3. Bisülfat hamuru, selüloz zincirlerinde zayıf noktalarda belirli yerlere toplandığı halde sülfat hamurunda tesadüfi olarak dağılmıştır. Bu nedenle sülfat hamuruna ait lifler daha sağlamdır.
4. Pişirmeden sonra sülfat hamuru lignini lif içersinde düzenli dağıldığı halde, bisülfat hamuru liflerinde daha çok liflerin dış kısmında toplanmıştır. Bu nedenle sülfat hamurları daha zor ağartılır.
5. Sülfat hamurundan elde edilen kağıtlar bisülfat hamuruna oranla özellikle yırtılma direnci yönünden çok daha üstündür. Bu yüzden ambalaj kağıdı olarak da kullanılırlar.
6. Sülfat hamurlarının hemiselüloz oranı daha yüksektir. Bisülfat hamurunun hemiselülozları daha çok degradasyona uğramıştır. Bisülfat hamuru daha çok glukomannan daha az pentozan içerir. Sülfat hamurunda üronik asitler bulunmaz [26,28].

2.YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

P. bambusoides ve *P. pubescens* türlerine ait örnekler Rize'nin Pazar ilçesinden alınmıştır. Sahada her iki tür için ayırım yapılmamıştır. İki türden alınan örnekler yaklaşık 3-5cm çapta olup, bütün gövde pişirme denemeleri için kullanılmıştır. Gövde üzerindeki çürük kısımlar uzaklaştırılmış, boğumlar ise uzaklaştırılmamıştır.

2.2. Metot

2.2.1. Kimyasal Analizlere Ait Yöntemler

Kağıt yapımında kullanılacak hammaddenin kimyasal yapısının bilinmesi, elde edilecek kağıt hamuru miktarını ve özelliklerini belirlemek açısından önemlidir. Selüloz oranının düşük veya yüksek olması verim üzerine, lignin oranının düşük veya yüksek olması ise pişirme koşullarının belirlenmesinde etkili olabilir. Diğer taraftan hemiselülozların oranı ve çeşidi kağıt hamurunun sağlamlığını ve dövme niteliklerini çeşitli yönlerden etkiler. Ayrıca kül oranının yüksek olması ve bazı ekstraktif maddeler pişirme ya da geri kazanma sırasında bir takım problemler oluşturabilir [29].

20x20x2 (mm) boyutuna getirilen bambu örnekleri eşit miktarlarda karıştırılarak kimyasal analizler için ince yongalar haline getirildikten sonra TAPPI T 257 cm-02 standardına göre laboratuvar tipi Willey değirmeninde öğütülmüştür. Öğütülen parçacıkların sarsıntılı elek üzerinde elenmesinden sonra 40 mesh'lik elekten geçip 60 mesh'lik elek üzerinde kalan kısım alınarak 103±2 °C'de rutubeti belirlendikten sonra ağzı kapalı kaplara koyulmuş ve analizler için hazır hale getirilmiştir. Rutubeti belirlenen örnekler üzerinde aşağıda sıralanan kimyasal analizler uygulanmıştır.

Kimyasal analizler Tappi standartlarına göre yapılmıştır. Holoselüloz tayininde Wise' ın Klorit yöntemi [30], selüloz tayininde Kurchner-Hoffer' ın nitrik asidi yöntemi [31] ve silis tayininde SCAN C9:62 nolu standart uygulanmıştır [32].

2.2.1.1. Holoselüloz Oranı

Holoselüloz oranının belirlenmesinde Wise ve arkadaşları tarafından geliştirilen klorit yöntemi kullanılmıştır. Holoselüloz oranının kesin olarak belirlenmesi mümkün değildir. Yöntem; kolay uygulanmasının yanı sıra, klorlama ve ClO_2 yöntemine oranla, ligninle birlikte uzaklaştırılan karbonhidrat oranının daha az olması nedeniyle tercih edilmektedir. Bu yöntem uygulandığı takdirde % 2-4 oranında karbonhidrat kaybı olmadan ligninin tümünü uzaklaştırmak mümkün olmamaktadır [33,34,35,36].

Klorit yönteminde holoselüloz miktarı belirlenecek 5 g hava kurusu örnek, 160 cc su, 1,5 g NaClO_2 ve 10 damla (0,5 ml) buzlu asetik asitle birlikte 250 ml'lik bir erlenmayer'e koyularak bir termostat yardımıyla sıcaklığı 78 °C'ye ayarlanan su banyosunda bir saat süreyle muamele edilmiştir. İçine örnek koyulan erlenin ağzı, ters çevrilmiş 50 ml'lik bir erlenmayer ile kapatılmıştır. Reaksiyon süresince erlen zaman zaman çalkalanarak karıştırılmıştır. Bir saatin sonunda karışıma 1,5 g NaClO_2 ve 10 damla buzlu asetik asit ilave edilmiştir. Bu işlem 4 kez tekrar edilmiştir. İşlem sonrasında süspansiyon bir buz banyosunda soğutularak krozeden süzülmüştür. Kalıntı önce asetonla, sonra soğuk destile su ile yıkanmış ve $105\pm 3^\circ\text{C}$ de kurutulmuştur.

Asetik asit ortamın pH' sını 4 dolayında tutmakta ve ClO_2 çıkmasını sağlamaktadır. çıkan ClO_2 lignini oksitleyerek klorolignin halinde çözerek karbonhidratlardan ayırmaktadır [36].

2.2.1.2. Selüloz Oranı

Selüloz, tabiatta bol olması, yüksek gerilme direnci, suya karşı ilgisinin yüksek oluşu ve renginin doğal olarak beyazlığı gibi sebeplerden dolayı kağıt endüstrisinin temel hammaddesi konumundadır [24].

Bambu odunundaki selüloz oranının belirlenmesinde Kurschner ve Hoffner'in "Nitrik asit" yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde; alkol-benzen ekstraksiyonuna uğratılmış, yaklaşık 2 g odun örneği bir balona koyularak üzerine 10 ml 40° Be'lik HNO_3 ile 40 ml % 96'lık etil alkol karışımı ilave edilmiş ve soğutucu altında 1 saat süreyle su banyosunda kaynatılmıştır. Bu süre sonunda balondaki sıvı, kroze yardımıyla süzülmuş ve 10 ml HNO_3 ile 40 ml etil alkolden oluşan 50 ml' lik yeni karışım kroze üzerindeki test örnekleri ile birlikte tekrar balona koyularak bir saat süreyle kaynatılmıştır. Bu işlem 3

defa tekrarlanmıştır. Süzme yapıldıktan sonra krozede kalan test örnekleri sıcak su ile yıkanmış ve 105±3 °C de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutularak tartılmıştır. Sonuç, tam kuru ağırlığa oranla yüzde olarak hesaplanmıştır [37].

2.2.1.3. Lignin Oranı

Hücre çeperinin önemli asli bileşenlerinden birisi olan lignin, bitkinin lifsel olmayan amorf yapıdaki hidrofobik bir bileşiği olduğundan, lifler arası hidrojen bağlarının oluşumunu olumsuz yönde etkilemektedir. Dolayısıyla kimyasal yollarla kağıt hamuru elde edilmesinde istenmeyen ve uzaklaştırılması gereken bir maddedir [33,38].

Bitkisel maddelerdeki lignin oranının tayin edilmesinde en çok "Klason Lignini" yöntemi kullanılır. Belirlenmiş koşullarda konsantre sülfürik asit karbonhidratları hidrolizleyerek çözer ve aside dayanıklı lignin kalıntı olarak elde edilir [38,39]. Lignin oranı, %72'lik sülfürik asidin kullanıldığı TAPPI T 222 om-02 standart yöntemine göre belirlenmiştir. Bu yöntemde; ekstrakte edilmiş yaklaşık 1 g hava kurusu örnek bir behere koyularak üzerine 12-15 °C sıcaklıkta %72'lik H₂SO₄ ilave edilip 2 saat bekletilmiştir. Bu süre sonunda beherdeki materyal 1 litrelik erlene koyularak asit konsantrasyonu % 3 olacak şekilde erlendeki sıvı miktarı 560 ml' ye kadar destile su ile seyreltilmiştir. Karışım, soğutucu altında 4 saat süre ile kaynatılmış ve ağırlığının yüzdesi olarak belirtilmiştir.

2.2.1.4. Kül Oranı

Kül oranının belirlenmesinde, 575±25°C sıcaklıktaki etüvde yakmanın uygulandığı TAPPI T 211 om-93 standart yöntemi kullanılmış olup sonuçlar tam kuru odun ağırlığına oranla % olarak verilmiştir.

2.2.1.5. Alkol-Benzende Çözünürlük

Alkol-benzende çözünen madde miktarları, TAPPI T 204 cm-97 standardına göre, 2/1 oranında benzen alkol karışımı (33 hacim %95'lik C₂H₅OH, 67 hacim C₆H₆) ile odun örneği 4 saat ekstrakte edilerek belirlenmiştir. Örnekten çözünen kısım, tam kuru ağırlığa oranla % olarak hesaplanmıştır.

2.2.1.6. % 1' lik NaOH' te Çözünürlük

Bu yöntem sıcak seyreltik alkaliye karşı odun örneğinin dayanıklılığını belirler. % l'lik NaOH çözünürlüğü uygulamanın nedeni, alınan bir odun örneğinde var olan mantar çürüklüğünü, ısı, ışık, oksidasyon vb. yani degradasyona uğramış selüloz miktarını belirlemektir. Dolayısıyla kağıt hamuru veriminin ne ölçüde düşeceğini anlamak için iyi bir göstergedir [40].

0,1 mg hassaslıkta 2 g'lik üç örnek tartılarak 200 ml'lik erlen içerisine koyularak üzerine % l'lik NaOH çözeltilisinden 100 ml ilave edilmiştir. Erlenin ağzı daha küçük bir erlenle kapatılarak 1 saat süreyle su banyosuna bırakılmıştır. Erlenin su banyosuna yerleştirilmesinden sonra 10., 15. ve 25. dakikalarda üç kez karıştırılmış, bu süre sonunda erlendeki kalıntı, darası alınmış kroze üzerinden süzülmüştür. Daha sonra % 10'luk 50 ml asetik asit ve sıcak su ile yıkandıktan sonra kroze ve içindekiler $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ de kurutulmuş ve bir desikatörde soğutularak tartılmıştır.

Bu işlemler TAPPI T 212 om-98 standardına göre yapılmış olup kuru örnek ağırlığındaki azalmalar hesaplanmış ve soğuk suda çözünen miktar tam kuru örneğe oranla % olarak hesaplanmıştır.

2.2.1.7. Soğuk Su Çözünürlüğü

TAPPI T 207 cm-99 standardına uygun olarak $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de 300 ml destile su içine konulan 2 g hava kurusu örnek 48 saat süre ile zaman zaman karıştırılarak bekletilmiş; bu süre sonunda numune darası alınmış krozeden süzülerek destile su ile yıkanmıştır. Daha sonra örnekler $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ de değişmez ağırlığa gelinceye kadar tartılmıştır. Soğuk suda çözünen miktar tam kuru örneğe oranla yüzde olarak hesaplanmıştır.

2.2.1.8. Sıcak Su Çözünürlüğü

Sıcak su çözünürlüğü TAPPI T 207 cm-99 standardına göre belirlenmiştir. Bu yönteme göre önceden rutubeti belirlenmiş 2 g hava kurusu örnek 200 ml'lik bir erlenmayer'e koyularak üzerine 100 ml destile su ilave edilmiştir. Erlenmayer soğutucu altında 3 saat süreyle kaynayan su banyosunda tutulmuş, bu sürenin sonunda bir krozeden

süzülerek sıcak su ile yıkanmıştır. $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ de kurutulup bir desikatörde soğutularak tartılmıştır. Sonuç tam kuru numune ağırlığına oranla % olarak hesaplanmıştır.

2.2.2. Anatomik Ölçümlere Ait Yöntemler

Anatomik ölçümler, kullanılan hammaddenin hücre oranlarının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bilindiği gibi kağıt hamuru üretiminde hammaddenin içermiş olduğu lifsel hücrelerin oranları önem taşımaktadır. Bu amaçla Bambu odunundan kesit alma ve hücre fotoğraflarının mikroskop altında çekimi, KTÜ Orman Fakültesi, Odun Anatomisi Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

2.2.2.1. Kesit Alma ve Preparat Hazırlama

Bambu gövde kesitinden elde edilen $1 \times 1,5 \times 1$ cm. boyutlu numune kesit alınıncaya kadar eşit ölçüde alkol-gliserin-damıtık su karışımı içerisinde bekletilmiştir. Mantar etkisine karşı kaşıma bir parça asit fenik (phenol) kristali ilave edilmiştir.

Bu şekilde kesit almaya hazır hale getirilen örnekten, "Reichert" kızaklı mikrotomu ile dondurucu aparatı da kullanılarak enine (transversal) yönde kesit alınmıştır. Alınan kesitler devamlı preparat haline getirilmeden önce 15-20 dakika sodyum hipokloritte bekletilerek, damıtık su ile yıkanmıştır. 1-2 dakika süre ile asetik asitte ortam nötralize edilmiş kesitler tekrar damıtık su ile yıkanmıştır. 10-15 dakika Alcian Blue ile boyandıktan sonra 30-45 dakika Safranin O ile boyanmıştır. Boyama işleminden sonra damıtık su ile yıkanan kesitler alkol serilerinden geçirilerek enine, boyuna ışınal ve boyuna teğetsel olmak üzere sırayla gliserin jelatin içerisinde devamlı preparat haline getirilmiştir.

2.2.2.2. Hücre Oranlarının Belirlenmesi

Hazırlanan preparatlardan anatomi laboratuvarın da mikroskop altında değişik büyütme oranlarında fotoğraflar çekilmiştir. Bu fotoğraflar bir tarayıcıda taranarak hücre görüntüleri A4 kâğıdına çıktı alınmıştır. Daha sonra bu görüntüler şeffaf asetat kâğıdı üzerine aktarılarak hücrelerin ayrıntılı olarak sınırları belirlenmiştir. Hücre oranlarını belirlemek

için önce asetat kağıdının darası alınmış sonra lif hücreleri kesilerek asetattan uzaklaştırılmıştır. Tekrar tartım alınarak paranzimatik hücrelerin miktarı hesaplanmış, bu miktarın daraya bölünmesiyle de kesit üzerindeki paranzim hücrelerinin oranı belirlenmiştir. Bu değer 100'den çıkarılarak lifsel hücrelerin oranı hesaplanmıştır.

2.2.3. Lif Morfolojisi Ölçümlerine Ait Yöntemler

Odun değişik kullanım alanları olan bir hammadde olup bu arada en çok kullanıldığı yerlerden birisi de kağıt endüstrisidir. En uygun kullanım biçimini saptayabilmek için bilinmesi gereken özelliklerden biri de lif morfolojisi yönünden sahip olduğu özelliklerdir. Hammaddenin liflerine ait boyutların bilinmesi, elde edilecek olan kağıdın niteliği ve niceliği hakkında yargıya ulaşabilmemiz yönünden önem taşımaktadır [29]. Bu nedenlerle çalışmamızda Bambu'ya ait örnekler üzerinde lif uzunluğu, lif genişliği, lümen genişliği ve lif çeper kalınlığı olmak üzere 4 grupta lif özellikleri saptanmıştır.

Lif morfolojisi için önce Klorit yöntemiyle lifler masere edilerek gliserin-jelatin çözeltisiyle lif morfolojisi için preparatlar hazırlanmıştır. Lif ölçümleri ekranlı mikroskopta, projektina yapılmış, lif uzunluğu ölçümü için x 90, lif genişliği, lümen çapı ve çeper kalınlığı ölçümleri içinde x 560 büyütme oranları kullanılarak 200 farklı lif ölçülmüştür.

2.2.3.1. Lif Boyutlarının Ölçülmesi

Lif boyutlarının ölçülmesinde KTÜ Orman Fakültesi, Odun Anatomisi Laboratuvarında bulunan ekranlı mikroskop kullanılarak, lif uzunluğu için x90, lif genişliği, lümen genişliği ve çeper kalınlığı için x145 büyütmesi kullanılmıştır.

Lif uzunluğu, lif genişliği, lümen genişliği ve çeper kalınlığı ölçümleri yapılarak ortalama değerler hesaplanmıştır. Bu bulgular ışığında; liflere ait keçeleşme oranı, elastiklik katsayısı, katılık katsayısı ve Runkel oranı değerleri hesaplanmıştır.

2.2.3.2. Keçeleşme Oranı

Bu oran lif uzunluğunun lif genişliğine oranı olarak ifade edilmektedir. Kağıdın oluşumunda hammaddenin keeleşmesi temel bir ilkedir. Bu nedenle keçeleşme oranı kağıdın niteliği yönünden önemlidir. Bir çok araştırmacı keçeleşme oranının kağıdın yırtılma direnci üzerine etki ettiğini belirtmektedirler [29,36].

2.2.3.3. Elastiklik Katsayısı

Istas katsayısı da denilen elastiklik katsayısı lümen çapı x 100 / lif genişliği formülüyle ifade edilmekte olup, bu katsayının büyük oluşu kağıdın direnç özelliklerini olumlu yönde etkilemektedir [36]. Bu niteliğe ilişkin değerlere göre lifler kağıt yapımına uygunlukları bakımından 4 gruba ayrılmıştır [41].

- Elastiklik katsayısı 75'den büyük olan lifler,
- Elastiklik katsayısı 50-75 arası olan lifler,
- Elastiklik katsayısı 30-50 arası olan lifler,
- Elastiklik katsayısı 30'dan küçük olan lifler.

2.2.3.4. Bauer Mc Nett Lif Tasnif Edicisi

Alet her biri gittikçe küçülen gözeneklere sahip eleklerle donatılmış bir dizi tanktan oluşur. Her tankta bir karıştırıcı ve elek üzerine paralel bir bölme bulunmaktadır. Karıştırıcı elek yüzeyinde düzenli bir süspansiyon akımı sağlar ve elek yüzeyini temiz tutar. Tasnif edilecek lif hamuruna göre değişik elek takımları bulunur.

- Kaba takım :14-28-48 ve 100 mesh
- Orta takım :20-35- 65 ve 150 mesh
- İnce takım :28-48-100 ve 200 mesh
- Tyler serisi :28-48-65 ve 150 mesh

Çalışmamızda, 16-40-100 ve 200 mesh elek takımı kullanılmıştır.10 gram kuru lif alınarak seyreltik süspansiyon halinde birinci tanktan suya katılır. Dakikada 10 litre su akacak şekilde 20 dakika süre ile sınıflandırmaya tabi tutulur. Daha sonra su akımı kesilerek her

tank içinde kalan lif alttan ince bir bezden süzülerek geri kazanılır. Lifler 105 0C de kurutularak tartılır ve her fraksiyonun % miktarı başlangıç ağırlığa göre hesaplanır (SCAN M6-69, TAPPIT223 os 75). Bir ölçme lif dağılımı hakkında yeterli bilgi verirse de 3 ölçme yapılarak ortalaması alınır. Debi önemli olmayıp kullanılan toplam su miktarı önemli olup 200 litreden aşağı olmamalıdır. Varyasyon katsayısı mekanik hamurda %1, kimyasal hamurda %4-5 olmaktadır.

Değişik aletlerin sonuçları mekanik hamurlarda uyumlu olmaktadır. Elek serisi olarak değişik hamurlar için aşağıdaki takımlar önerilmektedir.

- Mekanik hamur : 28-48-100-200 mesh
- Yapraklı ağaç hamuru : 28-48-100-200 mesh
- İbrelili hamuru : 14-20-48-200 mesh

2.2.4. Kraft Yöntemi ile Kağıt Hamuru Üretiminde Uygulanan Deney Planı

Bambu odunundan kraft yöntemi ile kağıt hamuru üretiminde optimum pişirme şartlarının belirlenmesi amacı ile yapılan bu çalışmada parametre değerleri aşağıdaki gibi alınmıştır.

Aktif alkali (%)	: 12-14-16-18
Sülfidite (%)	: 25
Süre (dak.)	: 60,90,120,150
Çöz./Yonga	: 5/1
Sıcaklık (°C)	: 165

Optimum pişirme koşullarını belirlemek amacı ile sülfiditeyi 25, sıcaklığı 165 °C, çözelti/yonga oranını ise 5/1, aktif alkali oranını %12, %14, %16, %18 olarak belirlenmiş, maksimum sıcaklıktaki pişirme süreleri ise 60 dk, 90 dk, 120 dk, ve 150dk alınarak 16 adet pişirme yapılmıştır. Maksimum pişirme sıcaklığına çıkış süresi ise beyaz çözelti hazırlamada kullanılan suyun sıcaklığına bağlı olarak 85 ile 90 dakika arasında tespit edilmiştir. Daha sonra bu on altı pişirme arasından optimumu seçilmiştir. Bu çalışma boyunca uygulanmış olan pişirme koşulları Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Kraft yöntemi ile Bambudan kağıt hamuru elde edilmesinde uygulanan pişirme koşulları

P. No	A. Alkali % (Na ₂ O)	Süre (dak)	Sıcaklık (°C)	Sülfidite (%)	Çöz/Yonga
1	12	60	165	25	5/1
2		90	165	25	5/1
3		120	165	25	5/1
4		150	165	25	5/1
5	14	60	165	25	5/1
6		90	165	25	5/1
7		120	165	25	5/1
8		150	165	25	5/1
9	16	60	165	25	5/1
10		90	165	25	5/1
11		120	165	25	5/1
12		150	165	25	5/1
13	18	60	165	25	5/1
14		90	165	25	5/1
15		120	165	25	5/1
16		150	165	25	5/1

2.2.5. Kağıt Hamurunun Üretilmesinde Uygulanan Yöntemler

Pişirme için uygulanan deney planı, pişirme sonucunda elde edilen verilerle beraber ilerde verilmiştir. Kullanılan örnekler 20x15x 3 (mm) boyutlarında elle yongalanmış, her bir pişirmede 1000 gram tam kuru bambu yongası kullanılmıştır.

Pişirmeler 15 litre kapasiteli, 25 kg/cm² basınca dayanıklı, elektrikle ısıtılan, otomatik sıcaklık kontrollü, dakikada dört devir yapan laboratuvar tipi döner kazanda gerçekleştirilmiştir.

Pişirme sonrası siyah çözeltideki alkali tüketimi belirlenmiş, pişen materyal 150 meshlik elek üzerinde bol su ile siyah çözelti uzaklaşmaya kadar yıkanmıştır. Yıkamayı takiben hamur, laboratuvar tipi hamur disintegratöründe 10 dakika süreyle açıldıktan sonra genişliğine açıklığı 0.15 mm olan vakumlu elekte elenerek pişmeyen kısımlarından ayrılmıştır. Elenen kısım, % 20-25 kuru lif maddesi elde edecek şekilde suyu uzaklaştırıldıktan sonra hamur topakları elle homojenize edilmiş ve plastik torbalara konularak hamur analizleri için buzdolabında saklanmıştır.

Elenmiş hamur verimleri ve elek artığı oranları tam kuru hammadde üzerinden, Kappa numaraları ise Tappi T 236 standardına göre belirlenmiştir.

2.2.6. Hamur Viskozitesinin Tayini

Selüloz molekülünü meydana getiren glikoz ünitelerinin sayısına polimerizasyon derecesi denir ve DP ile kısaltılır. DP, selülozun molekül ağırlığının bir anhidroglukoz ünitesinin ağırlığına (162) bölünmesiyle belirlenir. DP, seyreltik selüloz çözeltisinin viskozitesinin ölçülmesiyle de hesaplanabilir. Dolayısıyla viskozite değeri pişirme ve ağartma sonucu DP azalmasının bir göstergesidir. Ayrıca liflerin çekme dayanımı ve özellikle gerilme yeteneği büyük ölçüde bu liflerin DP' sine bağlıdır [42,43].

Viskozite tayinin den önce, hamurda kalan lignin'in ölçüm üzerine olumsuz etkisini önlemek için, her bir pişirmenin hamuru klorit delignifikasyonuna uğratılmıştır [44]. Daha sonra SCAN C 15:62 standartlarına göre hamur 0.5 M bakiretilendiamin (CED) çözeltisinde çözüldükten sonra pipet tipi viskozimetre kullanılarak hesaplanan bağlı viskozite değeri, Martin' in tablosu yardımıyla cm^3/g olarak gerçek viskozite değerine dönüştürülmüştür. Viskozite tayini her hamur örneği için altı kez tekrarlanarak ortalaması alınır. Hesaplanan viskozite değeri ile hamurun DP' si arasında aşağıdaki gibi bir ilişki bulunmaktadır.

$$DP^{0.905} = 0.75 \times \eta \quad (8)$$

Burada η hamur viskozitesidir.

2.2.7. Permanganat Sayısı (Kappa Sayısı)

Amerikan standartlarında permanganat sayısı, Avrupa standartlarında kappa sayısı olarak belirtilen bu test, verim derecesi %70' in altında olan her tür kimyasal ve yarı kimyasal hamurların ağartılabilme durumlarının saptanması için en çok kullanılan bir testtir.

Zaman, sıcaklık ve asidite gibi bazı özel şartlar altında, 1 gram tam kuru kağıt hamuru tarafından tüketilen 0.1 N potasyum permanganatın ml olarak miktarına o hamurun " kappa sayısı " denilmektedir. Kappa sayısının hesaplanabilmesi için önceden hazırlanması gereken özel bir alete gerek yoktur.

İşlem için gerekli kimyasal maddeler:

- a). Potasyum permanganat çözeltisi. $0.1 \text{ N} \pm 0.0005$ (3.25 gram potasyum permanganat 1 litre suda çözünür ve normalitesi hesaplanır.)
- b). Sodyum tiyosülfat çözeltisi. $0.2 \text{ N} \pm 0.0005$
- c). Potasyum iyodür çözeltisi. 0.2 N (1 litre suda 166 gram KI)
- d). Sülfürik asit çözeltisi. 4 N
- e). Nişasta indikatörü

2.2.7.1. Hamur Örneğinin Hazırlanması

Kappa numarası belirlenecek örnek, hava kurusu kağıt safihaları halinde ise, bunlardan 3-4 gramı alınarak küçük parçalara ayrılır. Örnek elenmiş sulu hamur süspansiyonu halinde ise, bühner hunisinden süzülür ve havada kurutularak 3-4 gramlık kısmı alınıp küçük parçalar halinde ayrılır.

Elenmiş hamur örneği ise, önce elenip budak ve kıymıklarından iyice ayrıldıktan sonra bühner hunisinden süzülür, havada kurutulur ve 3-4 gramlık kısmı alınıp ufak parçalara bölünür.

2.2.7.2. İşlemin Uygulanması

Hazırlanmış hamur örnekleri en az 20 dakika normal atmosfer koşullarında bekletildikten sonra, kullanılan potasyum permanganatın %30-70' ini tüketecek miktarı (Bu miktar ön denemelerle saptanabilir) duyarlı terazide tartılıp alınır ve 250 ml. destile su içinde lifler birbirlerinden iyice ayrılıncaya kadar desintegre edilir. Diğer taraftan bir miktar hamur üzerinde rutubet tespiti yapılır. Desintegre edilen hamur 1500 ml lik bir reaksiyon beherine aktarılır. Desintegratörün kabında hiç lif kalmaması için, kap 100 ml destile su ile reaksiyon beheri içersine yıkanır. Beher $25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ lik su banyosuna konur. Mekanik veya manyetik karıştırıcı, beherin ortasında 2.5 cm lik bir girdap yapacak şekilde karıştırılır.

Diğer taraftan 250 ml lik beher içine 50 ml potasyum permanganat ve 50 ml önceden hazırlanmış sülfürik asit katılarak, sıcaklığın $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ye gelmesi için su banyosuna konur. Reaksiyon beheri ve kimyasal maddelerin konulduğu beher $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ye geldiğinde, kimyasal

3. BULGULAR

3.1. Kimyasal Analizlere Ait Bulgular

Rize'nin Pazar ilçesinden alınan *P. bambusoides* türüne ait kimyasal analizleri daha önce belirtilen standart yöntemlere uygun olarak yapılmış ve Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. *P. bambusoides*'in kimyasal analizlerine ait bulgular

Kimyasal Bileşenler (%)	<i>P. bambusoides</i> (Ortalama, %)	Bambu (Ortalama, %)
Ana hücre bileşenleri		
Holosülüloz	70.5	-
Selüloz	50.1	57-66
α -selüloz	43.1	26-43
Lignin	24.5	21-31
Kül	1.35	2-5
Silis ve Silikatlar	1.03	0.7
Çözünürlükler		
Sıcak su	6.47	-
%1 NaOH	25.1	-
Alkol Benzen	3.94	-
Kaynak	Tespit	35

Tablodaki değerlere baktığımızda *P. bambusoides*'in hemiselüloz oranı, holoselüloz oranından selülozun oranının çıkarılmasıyla %20.4 olarak belirlenmiştir.

Çalışmamızda, *P. bambusoides*'in hücre çeperinde ortalama %50.1 oranında selüloz, %43.3 oranında α -selüloz, %24.5 oranında lignin, %70.5 oranında holoselüloz, %1.03 oranında silis ve silikatlar ve %1.35 oranında kül tespit edilmiştir. Odunun sıcak su çözünürlüğü %6.47, %1 NaOH çözünürlüğü %25.1, alkol benzen çözünürlüğü ise %3.94 olarak belirlenmiştir.

3.2. Anatomik Ölçümlere Ait Bulgular

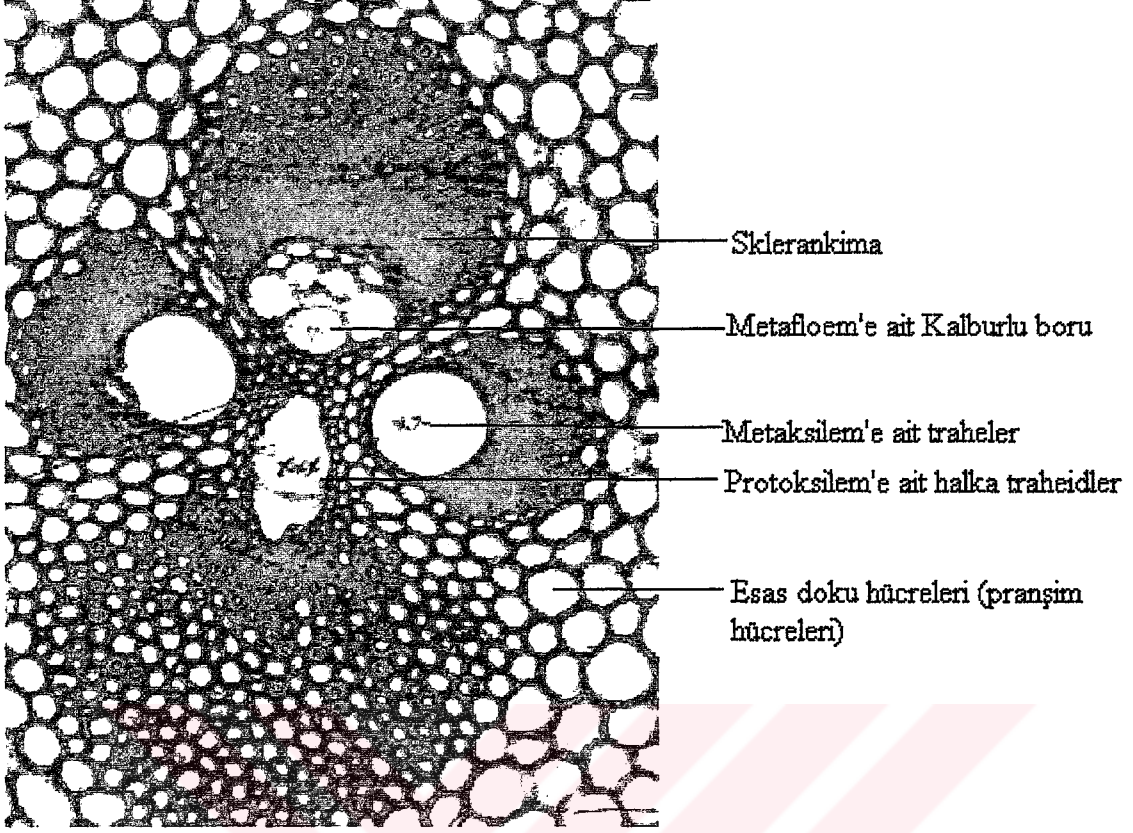
Tablo 10'da Bambu enine kesitlerine ait lif ve diğer hücrelerin oranları % olarak verilmiştir.

Tablo 10. Bambu enine kesitlerine ait lif ve diğer hücrelerin oranları

Preparat No	Lif Oranı (%)	Diğer Hücreler (%)
1	49.36	50.64
7	52.88	47.12
508	25.00	75.00

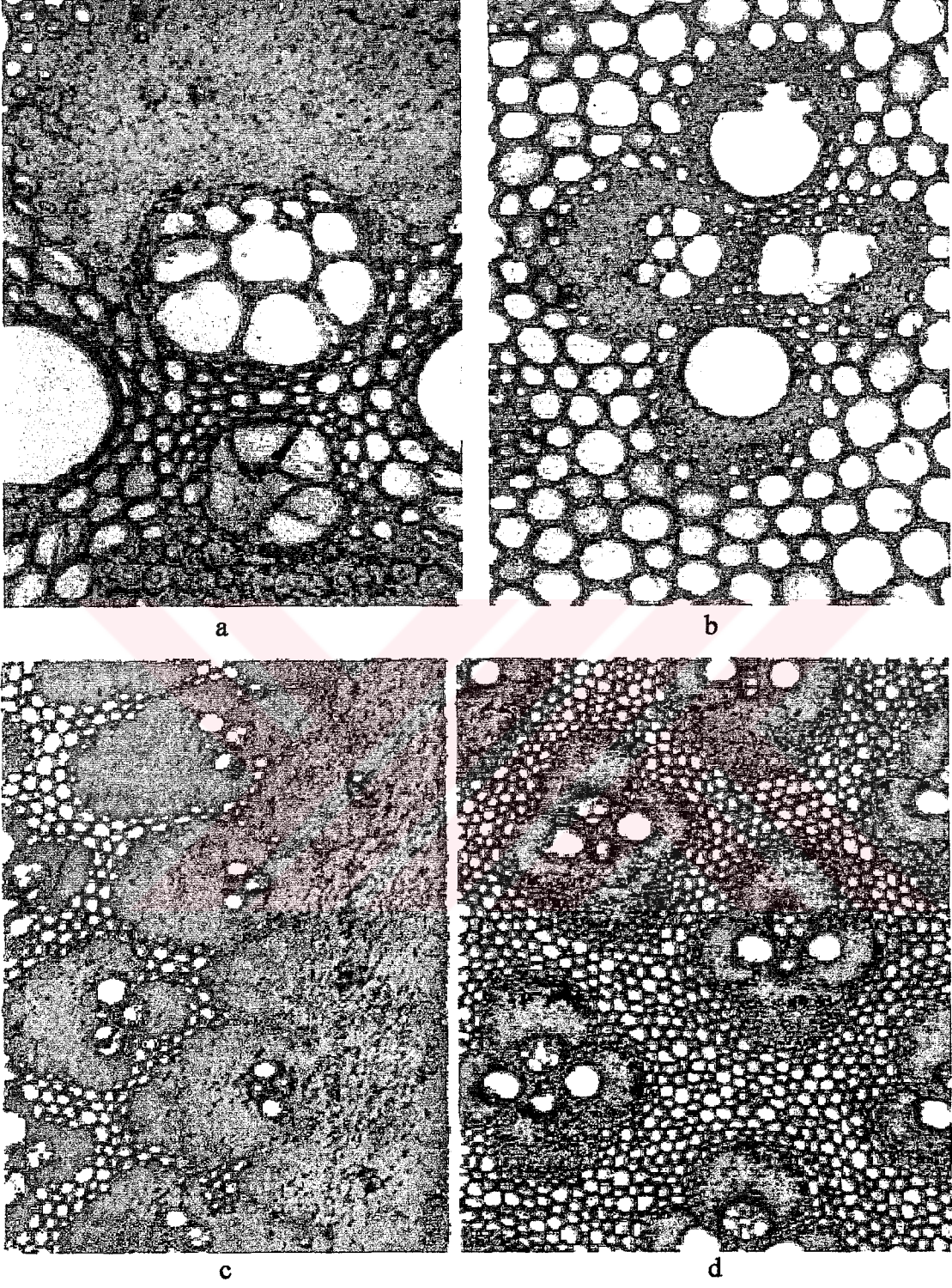
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği bölümünün laboratuvarlarında yapılan çalışmada üç ayrı preparat hazırlanmıştır. Bu preparatlardan fotoğraflar elde edilmiştir. 1 no'lu preparatta ağırlık olarak lif oranı % 49.36, paraşim oranı %50.64; 7 no'lu preparatta lifsel hücre oranı % 52.88, paraşim oranı %47.12; 508 no'lu preparatta ise lifsel hücre oranı % 25, paraşim hücresi oranı % 75 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre 1 ve 7 no'lu örnekte asıl lif miktarı % 50 civarında iken 508 no'lu preparatta ise lif miktarı % 25, paraşim hücresi oranı % 75 olarak bulunmuştur.

Bu değerlerin ışığında baktığımızda paraşim hücre oranları çok yüksek olduğu görülmektedir. Aynı zamanda paraşim hücreleri diğer hücrelere göre boyut bakımından çok daha küçük olduğundan bu hücrelerin büyük bir kısmı yıkama ve eleme esnasında atık suya geçmektedir. Laboratuvar çalışmalarımızdaki pişirmelerden elde edilen düşük verimlerin nedeni de Bambu hamurlarının yüksek oranda paraşim hücresi içermesidir. Şekil 5.'te Bambu (*P. bambusoides*)'in enine kesiti ve hücre elemanları verilmiştir.



Şekil 5. Bambu (*P. bambusoides*)'in enine kesiti ve hücre elemanları

Şekil 6'da Bambu (*P. bambusoides*)'nun değişik büyütme oranlarında enine kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 6. a,b,c,d, Bambu'nun değişik büyütme oranlarında enine kesit görüntüleri

3.3. Lif Morfolojisine Ait Bulgular

P. bambusoides ve *P. pubescens* liflerinin boyutlarına ait belirlenen sonuçlar Tablo 11’ de verilmiştir.

Tablo 11. *P. pubescens* ve *P. bambusoides*’in lif boyutları

Bambu	Lif uzunluğu (mm)	Lif genişliği (μ)	Lümen genişliği (μ)	Çeper kalınlığı(μ)	Kaynak
<i>P. bambusoides</i> (boğum arası)	2.30+0.06	15.10+0.51	6.90+0.30	4.17+0.14	TESPİT
<i>P. pubescens</i> (boğum arası)	2.04+1.44	11.62+0.82	7.41+0.523	2.15+0.152	TESPİT
<i>P. pubescens</i> (boğum)	1.48+0.104	14.34+1.013	8.831+0.624	2.69+0.19	TESPİT

3.4. Fiziksel Analizlere Ait Bulgular

Tablo 12 ‘de Bambu türlerine ait liflerin lif-boyut ilişkisi görülmektedir.

Tablo 12. *P. pubescens* ve *P. bambusoides* liflerinin lif-boyut ilişkisi

Bambu	Keçeleşme oranı %	Elastikiyet oranı %	Katılık katsayısı %	Runkel sınıflaması %	Kaynak
<i>P. bambusoides</i> (boğum arası)	168.1	46.4	27.2	1.47	TESPİT
<i>P. pubescens</i> (boğum arası)	103.6	61.7	18.7	0.60	TESPİT
<i>P. pubescens</i> (boğum)	176.2	63.7	18.5	0.58	TESPİT

Bambu türlerinde, % olarak keçeleşme ve elastikiyet oranı, katılık katsayısı ve runkel sınıflandırması, *P. bambusoides*’te (boğum arasında) sırasıyla 168.1, 46.4, 27.2, ve 1.47, *P. pubescens*’te (boğum arası) 103.6, 61.7, 18.7, ve 0.6, *P. pubescens*’te (boğum) 176.2, 63.7, 18.5, ve 0.58 değerlerine ulaşılmıştır.

Lif uzunlukları hakkında bir değerlendirmede bulunmak için Bauer-McNett aletinde Bambu lifleri tasnif edilmiştir. TAPPI 233 cm-82 standardına uygun olarak Bauer-McNett

aletinde 16, 40, 100, -100, 200, -200 mesh'lik elek takımıyla 10 no'lu bambu kraft hamurlarının lif tasnif sonuçları Tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 13. Bambudan kraft yöntemiyle elde edilen kağıt hamurlarının Bauer- Mcnett aletinde lif tasnifi

HAMUR NO	MESH					
	16	40	100	-100	200	-200
10	9.91	63.72	11.63	14.74	1.63	13.11

Kraft hamurunun 100 mesh'lik elekten geçen miktarı %14.74 iken 200 mesh'lik elekten geçen hamur miktarı ise %13.11 olarak tespit edilmiştir. 100 mesh'lik elek üzerinde kalan hamur miktarı ise % 85,26 bulunmuştur.

3.5. Kraft Yöntemi ile Bambudan Elde Edilen Kağıt Hamurlarının Verim ve Kimyasal Özelliklerine Ait Bulgular

Bambu odun yongalarından kraft yöntemi ile elde edilen kağıt hamurlarının verim ve kimyasal özelliklerine ait değerler Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 14. Bambu odun yongalarından kraft yöntemi ile elde edilen kağıt hamurlarının verim ve kimyasal özellikleri

P.No	Aktif Alkali % (Na ₂ O)	Süflidite %	Pişirme Sıcak. °C	Süre Dak.	Çöz./Sap	Elenmiş Verim %	Elek Artığı %	Toplam Verim %	Kappa No	Viskozite (cm ³ /g)	Beyaz Çöz. pH	Siyah Çöz. pH	Alkali Tük. %
1	12	25	165	60	5/1	35.0	12.3	47.3	51	1319	13.0	11.7	72.6
2	12	25	165	90	5/1	38.6	10.3	48.9	49	1308	13.0	11.2	74.8
3	12	25	165	120	5/1	34.4	9.8	44.2	44.2	1277	13.0	10.5	77.9
4	12	25	165	150	5/1	32.6	5.8	38.4	37.9	1233	13.0	10.5	82.4
5	14	25	165	60	5/1	37.5	7.1	44.6	44.4	1315	13.09	11.7	71.8
6	14	25	165	90	5/1	44.6	4.6	49.2	43.8	1302	13.09	11.4	75.0
7	14	25	165	120	5/1	37.8	3.8	41.6	41	1265	13.09	11.3	78.1
8	14	25	165	150	5/1	35.7	3.6	39.3	36.8	1210	13.09	10.9	80.5
9	16	25	165	60	5/1	38.1	2.9	41	33.2	1295	13.12	11.9	67.7
10	16	25	165	90	5/1	42.6	1.2	43.8	32.4	1257	13.12	11.7	69.3
11	16	25	165	120	5/1	37.4	1.0	38.4	27.1	1226	13.12	11.5	70.1
12	16	25	165	150	5/1	35.5	0.7	336.2	25.4	1204	13.12	11.4	71.7
13	18	25	165	60	5/1	37.8	1.02	38.82	20.8	1232	13.2	12.5	71.5
14	18	25	165	90	5/1	38.6	0.26	38.9	20.10	1164	13.2	12.5	73.2
15	18	25	165	120	5/1	32.7	0.20	32.9	17.51	1153	13.2	12.5	76.0
16	18	25	165	150	5/1	30.6	0.16	30.22	12.60	1135	13.2	12.1	76.7

4. İRDELEME VE DEĞERLENDİRME

4.1. Kimyasal Analizlere Ait Bulguların Değerlendirmesi

Bambunun kimyasal analizleri ile diğer yıllık bitkilerin kimyasal analizlerini karşılaştırabilmek için Tablo 15'te düzenlenmiştir.

Tablo 15. Ülkemizde yetişen bazı yıllık bitkilerin kimyasal analiz sonuçları (ktl düzeltilmesi yapılmıştır)

Yıllık Bitki	Holo- selüloz	Seli- loz	Alfa Selüloz	Lignin	Kül	Silis ve Silikat	ÇÖZÜNÜRLÜKLER			Kaynak -lar
							Sıcak %1 NaOH su	Alkol- Benzen		
Tütün sapı	67.6	46.5	37.5	17.5	7.3	0.0	19.1	42.9	6.5	45
Ayçiçeği sapı	74.9	47.6	37.5	18.2	8.2	-	16.5	29.8	7.0	46
Pamuk sapı	77.6	51.0	-	21.4	4.2	-	-	21.9	3.0	49
Pamuk sapı	76.6	46.5	38.9	19.5	2.3	0.1	11.1	21.6	6.5	52
Mısır sapı	64.8	45.6	35.6	17.4	7.5	3.5	14.8	47.1	9.5	47
Buğday samanı	73.9	48.0	38.9	15.7	4.4	2.6	10.5	40.1	5.3	48
Buğday samanı	74.9	48.9	37.4	15.5	5.9	4.5	13.3	41.9	4.9	49
Çavdar samanı	74.1	51.5	44.4	15.4	3.2	1.5	13.0	39.2	9.2	50
Göl kamışı	77.9	50.3	47.5	18.7	3.9	3.4	3.8	28.3	4.0	30
Kenaf	-	47-57	31-39	15-19	2-5	-	-	-	-	49
Kenevir	86.9	71.4	63.2	6.6	-	-	9.1	29.6	4.2	52
<i>P. bambusoides</i> (Boğum arası)	70.51	50.1	43.1	24.5	1.35	1.03	6.47	25.1	3.94	TESPİT
Bambular	-	57-66	26-43	21-31	2-5	0.7	-	-	-	49

P. bambusoides'e ait holoselüloz oranı % 70.51' dir. Bu değer Tablodaki Wang' ın değerlerine (% 71.04) yakındır. α -selüloz miktarı % 43.1 ile literatürdeki değer (% 43.10) aynıdır.

Madake (*P. bambusoides*) ve Moso (*P. pubescens*) bambularının kimyasal analizleri daha önce çalışılmıştır. Buna göre; sırasıyla sıcak su çözünürlüğü, % 10.73, % 8.85; alkol-benzen çözünürlüğü, % 6.36, % 5.48; % 1'lik NaOH çözünürlüğü, 29.43, % 27.04; holoselüloz miktarı, % 71.04, % 71.39; α -selüloz miktarı, % 43.10, % 42.24; pentozan

miktarı, % 23.79, % 25.48; lignin oranı, % 20.84, % 23.42 ve kül oranı da % 1.52, % 1.47 olarak bildirilmiştir [16].

Tropikal bambuların α -selüloz miktarı % 49.2, lignin oranı % 14.5, pentozan oranı % 22.3, % 1 lik NaOH çözünürlüğü % 33.4, sıcak su çözünürlüğü % 15.0 ve kül oranı % 1.8 civarındadır [13]. Tropikal bambulardan *G. nigrosiliata* % 52.1, *G. apus* % 52.1, *B. polymorpha* % 53.6, *P. reticulata* % 42.2 oranında α -selüloz içermektedir [12].

Japonya Okayama üniversitesinde, *P. pubescens* türünün, yaşlı (üç yaş ve üzeri), genç (iki yaş) ve taze (bir yıl ve daha az) bambu gövdelerindeki ve bu yaş sınıflarında bulunan gövdelerin farklı çap sınıflarındaki selüloz miktarı değişimi araştırılmıştır. *P. pubescens* bir yıl ve daha kısa sürede maksimum boya ulaşmakta ve daha sonra çap artımı başlamaktadır. Ayrıca, yaşları aynı olan bir bambu alanında, farklı çaplarda bambular bulunmaktadır. Çalışmanın sonuçlarına göre; yaşlı gövdelerde çap kalınlığı arttıkça selüloz miktarı azalmakta, oysa 2 yaşlı ve 1 yaşlı gövdelerde çap kalınlığı arttıkça selüloz oranı arttığı rapor edilmiştir. Ayrıca, kışın kesilen bireylerde 3 yaş ve daha yaşlı gövdelerde selüloz miktarı çap ve gövde üzerindeki yerine bağlı olarak % 34-56 arasında, genç (2 yaşlı) bireylerde ise bu oran % 25-61 arasında değiştiği bulunmuştur [17].

Bambu hemiselülozu %90 oranında ksilan tipinde olup, ana zincir birbirine 1-4- β glikozidik bağlarla eklenmiş β -D-ksilopiranoz birimlerinden meydana gelmiştir. Ana zincire 1-2- α glikozidik bağlarla eklenmiş 4-O-metil-glukuronik asit grupları bulunmaktadır. Ayrıca, ana zincire α -L-arabinofuranoz birimleri bağlanmıştır. Bunların molar konsantrasyonları, sırasıyla 1.0:1.3:25 dir [15]. Bununla beraber, bambu ksilanı % 6.5 oranında sert ağaç odunlarında bulunan O-asetil grupları içermektedir. Bambu ksilanı sert ağaç odunu ksilanına benzemekte, fakat arabinoz yan zincirini taşıdığından daha çok yumuşak ağaç ksilanı özelliğinde bulunmaktadır. Yukarıdaki özelliklere göre, bambu ksilanı yumuşak ve sert ağaç odunu ksilanları arasında bir özelliğe sahiptir [15].

Çalışmamızda bulunan lignin oranı % 24.5, literatürdeki Moso (*P. pubescens*) lignin değerine (%23.42) yakındır. Bambu lignini tipik bir otsu bitki lignini olup, serbest ve C-5' de kondanse formda guayasil, siringil ve p-hidroksifenil ünitelerinden meydana gelmiştir. Bu ana ünitelerin bulunma oranı siringil>guayasil>p-hidroksifenildir. Nitrobenzen oksidasyonunda büyük miktarda vanilin, siringil aldehit ve p-hidroksibenzaldehit elde edilmektedir. P-hidroksibenzaldehit büyük oranda (% 5-10) lignin polimeriyle esterleşmiş p-kumarik asit içermektedir ve aldehit miktarı ligninin alkali

hidroliziyle 1/3 oranında uzaklaşmaktadır [14]. *D. strictus* lignini % 12-20 oranlarında metoksil içermektedir. Boğum arasındaki ligninleşme, gövdenin gelişimi sırasında; gövdenin üst kısmından başlayarak alt kısımlarına doğru ve iç kısımlardan dış kısımlara doğru artarak ilerlemektedir. Gövdenin tamamen ligninleşmesi bir büyüme mevsimi sonunda tamamlanır.

Kül oranı % 1.35, silis oranı % 1.03 bulunmuştur. Silis oranı literatürde verilen diğer bambu türlerine ait silis oranları ile pamuk ve tütün haricindeki Tablo 15' teki yıllık bitkilere ait silis oranlarından çok düşüktür. Bu yönüyle geri kazanma ünitesindeki hammaddeden kaynaklanan silis yükü büyük ölçüde azalacaktır. Bambularda kül miktarı (%1-5) gövdenin iç kısımda dış kısımdan daha fazladır. Silika oranı % 0.5 - % 4 arasında değişmektedir ve bu oran gövdenin alt kısmından üst kısmına doğru yükseldikçe de artmaktadır. En fazla silika gövdenin dış tabakasındaki epidermis hücrelerinde toplanmıştır. Boğumlarda az oranlarda silika bulunurken, boğum arasında hemen hemen hiç silika bulunmamaktadır [12]. Silika içeriği, bambunun kağıt hamuru üretimi özelliklerini etkilemektedir [41].

Bambunun geniş oranda, kağıt hamuru üretiminde kullanıldığı Hindistan' da, özellikle geri kazanma bölümünde bambu gövdesindeki silis bileşenlerinden kaynaklanan ciddi problemlerle karşılaşmaktadır.

Silis bileşenleri, hammaddenin pişirme kazanına girmeden önce bazı silis giderici kimyasallarla bir ön işlem olarak uygulanmasıyla etkili olarak uzaklaştırılmıştır. Böylece silisin zararlı etkisi hammadde hazırlamadan, pişirme kazanına ve diğer kademelerde büyük ölçüde giderilmiştir [53].

4.2. Lif Boyutlarıyla İlgili Sonuçların Değerlendirilmesi

P. bambusoides ve *P. pubescens* türlerine ait lif ölçüm değerlerini diğer yıllık bitkilere ait lif boyutlarıyla karşılaştırabilmek için Tablo 16'da düzenlenmiştir.

P. bambusoides'in lif uzunluğu, lif genişliği ve çeper kalınlığı değerleri *P. pubescens*' in değerlerinden daha yüksek, buna karşın lümen genişliği değeri *P. pubescens*' den daha küçük bulunmuştur. Her iki türün lif uzunluğu ve lif genişliği değerleri, literatürde verilen *P. bambusoides*'e ait lif uzunluğu ve lif genişliği değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Lif uzunluğu yapraklı ağaçların lif uzunluğu civarındadır.

Tablo 16. Bazı Yıllık Bitki Liflerinin Boyutları

Yıllık Bitki Adı	Lif Uzunluğu (mm)	Lif Genişliği (μ)	Lümen Genişliği (μ)	Çeper Kalınlığı (μ)	KAYNAK
Tütün Sapı	1.07	26.8	16.3	5.3	45
Ayçiçeği Sapı	1.28	22.1	15.6	3.3	46
Pamuk Sapı	1.32	29.3	22.1	3.6	47
Mısır Sapı	1.32	24.3	10.7	6.8	47
Buğday Samanı	1.17	15.5	5.8	4.9	48
Buğday Samanı	0.74	13.2	4.0	9.2	49
Çavdar Samanı	1.15	14.7	4.2	5.3	50
Göl Kamışı Sapı	1.39	13.5	7.0	3.2	30
<i>P. bambusoides</i> (Boğum arası)	2.30 \pm 0.06	15.10 \pm 0.51	6.90 \pm 0.30	4.17 \pm 0.214	TESPİT
<i>P. pubescens</i> (Boğum arası)	2.04 \pm 1.44	11.62 \pm 0.82	7.41 \pm 0.523	2.15 \pm 0.152	TESPİT
<i>P. pubescens</i> (Boğum)	1.48 \pm 0.104	14.34 \pm 1.013	8.831 \pm 0.624	2.693 \pm 0.19	TESPİT
<i>P. bambusoides</i> (Üst)	0.92	8.9	-	-	18
<i>P. bambusoides</i> (Orta)	1.64	9.5	-	-	18
<i>P. bambusoides</i> (Dip)	1.46	11.7	-	-	18
<i>P. bambusoides</i> (Boğum)	0.64	21.0	-	-	18
Kenaf (Gövde)	2.6	20	-	-	51
Bagas (Özsüz)	1.0-1.5	20	-	-	51
İğne Yap.Ağaç.	2.7-4.6	32-43	-	-	51
Yapraklı Ağaç.	0.7-1.6	20-40	-	-	51

Lif genişliği, lümen genişliği ve çeper kalınlığı değerlerinde Tablo 16'daki yıllık bitkiler iki gruba ayrılabilir. Birinci grupta, buğday, çavdar, göl kamışı, bambu, ve diğer saman türü bitkilerin lif genişlikleri 13-16 μ , lümen genişlikleri ise, 4-8 μ arasında değişmektedir. İkinci grupta yer alan tütün, ayçiçeği, pamuk ve mısır, kenaf gibi bitkilerin lif genişliği, 20-26 μ ve lümen genişliği ise 10-16 μ civarındadır. Çeper kalınlığı yönüyle her iki grupta yer alan bitkiler arasında belirgin bir fark görülmemiştir

Boğum arası ve boğuma ait lif – boyut ilişkileriyle ilgili keçeleşme oranı, elastiklik katsayısı, katılık katsayısı ve Runkel sınıflamasına ait değerler de Tablo 12' de verilmiştir.

P. pubescens diğer ekin saplarından daha yüksek keçeleşme oranına sahiptir. Bu özelliği ile direnci yüksek kağıtlar elde edilebilir. Elastikiyet katsayısı, ayçiçeğine ait elastikiyet katsayısı haricinde % 70, [46] diğer ekin saplarından (tütün, pamuk, mısır, buğday, çavdar, göl kamışı) daha yüksektir. Katılık katsayısı, ayçiçeği, % 14.9, hariç diğer ekin saplarından daha düşüktür. Runkel oranına göre, ayçiçeği, 0.42 ve pamuk, 0.50-0.80 [52] dışındaki diğer ekin liflerinin Runkel oranından daha düşük değere sahiptir. Bu özelliği ile ince çeperli ve narin lif yapısında olduğu anlaşılmaktadır. *P. bambusoides* türü, *P. pubescens*'e göre keçeleşme oranı, katılık katsayısı ve Runkel sınıflaması değerlerinde daha yüksek, bununla birlikte elastikiyet oranı değerinde daha düşük bulunmuştur.

4.3. Fiziksel Analizlere Ait Bulguların Değerlendirilmesi

Lif uzunlukları hakkında bir değerlendirmede bulunmak için Bauer-McNett aletinde lifler tasnif edilmiştir. TAPPI 233 cm-82 standardına uygun olarak Bauer-McNett aletinde 16,30,50,100,-100,200,-200 mesh'lik elek takımıyla 9, 18, 35, 36, 38, 42 (OR) no'lu O₂-NaOH metoduyla elde edilen kağıt hamurlarının ve Seka-Afyon'da kraft metoduyla elde edilen saman hamurları ile Bambu sülfat hamurlarının lif tasnif sonuçları Tablo 17' de verilmiştir.

10 no'lu Bambu sülfat hamurunun 100 mesh'lik elekten geçen miktarı %14.74 iken, buğday samanından 9 no'lu desilikasyonlu pişirmede 100 mesh'lik elekten geçen lif miktarı %37.91 dir . Bambu sülfat hamurlarında 100 mesh'lik elek üzerinde kalan miktar % 85.26 dir. 9 no'lu desilikasyonlu pişirmede 100 mesh'lik elek üzerinde kalan miktar % 62.09 dur. Buradan da anlaşılacağı üzere bambu sülfat hamurlarında verim daha yüksektir.

Kağıt üretim özellikleri, pişirme yöntemleri, pişirme şartları ve hammaddeye göre büyük ölçüde değişmektedir. Hammaddeki lifsel elementlerin lif dışı elementlere oranı ve bu lifsel elementlerin morfolojik özellikleri kağıt üretiminde etkili faktörlerdir. Bu özellikler bitki türüne dayanmaktadır. Bambu hamuru odun hamurlarından daha fazla lif dışı elementler (hücreler) içerir. Bambu hamurundaki lif dışı hücrelerin hücre duvarları kalındır.

Tablo 17. Desilikasyonu buğday saplarından O₂-NaOH metoduyla elde edilen kağıt hamurlarının ve Bambu sülfat hamurlarının Bauer-Mcnett aletinde lif tasnifi değerleri [49]

HAMUR NO	SR ⁰	MESH						
		16	30	50	100	-100	200	-200
9	29	4.12	9.99	27.05	20.93	37.91	-----	-----
18	29	-----	14.23	25.85	16.46	-----	3.29	41.17
35	26	2.69	11.20	28.98	18.84	38.99	-----	-----
36	27	0.99	3.81	28.36	9.56	57.28	-----	-----
38	27	1.30	9.22	26.30	18.16	45.02	-----	-----
42(OR)	29	3.13	10.98	26.98	15.60	43.31	-----	-----
Saman-Kraft (Seka-Afyon)	--	1.56	17.17	24.91	35.94	20.42	-----	-----
Bambu (10)	--	9.91	63.72	-----	11.63	14.74	1.63	13.11

Wai ve Murakami (1983) tarafından yapılan bir çalışmada hammadde olarak *Bambusa polymerpha*'nın kraft pişirmesi yapılmıştır. Pişirme şartları olarak % 18 aktif alkali, %21 sülfidite çözelti/yonga oranı 4/1, maksimum sıcaklık 160 °C, pişirme süresi 3 saat olarak alınmıştır. Elenmiş hamur sodyum klorit ve asetik asit ile delignifiye edilmiştir [54]. Delignifikasyona uğratılmış hamur JİS tipi lif tasnif cihazından 100 ve 300 mesh'lik eleklerle elenmiştir. 100 mesh'lik elekte kalan kısım %74.58 geçen kısım ise %25.42 çıkmıştır. 100 mesh'lik elek üzerinde ki kısma ince materyalden arındırılmış hamur denilmektedir. Bu ince materyal büyük ölçüde paransim hücrelerinden kaynaklanmaktadır.

Dövmedeki artışla serbestlik derecesinde bir azalma ve su tutma kapasitesinde önemli bir artış ince materyali olmayan bambu hamurunda görülmüştür. Bu olay bambu hamurlarının liflerinin odun liflerine göre daha iyi fibrillendiğini göstermektedir. İnce materyal hücrelerini boyutları odundaki ince materyal hücrelerine göre daha genişir.

100 mesh'lik hamurun miktarı % 85.26 olması sevindirici bir durumdur. İnce materyal ise % 14.74 gibi düşük bir değerdir.

Buğday saplarının soda oksijen pişirmesinde desilikasyonsuz hamurun 100 mesh'lik miktarı % 56.69, desilikasyonlu da 100 meshlik elekte kalan miktar ise % 62.09 'dur. Aşağı geçen miktar ise % 37.91'dir. Orijinal pişirmede ise 100 mesh'ten aşağı geçen % 43.31'dir. Bunun nedeni desilikasyonlu pişirmede epidermis, paransim, ve başka lifsel

olmayan hücre gruplarının desilikasyonla buğday saplarından uzaklaştırılmıştır. Bunun sonucu desilikasyonlu pişirmede 100 mesh'lik elekte kalan kısım desilikasyonsuz pişirmeye göre daha fazladır [49].

Bambu hamurunda 200 mesh üzerinde kalan kısım % 86.89 'dur. İnce materyal ise % 13.11 'dir. Bu sonuçlara göre bambu hamuru buğday hamuruna göre daha fazla lif içermektedir.

4.4. Bambu Odunundan Sülfat (Kraft)Yöntemi ile Elde Edilmiş Kağıt Hamurlarına Ait Bulguların Değerlendirilmesi

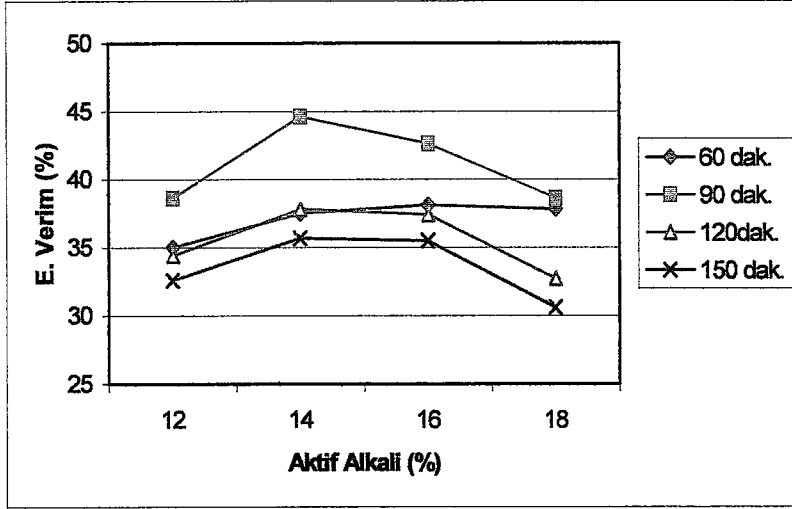
4.4.1. Bambu Odunundan Sülfat (Kraft) Yöntemi ile Elde Edilmiş Hamurlara Ait Bazı Özellikler Üzerine Pişirme Koşullarının Etkisi

Bambunun sülfat (kraft) yöntemiyle pişirilmesinde, deney planı ile elde edilen kağıt hamurlarının verim ve kimyasal özellikleri Tablo 14' te gösterilmiştir. Pişirme üzerinde etkili olan değişkenlerden aktif alkali oranı ve pişirme sıcaklığının değiştirilerek yapılan 16 adet pişirme denemesi sonucunda değiştirilen parametrelerin hamur özellikleri üzerine etkileri ayrı ayrı incelenmiştir.

4.4.1.1. Aktif alkali Oranının Verim Üzerine Etkisi

Pişirme üzerinde önemli etkisi olan parametrelerden aktif alkali oranının hamur verimi ve hamurun kappa numarası üzerindeki etkisini incelemek için, pişirme süresi 60dak, 90 dak., 120dak. ve 150 dakika; aktif alkali oranı ise % 12, % 14, % 16 ve % 18 ve diğer değişkenler sabit alındığında elde edilen elenmiş verim değerleri, 60 dak. 90 dak. ve 120 dak. pişirme süreleri için Şekil 7' de gösterilmiştir.

Şekil 7'den görüldüğü gibi, elenmiş verimin en yüksek olduğu aktif alkali oranı % 14 olup, pişirme süresinin her üç değişkeninde de bu sonuç değişmemiştir. Dört farklı aktif alkali oranında da elenmiş verimlerin ve toplam verimlerin en yüksek olduğu pişirme süresi 90 dakika olarak bulunmuştur (2,6,10 ve 14 nolu pişirmeler).



Şekil 7. Aktif alkali oranının elenmiş verim üzerine etkisi

Aktif alkali oranını %12, %14, %16 ve %18 olarak dört kademe arttırdığımızda 90 dakikalık pişirme süresinde elenmiş verimler maksimum seviyesine çıkmış, 120 dakika ve 150 dakikada ani sayılabilecek bir azalma göstermişlerdir.

İkinci derecede elenmiş verimlerin ve toplam verimlerin en yüksek bulunduğu pişirme süresi ise 60 dakikadır. Fakat, elek artığı oranları 60 dakikalık pişirme süresinde diğer pişirme sürelerine göre belirgin olarak daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca, % 16 aktif alkalide 90 dakikalık pişirmenin yapıldığı 10 nolu pişirmede elde edilen hamurun elenmiş verimi, % 42.6, elek artığı, % 1.2, toplam verimi % 43.8 ve kapa numarası da 32.4 olarak bulunmuştur. Elenmiş verimde % 2 oranında bir fark olmasına rağmen, 10 nolu pişirmenin kapa numarası 32.4 iken, 6 nolu pişirmenin kapa numarası ise 43.8' dir. Ağartılabilir bir hamur üretilmek istendiğinde, 10 nolu hamur, 6 nolu hamura göre çok daha uygun olmaktadır.

Muli bambu (*Melocanna baccifera*) nun kraft pişirmesi çalışmasında, aktif alkali % 18 (NaOH), max. sıcaklık 170 °C, 80 °C' den max. sıcaklığa çıkış süresi 90 dak., çözelti/sap oranı 4/1 ve pişirme süresi 120 dak. alınarak, sülfiditenin % 10' dan % 25'e çıkarılmasının ve % 0.5 antrakinon ilavesinin elenmiş verim ve Kapa numarası üzerine etkisi incelenmiştir. Sülfidite artışının hem kraft, hem de kraft-antrakinon hamurunun kapa numarasında 3-4 birimlik bir artış yaptığı, ayrıca antrakinon ilavesinin elek veriminde artış yapmadığı belirtilmiştir. Antrakinonsuz çalışmada sülfidite % 10' dan % 25'e çıkarıldığında elenmiş verim % 41.1' den % 42.1' e çıkmış; buna karşılık % 0.5

antrakinon kullanılan pişirmelerde sülfiditenin % 10' dan % 25' e çıkarılmasıyla elenmiş verim sırasıyla % 41.7 ve % 42.1 olarak rapor edilmiştir [55].

Yukarıdaki pişirme şartlarına en yakın olan, *P. bambusoides* (Madake bambu) ile yaptığımız kraft çalışmasında, 15 nolu pişirme olmaktadır. Tablo 14'te, 15 nolu pişirmede elenmiş verim % 32.7, elek artığı % 0.20 ve toplam verim ise yaklaşık % 33 olarak bulunmuştur. Literatürdeki çalışmada elde edilen elenmiş verimle (% 42.1) aradaki verim farkı, hammaddenin farklı türden olmasından, yongalama şekli ve yonga boyutlarından, anatomik yapısından ve pişirme ortamının şartlarından ve elek açıklığından kaynaklanabilir.

Ayrıca, bambu hamurunda türe göre değişebilen % 35' lere varan oranlarda paraşim hücresi bulunabilmekte [56 ve 57], çalışmamızda kullandığımız 170 meshlik hamur eleği, paraşim hücrelerini tutamamakta ve farklı bambu türleri aynı şartlarda pişirilse bile elenmiş verim ve diğer hamur özellikleri farklı olabilmektedir.

Örneğin, *bambusa procera* acher türüyle ilgili kraft çalışmasında, % 18 aktif alkali (NaOH) , %25 sülfidite oranında, ¼ oranında çözelti/sap alınarak 165°C sıcaklıkta, 85 °C'den maksimum sıcaklığa çıkış süresi 85 dakika ve maksimum sıcaklıkta pişirme süresi 95 dakika alınarak hamur üretilmiştir [56]. Çalışmada aktif alkali ve sülfidite oranlarının hamur özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Üretilen hamurların elenmiş verimi, % 18 aktif alkali (NaOH) , % 25 sülfidite oranında, % 46.6, toplam verimi % 50.4, kappa numarası 15.5 ve viskozitesi 1192ml/g iken, 40 nolu literatür çalışmasındaki muli bambu (*Melocanna baccifera*)'nın aynı şartlarda elde edilen kraft çalışmasında elenmiş verim % 42.1, kappa numarası 19.8 olarak rapor edilmiştir. Muli bambunun kraft pişirmesindeki, *bambusa procera* acher türüne göre verim düşüklüğü pişirme süresinin 120 dakika olmasına verilebilir, fakat, uzun pişirme süresine paralel olarak kappa numarasının da diğer bambu hamuruna göre (15.5) düşük olması gerekirken 19.8 olarak rapor edilmiştir.

B. vulgaris, *Pinus taeda* ve *Eucalyptus grandis* türleri ile ilgili diğer bir literatür çalışmasında, kraft pişirmesi uygulanmış, elde edilen hamurlar ağartılmadan önce oksijen delignifikasyonundan geçirilmiş ve sonra da OC/DEoDED kademelerinde ağartılmıştır. Pişirme şartları, *B. vulgaris* ve *P. taeda* için sırasıyla aktif alkali, (% Na₂O) % 14.5, % 23.5, sülfidite % 25, çözelti/sap oranı 4.8/1, 4/1, maksimum sıcaklık, 165 °C, 170 °C maksimum sıcaklığa çıkış süresi 100dak.ve maksimum sıcaklıkta pişirme süresi ise 50 dak. ve 60 dakika, H faktörü de 604 ve 1054 olarak seçilmiştir. Pişirme şartları, 30 civarında kappa değerli hamur elde edecek şekilde planlanmıştır.

Elde edilen hamur verimi ve özellikleri de bambu ve çam hamurları için sırasıyla şöyledir: H faktörü 604 ve 1054, elenmiş verim, % 39.4 ve % 46.1, elek artığı, % 3.4 ve % 0.1, toplam verim, % 42.8 ve % 46.2, kappa sayısı, 29.1 ve 31.8, viskozite, cP, 80.6 ve 22.7, parlaklık, ° ISO, 30.6 ve 32.2 olarak rapor edilmiştir [22].

Elde edilen elenmiş verim (% 39.4) ve toplam verim (% 42.8) değerleri, *P. bambusoides* için yaptığımız çalışmada 5 nolu pişirmeye en yakın olmakta (AA, % 14, 60dak.) ve bu şartlarda bulunan elenmiş verim, % 37.5 ve elek artığı % 7.1, toplam verim ise % 44.6'dır. Elenmiş verimde % 2'lik bir fark varken, toplam verimde çalışmamız % 2'lik daha fazla bir verim elde edilmiştir.

Ayrıca, literatür çalışmasındaki bambu, çam odununa göre daha kolay delignifiye olmakta ve daha yüksek viskoziteli hamur vermektedir, buna karşın hamur verimi daha az olmaktadır. Yakın kappa değerinde, 30, hamur elde etmek için, alkali miktarı ve H faktörü bambu için daha düşük olmaktadır.

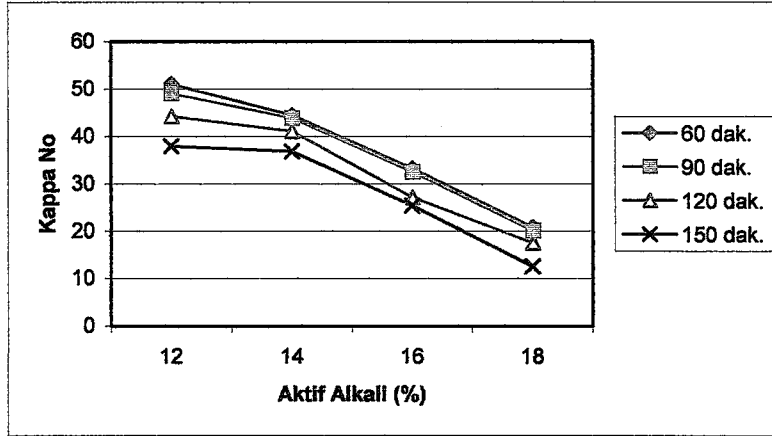
Buğday saplarının sülfat pişirmesiyle ilgili bir çalışmada farklı aktif alkali, sülfidite ve pişirme sürelerinde üretilen kağıt hamurlarının verim, fiziksel ve optik özellikleri araştırılmıştır. Aktif alkali oranı % 16, sülfidite % 30, maksimum sıcaklıkta pişirme süresi 60 dakika, çözelti/sap oranı $\frac{1}{4}$ alındığında (13 nolu pişirme) elenmiş verim % 42.7, elek artığı % 0.14, toplam verim % 41.31, kappa sayısı 21.0 ve viskozite 926 bulunmuştur [57].

Kendi çalışmamızda ise yukarıdaki pişirme şartlarına benzer pişirme, % 16 aktif alkali ve 60 dakikalık pişirme olan 9 nolu pişirme olup, elenmiş verim % 38.1, elek artığı % 2.9, toplam verim % 41.0, kappa sayısı 33.2 ve viskozite ise 1295 olarak bulunmuştur. Elenmiş verimdeki % 2 lik bir düşüklük olduğu halde toplam verimde her iki pişirme sonuçları yakın olmaktadır.

4.4.1.2. Aktif Alkali Oranının Kappa Numarası Üzerine Etkisi

Aktif alkali değişiminin, 60dak., 90 dak, ve 120 dak.'da üretilen kağıt hamurlarının kappa numarası üzerine etkisi Şekil 8'de gösterilmektedir.

Elenmiş verimin ve toplam verimin en yüksek olduğu 6 nolu pişirmede elde edilen hamurun kappa numarası 43.8 olarak ölçülmüştür. Alkali seviyesinin % 12 olarak alındığı pişirmelerden elde edilen hamurların kappa numaraları diğer alkali oranlarında elde edilen hamurların kappa numaralarından daha yüksek çıkmıştır (1,2,3 ve 4 nolu pişirmeler).



Şekil 8. Aktif alkali oranının kappa numarası üzerine etkisi

Piştirme süresini 90 dakika olarak sabit alıp, aktif alkali oranını % 12, 14, 16 ve % 18 olarak artırdığımızda üretilen hamurların kappa numaraları sırasıyla, 49, 43.8, 32.4 ve 20.1 olarak bulunmuştur. Üretilen hamurların kappa numarası, artan alkali ve süreye bağlı olarak düşüş göstermektedir.

Tablo 14'te 5 nolu pişirmede elde edilen hamurun kappa değeri 44.4 iken, 20 nolu literatür çalışmasında, aktif alkali % 14.5, süre 55 dakika alınarak elde edilen hamurun kappa numarası ise 29.1 olarak rapor edilmiştir.

Muli bambu (*Melocanna baccifera*) ile ilgili yapılan kraft çalışmasının piştirme şartları yukarıda verilmiştir. İlgili çalışmada elde edilen hamurun kappa numarası 19.8 iken, bu çalışmaya şartları uyan kendi çalışmamızdaki 15 nolu pişirmede elde edilen kağıt hamurunun kappa numarası 17.5 olarak bulunmuştur.

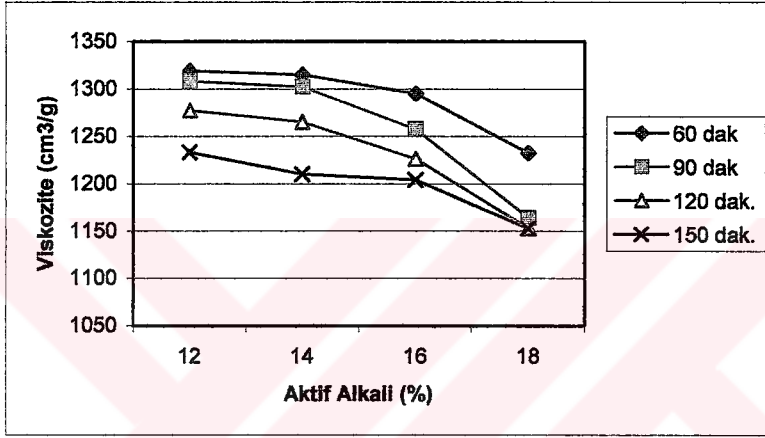
Bambusa procera acher türüyle ilgili kraft çalışmasında, % 18 aktif alkali (NaOH), %25 sülfidite oranında, ¼ oranında çözelti/sap alınarak 165°C sıcaklıkta, 85 °C'den maksimum sıcaklığa çıkış süresi 85 dakika ve maksimum sıcaklıkta piştirme süresi 95 dakika alınarak hamur üretilmiştir [56]. Bu hamurun kappa numarası 15.5 iken, kendi çalışmamızdaki 14 nolu pişirmede elde edilen kağıt hamurunun kappa numarası ise 20.10 olarak bulunmuştur.

Buğday saplarıyla ilgili yapılan ve piştirme şartları yukarıda verilen kraft çalışmasında 13 nolu pişirmede elde edilen hamurun kappa numarası 21 olduğu halde, kendi çalışmamızdaki benzer piştirme şartlarındaki 9 nolu pişirmede üretilen kağıt

hamurunun kappı numarası 33.2'dir. Bu fark, bambu lignininin kimyasal yapısına bağılı olmakta ve buğday sapsarındaki lignine göre sülfür iyonlarından daha az etkilenmektedir.

4.4.1.3. Aktif Alkalinin Viskozite Üzerine Etkisi

Çalışmamızda, %12, %14, %16, %18 aktif alkali oranlarına karşılık gelen 60 dak ve 90 dak ve 120 dak. 'lardaki viskozite değerleri Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 9. Aktif alkalinin viskozite üzerine etkisi

Pişirme süresini 90 dakika olarak sabit alıp, aktif alkali oranını % 12, 14, 16 ve % 18 olarak artırdığımızda üretilen hamurların viskozite değerleri sırasıyla, 1308, 1302, 1257 ve 1164 olarak bulunmuştur. Ağartılabilecek nitelikte kappı numarasına sahip olan 10 nolu pişirmeden elde edilen hamurun viskozite değeri 1257'dir. Aktif alkali oranının % 12'den % 18'e kadar artırılmasıyla elenmiş verim ve kappı sayısı değerleri azaldığı halde viskozite değerlerinde önemli bir azalma görülmemiştir.

Hamurdaki karbonhidratlarda degradasyon yapan ve dolayısıyla hamurun viskozite değerinde azalma sağlayan hidroksit iyonları (OH^-) dir. Sülfür iyonları ise ligninle reaksiyona girmekte ve belli bir değere kadar hidrojen sülfürün artırılması, yani sülfiditenin artırılması hamurun kappı değerinde azalma sağlarken % 0 sülfidite ile yani soda pişirmesinde hamurun kappı değeri kolayca düşürülememektedir [56].

Bambusa procera acher türüyle ilgili kraft çalışmasında, % 18 aktif alkali (NaOH) , %25 sülfidite oranında, ¼ oranında çözelti/sap alınarak 165°C sıcaklıkta, 85 °C'den

maksimum sıcaklığa çıkış süresi 85 dakika ve maksimum sıcaklıkta pişirme süresi 95 dakika alınarak üretilen hamurların elenmiş verimi, % 18 aktif alkali (NaOH) , % 25 sülfidite oranında, viskozitesi 1192ml/g iken, kendi çalışmamızda benzer pişirme şartlarında (14 nolu hamur) elde edilen hamurun viskozite değeri ise 1164 olarak bulunmuştur.

Buğday sapsaplarıyla ilgili yapılan ve pişirme şartları yukarıda verilen kraft çalışmasında 13 nolu pişirmede elde edilen hamurun viskozite değeri 920 iken, kendi çalışmamızdaki benzer pişirme olan 9 nolu pişirmenin hamurundaki viskozite değeri 1295'dir. Viskozitedeki 370 birimlik fark, buğday sapsaplarındaki polisakkaritlerin daha kolay degrade olduğunu, bambudaki polisakkaritlerin ise buğday sapsaplarına göre alkalinin etkisine daha dayanıklı olduğunu açıklamaktadır.

B. vulgaris, *Pinus taeda* ve *Eucalyptus grandis* türleri ile ilgili diğer bir literatür çalışmasında, kraft pişirmesi uygulanmış, elde edilen hamurlar ağartılmadan önce oksijen delignifikasyonundan geçirilmiş ve sonra da OC/DEoDED kademelerinde ağartılmıştır.

Pişirme şartları, *B. vulgaris* ve *P. taeda* için sırasıyla aktif alkali, (% Na₂O) % 14.5, % 23.5, sülfidite % 25, çözelti/sap oranı 4.8/1, 4/1, maksimum sıcaklık, 165 °C, 170 °C maksimum sıcaklığa çıkış süresi 100dak.ve maksimum sıcaklıkta pişirme süresi ise 50 dak. ve 60 dakika, H faktörü de 604 ve 1054 olarak seçilmiştir. Pişirme şartları, 30 civarında kappa değerli hamur elde edecek şekilde planlanmıştır.

Elde edilen hamur verimi ve özellikleri de bambu ve çam hamurları için sırasıyla şöyledir: H faktörü 604 ve 1054, elenmiş verim, % 39.4 ve % 46.1, elek artığı, % 3.4 ve % 0.1, toplam verim, % 42.8 ve % 46.2, kappa sayısı, 29.1 ve 31.8, viskozite, cP, 80.6 (2100-2150 SCAN) ve 22.7 (650-700 SCAN), parlaklık, ° ISO, 30.6 ve 32.2 olarak rapor edilmiştir [22].

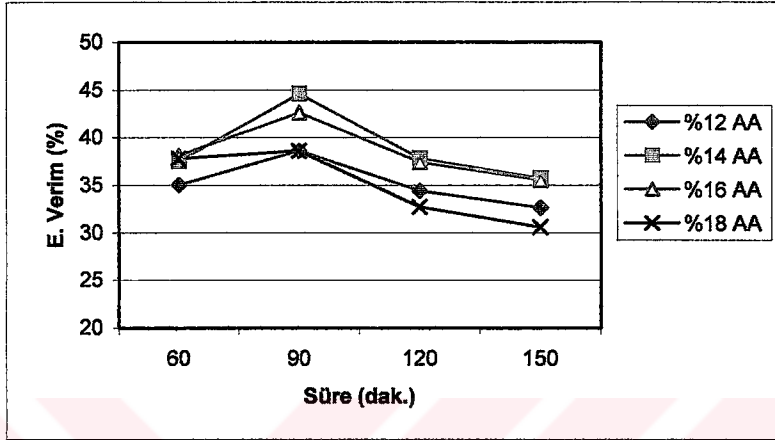
Bambuda yüksek viskozite, ılımlı bir karbonhidrat degradasyonunu göstermekle beraber, selülozun polimerizasyon derecesini tam doğru olarak gösterdiğini düşünmemek gereklidir. Bu oran, muhtemelen bambu hamuru içerisindeki paraşim hücrelerinde bulunan nişastadan kısmen etkilenmiş olabilir.

Selülozun viskozite değerinden polimerizasyon derecesi yaklaşık olarak hesaplanabilir [58].

$$DP = [0.75 \times (\eta_{SCAN})]^{1.105} \quad (11)$$

4.4.1.4. Pişirme Süresinin Verim Üzerine Etkisi

Pişirme süresinin elenmiş verim üzerindeki etkisinin, alkali kademelerine göre değişimi Şekil 10' da gösterilmiştir.



Şekil 10. Pişirme süresinin elenmiş verim üzerine etkisi

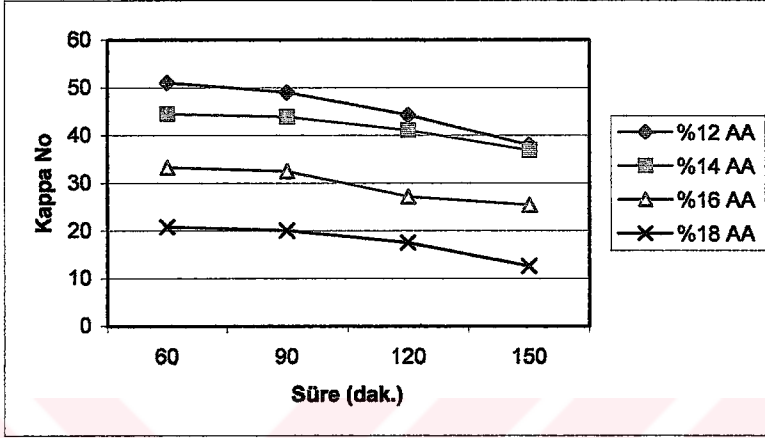
Aktif alkali oranını % 14 olarak sabit alıp, pişirme süresini 60, 90, 120 ve 150 dakika olarak değiştirdiğimizde (5,6,7 ve 8 nolu pişirmeler) üretilen hamurların elenmiş verim değerleri sırasıyla 37.5, 44.6, 37.8 ve 35.7 olarak bulunmuştur. Aynı hamurlara ait toplam verimler ise, 44.6, 49.2, 41.6 ve 39.3'tür

Tablo 14 ve Şekil 10 incelendiğinde elenmiş verimin, elek artığının pişirme süresinin artırılmasıyla tedrici bir düşme gösterdiği anlaşılmaktadır. Elenmiş verimdeki azalmalar 90 dak. ile 120 dak. arasında 150 dakikaya göre biraz daha fazla olmaktadır. Elenmiş verimin, 60 dakikadan 90 dakikaya çıktığında % 7 oranında artması ve 120 dakikada yine % 7 oranında azalması, benzer seyrin % 16 aktif alkali oranında da (9, 10 ve 11 nolu pişirmeler) % 6' lık bir farkla görülmesi 90 dakikanın civarında bir pişirme süresinin seçilmesi gerektiğini göstermektedir.

Pişirme süresinin 60 dakikadan 150 dakikaya arttırılmasıyla % 14 aktif alkali oranında elenmiş verimdeki azalma % 2 , % 16 aktif alkali oranında % 2.5 ve % 18 aktif alkali oranında ise % 7 olmaktadır. Bu sonuç, aktif alkali oranını arttırmakla polisakkaritlerde daha fazla bir degradasyon görüldüğünü göstermektedir.

4.4.1.5. Pişirme Süresinin Kappa Numarası Üzerine Etkisi

Çalışmamızda, 60, 90, 120, ve 150 dak. Pişirme sürelerine karşılık gelen %14 ve %16 AA değerlerine karşılık gelen kappa değerleri Şekil 11’de gösterilmiştir.



Şekil 11. Pişirme Süresinin Kappa Numarası Üzerine Etkisi

Şekil 11’e baktığımızda en yüksek kappa numarasına sahip hamurlar %12 AA, en düşük kappa numarasına sahip hamurlar ise %18 AA’dır. Aktif alkali oranını % 14 olarak sabit alıp, pişirme süresini 60, 90, 120 ve 150 dakika olarak değiştirdiğimizde (5,6,7 ve 8 nolu pişirmeler) üretilen hamurların kappa değerleri sırasıyla 44.4, 43.8, 41.0 ve 36.8 olarak bulunmuştur. Aktif alkali oranını % 16 olarak aldığımızda yukarıdaki pişirme sürelerinde üretilen hamurların kappa değerleri ise 33.2, 32.4, 27.1 ve 25.4 olarak bulunmuştur. Ağartılabilecek bir hamur üretilmek istendiğinde % 16 aktif alkali oranının 90 dakika olarak seçilmesi daha uygun olacaktır.

Melocanna baccifera, muli bambunun kraft pişirmesinde, % 18 aktif alkali (NaOH), % 25 sülfidite, çözelti/sap 4/1, pişirme sıcaklığı 170 ° C, max. sıcaklığa çıkış 105 dakika alınmış ve pişirme süresi 30 dak., 60 dak., 90 dak. ve 120 dak. olarak değiştirilmiştir. Elde edilen hamurların kappa numaraları sırasıyla 27.5, 23.8, 23.0 ve 21.0 olarak bildirilmiştir [59].

Çalışmamızda ise % 18 aktif alkali oranlarında 60 dak., 90 dak. ve 120 dak. için (13, 14 ve 15 nolu pişirmeler) elde edilen hamurların kappa numaraları sırasıyla 20.8, 20.1 ve 17.51 olarak bulunmuştur. Çalışmamızdaki kappa numarasının düşüklüğüne karşın, 60

dak., 90 dak. ve 120 dak için toplam verim değerleri literatür çalışmasında bulunan toplam verim değerlerinden (% 46.4, % 46.2 ve % 45.8) daha düşük bulunmuştur (% 38.8, % 38.9 ve % 32.9).

Buğday sapsaplarıyla ilgili yapılan ve pişirme şartları yukarıda verilen kraft çalışmasında [57] % 14 aktif alkali ve % 30 sülfidite oranında pişirme süresi 20, 40 ve 60 dakika olarak arttırıldığında elde edilen hamurların (5, 6ve 7 nolu pişirmeler) kappa değerleri 32.4, 31.0 ve 28.6 olarak bulunurken, kendi çalışmamızdaki pişirme süresinin 60 dakika olarak alındığı 5 nolu pişirmedeki hamurun kappa numarası 44.4 olarak bulunmuştur. Bu fark buğday sapsaplarındaki ligninin bambu sapsaplarına göre aynı pişirme şartlarında daha kolay çözülebileceğini göstermektedir.

4.4.1.6. Pişirme Süresinin Viskozite Üzerine Etkisi

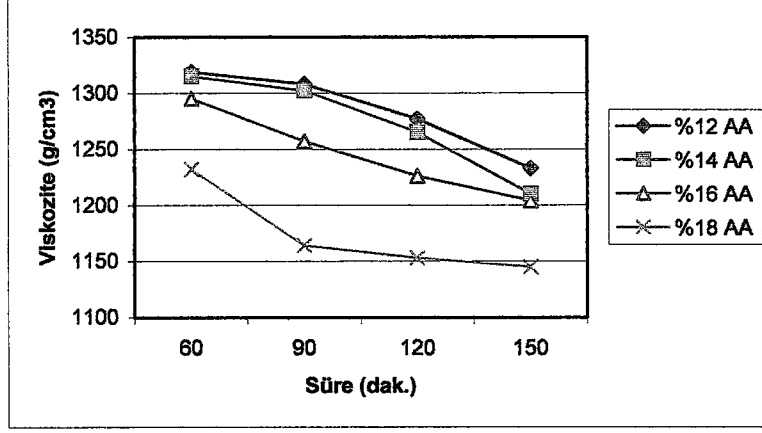
Değişen pişirme sürelerine bağlı olarak %12, %14, %16 ve %18 aktif alkali oranlarındaki viskozite değerleri Şekil 12’de gösterilmiştir.

Aktif alkali oranının % 14 olarak sabit alınıp, pişirme süresinin 60 dak., 90 dak., 120 dak., ve 150 dak., olarak değiştirilerek (5,6,7 ve 8 nolu pişirmeler) üretilen hamurların viskozite değerleri 1315, 1302, 1265 ve 1210 olarak bulunmuştur. Pişirme süresinin artmasıyla polisakaritlerdeki şeker ünitelerinde halka açılmaları ve buna paralel olarak viskozitede düşme görülmektedir. Fakat bu düşme pek çok yıllık bitki, yapraklı ve iğne ağaç odunları hamurlarından daha ılımlı olmaktadır.

Ayrıca, buğday sapsaplarının sülfat pişirmesinde ise, aktif alkali oranını % 14 olarak sabit tutup, % 30 sülfiditede, pişirme süresini 20 dak., 60 dak. ve 90 dak., olarak arttırdığımızda elde edilen hamurların (5, 6 ve 7 nolu pişirmeler) viskozite değerleri, sırasıyla 1222, 1208 ve 1114’ tür. Bu viskozite değerleri de artan süreyle azalma göstermektedir. Her iki hammadde arasında, 60 dakikalık pişirmelerinin viskozite değerlerinde 200 birimlik bir fark bulunmaktadır.

Melocanna baccifera, muli bambunun kraft pişirmesinde, % 18 aktif alkali (NaOH) , % 25 sülfidite, çözelti/sap 4/1, pişirme sıcaklığı 170 ° C, max. sıcaklığa çıkış 105 dakika alınmış ve pişirme süresi 30 dak., 60 dak., 90 dak. ve 120 dak. olarak değiştirilmiştir. Elde edilen hamurların viskoziteleri sırasıyla, 1108, 1080, 1072 ve 1044’tür [59]. Burada da süreyle viskozite değerlerinde bir azalma görülmektedir. Kendi çalışmamızla bu

çalışmanın viskozite değerleri arasında çalışmamız lehine yaklaşık 100 birimlik bir fark bulunmaktadır.



Şekil 12. Pişirme süresinin viskozite üzerine etkisi

Bazı ladin ve çam odunlarında pişirme süresinin veya alkali oranının artırılması ile hamurdan ligninin uzaklaşmasına yani kappa sayısının azalmasıyla paralel olarak, viskozite azalması görülmesine rağmen [60,61], buğday sapları, göl kamışı gibi yıllık bitkilerin soda-AQ pişirmesinde [62,63] ve kızılçam odununun alkali sülfite antrakinin etanol pişirmesinde [64], pişirmenin başlangıcında hemiselülozların odundan uzaklaşması, alkali etkisiyle polisakkaritlerdeki glukozidik bağlardaki kopmalardan viskozite üzerine daha etkili olmakta ve sonuçta düşük aktif alkali ve düşük sürelerde hamurun viskozitesinde artışlar görülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bambu (*P. bambusoides*)' in sülfat pişirmelerinden elde edilen hamurların verim ve bazı kimyasal özellikleri yönünden en uygun pişirme değişkenlerinin belirlenmesi çalışmasında, *P. bambusoides*' in kraft yöntemiyle kağıt hamuru üretiminde, hamur özelliklerine etki eden en önemli parametrelerden aktif alkali oranı ve pişirme süresinin, optimum değerlerini belirlemek için hazırlanan deney planına göre 16 adet pişirme yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve hamur özellikleri üzerine en olumlu etki yapan pişirme parametreleri ve elde edilen hamur özellikleri aşağıdaki gibi seçilmiştir.

Tablo 18. Bambu sülfat pişirmesinde hamur özelliklerine göre en uygun pişirme değişkenleri

Pişirme Değişkenleri		Elenmiş Verim %	Elek Artığı %	Toplam Verim %	Kappa No	Viskozite cm ³ /gr
Aktif alkali, Na ₂ O %	16 - (14)	42.6-(44.6)	1.2 - (4.6)	43.8- (49.2)	32.4-(43.8)	1257-1302
Pişirme süresi, dak.	90					

Pişirme sıcaklığı 165 ° C, Sülfidite %25, Çözelti / Sap oranı 5/1, Mak. sıcaklığa çıkış süresi. 90 dakika olarak sabit alınmıştır.

Tablo 14 incelendiğinde, aktif alkali oranının % 12 alındığı 1, 2, 3 ve 4 nolu pişirmelerde elenmiş verim düşük, elek artığı ve kappa numaraları özellikle 1 ve 2 nolu pişirmelerde yüksek çıkmıştır. Aktif alkali oranının % 14 alındığı 5, 6, 7 ve 8 nolu pişirmelere ait kağıt hamurlarında elenmiş verim, pişirme süresinin 90 dakika alındığı 6 nolu pişirmede diğer elenmiş verimlere göre belirgin olarak yüksek çıkmıştır(% 44.6). Bu pişirmeye ait elek artığı oranı % 4.6 olup, toplam verimi ise % 49.2 olarak bulunmuştur.

Elenmiş verimde ve dolayısıyla toplam verimdeki bu yüksek oran, aynı hamurun kappa değerinde de yüksek bir değerle kendini göstererek 43.8 olarak tayin edilmiştir. Bu yüksek kappa değeriyle elde edilen 6 nolu pişirmenin hamuru, ağartılmadan kullanılmaya daha uygun olup, ağartılarak kullanılması durumunda, ağartma işleminin maliyetinin biraz yüksek olması beklenir.

Elenmiş verim yönüyle dikkati çeken bir diğer pişirme, aktif alkali oranının % 16 olarak alındığı 10 nolu pişirmedir ki, bu pişirmeyle üretilen kağıt hamurunun elenmiş verimi, 6 nolu pişirmede olduğu gibi, 90 dakikalık pişirme süresinin alındığında diğer % 16'lık pişirmelerden elde edilen hamurların elenmiş verimlerine oranla % 6'lık bir fazlalık içermektedir (% 42.6). Bu hamurun elek artığı 6 nolu hamurun elek artığı gibi yüksek olmayıp, % 1.2 civarındadır. Dolayısıyla toplam verimi % 43.8 yapmaktadır ki, 6 nolu hamurla toplam verim yönüyle aralarındaki fark sadece % 5.4 civarındadır.

Verimler arasında bu kadar büyük fark olmasının yanında , 10 nolu hamurun kappa numarasını 6 nolu hamurun kappa numarasıyla karşılaştırdığımızda, 11 birim daha düşük olduğu göze çarpmaktadır. Bu verilerin ışığında, ağırtılabilir bir hamur üretmek istediğimizde 10 nolu pişirmenin tercih edilmesi gerektiği sonuca varılabilir.

Çalışma sonucundaki en önemli öneriler aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

1. Aktif alkali oranı % 12 ve daha düşük değerler hamur verimi ve ağırtılabilir hamur kappa numarası için yeterli değildir. Buna ilave olarak, aktif alkali oranı % 16'nın üzerinde alınması elenmiş verimde ve viskozite değerleriyle muhtemelen hamurun direnç özelliklerinde düşmelere neden olacaktır.

2. Pişirme süresinin 90 dakikanın üzerinde alınması verim düşüklüğüne neden olmaktadır.

3. Pişirme süresi 90 dakikanın altında, 70 dakika ve 80 dakika olarak alınarak elde edilen hamurların özelliklerinin araştırılması gerekir.

4. Kağıt hamurlarından kağıt safihalarının yapılarak üretilen hamurların fiziksel ve optik özelliklerinin incelenmesi en uygun pişirme değişkenlerinin araştırılmasında daha sağlıklı sonuçlar verecektir.

5. En iyi pişirme şartlarının bir veya ikisi ile üretilen kağıt hamurlarının klorsuz ağartma yöntemleriyle ağartma çalışmasının yapılmasıyla pişirme değişkenlerinin ağartmayı ne derece etkilediğinin araştırılması gerekir.

Yukarıdaki öneriler çerçevesinde, üretilen kağıt hamurlarından, kağıt safihaların yapılarak fiziksel ve optik özelliklerin araştırılması, modifiye yöntemler ile elde edilecek yeni bambu hamurlarının klorsuz ağartma yöntemleriyle ağartma çalışmaları için hazırlanan araştırma projesi KTÜ, Araştırma Fonuna sunulmuştur.

6. KAYNAKLAR

1. Isagi, Y., Kavahara, T., ve Kamo, K., Biomass and Net Production in a Bamboo *Phyllostachys bambusoides* Stand, Ecological Research, 8(1993) 123-133.
2. Uchimura, E., Expansion and Growth of Tropical Bamboo by Culm Cutting, Jarg, 12 2(1978), 117-119.
3. Numata, M., The Ecology of Grassland and Bambooland in The World, Dr. W. Junk by Publishers The Hague, 1979, Boston-London.
4. Watanabe, M., Proposal on The Life Form of Bamboos and The Ecological Typification of Bamboo Forest, XVIII. IUFRO World Congress, Proceedings of The Production and Utilization of Bamboo and Related Species, September 7-21, 1986, Ljubljana, Yugoslavia, 94-98.
5. Numata, M., The Ecology of Bamboo Forest, Particularly on Temperate Bamboo Forest, Bamboo Journal, 4(1987) 118-131.
6. Uchimura, E., The Ecological Distribution and Characteristic of Some Philippine Bamboos, Bulletin of The Forestry and Forest Products Research Institute, No:301, 1978, 118-131.
7. Uchimura, E. The Present State and Prospect of Bamboo Resources in Japan, XVIII. IUFRO World Congress, Proceedings of The Production and Utilization of Bamboo and Related Species, September 7-21, 1986, Ljubljana, Yugoslavia, 89-93.
8. Uchimura, E. Studies on Multiplication of Bamboo by Different Growth Types of Bamboo Rhizomes, Bamboo Journal, 23(1987) 36-52.
9. Qimin, H., The Research About Biomass and Photosynthesis of Bamboo, XVIII. IUFRO World Congress, Proceedings of The Production and Utilization of Bamboo and Related Species, September 7-21, 1986, Ljubljana, Yugoslavia, 37-41.
10. Baykan, C.S., *Phyllostachys bambusoides* Sieb. Et. Zucc. Türünün Rizom Çelikleri ile Üretimi ve Bambuların Kullanım Alanları, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1999.
11. Hsuing, W., Research and Development of Production and Utilization, XXIII IUFRO World Congress, Proceedings of The Production and Utilization of Bamboo and Related Species, September 7-21, 1986, Ljubljana, Yugoslavia, 4-10.
12. Liese, W., Characterization and Utilization of Bamboo, XXIII IUFRO World Congress, Proceedings of The Production and Utilization of Bamboo and Related Species, September 7-21, 1986, Ljubljana, Yugoslavia, 11-16.

13. Nomura, T., Tomazello, M.T., ve Azzini, A., Production and Utilization of Bamboo in Brasil, XXIII. IUFRO World Congress, , Proceedings of The Production and Utilization of Bamboo and Related Species, September 7-21,1986, Ljubljana, Yugoslavia, 61-69.
14. Higuchi, T., Bamboo Lignin and Its Biosynthesis, International Wood Chemistry Symposium, September, 1969, Seattle, USA, 1-14.
15. Maekawa, E., Studies on Hemicellulose of Bamboo, Wood Research, 1976, 59-60.
16. Wang, H., Studies on The High Yield Pulping of some Taiwan Bamboo Species, XXIII. IUFRO World Congress, Proceedings of The Production and Utilization of Bamboo and Related Species, Yugoslavia, September, 21,1986, Ljubljana, 49-55.
17. Var, M., Kazuto, S., ve Arkadaşları, Rize – Pazar İlçesinde Bambu Plantasyonları ve Bu Bitkinin Doğu Karadeniz Bölgesi İçin Önemi, Kasnak Meşesi ve Türkiye Florası Sempozyumu, 12 – 23 Eylül 1998, İstanbul, Bildiriler Kitabı.
18. Bhargava, R.L., Bamboo, Pulp and Paper Manufacture, Vol.3, Secondary Fibers and Non wood Pulping, Canada, TAPPI CPPA, 1987, 71-81.
19. Clark, J.A., Raw Matarials for Pulp, Section IV, Pulp Technology, USA, 1978, 639-663.
20. Farrely, D., The Book of Bamboo, Sierra Club Books, San Francisco, 1984, 332.
21. Aoki, T., ve Watanabe, M., studies on The Organization of *Phyllostachys bambusoides* Stand, XXIII IUFRO World Congress, Proceedings of The Production and Utilization of Bamboo and Related Species, September 7-21,1986, Ljubljana, Yugoslavia, 77-81.
22. Gomido, J.L., Colodette, J.L., ve Campos, A.S., Kraft Pulping and Oxygen Delignification of Bamboo, Nonwood Plant Fiber Pulping Progress Reports, No.20, Tappi Press, 1991, 419-425.
23. Tandon, R., Gupta, A., Kulkarni, A.G., ve Panda, A., Properties of Black Liquors from Pulping of Non-Woody Raw Materials, Proceedings of The International Seminar & Workshop on Desilication, December 4-6 1989, Cochin, 23-35.
24. Bostancı, Ş. Kağıt Hamuru Üretimi ve Ağartma Teknolojisi, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon, 1987.
25. Clayton, D. W., The Chemistry of Alkaline Pulping, In Pulp and Paper Manufacture, Vol.2, New York, 1969.
26. Casey, J.P., Pulp and Paper, Vol:1 Interscience Publishers Inc, New York,1966,580.
27. Williamson, P. N., Repap's ALCELL Process: How It Works and What is Offer, Pulp and Paper, Canada, 12(1987) 47-49.

28. Eroğlu, H., Sülfat Yöntemiyle Kağıt Hamuru Elde Edilmesi, Orman Fakültesi Dergisi.
29. Eroğlu, H., O₂- NaOH Yöntemiyle Buğday (Triticum aestivum L.) Saplarından Kağıt Hamuru Elde Etme Olanaklarının Araştırılması, Doçentlik Tezi, Trabzon, 1980.
30. Wise, L.E., ve John, E.C.. *Wood Chemistry*, 2.Ed. Vol. 1-2, Reinhold Publication co., New York, USA, 1952.
31. Anonymous, *Manipulations de Chimi Papetiere*, E.F.P., Grenoble, France, 1969.
32. Anonymous, *Scan Test Methods*, Scandinavian Pulp, Paper and Board Testing Committee, Stockholm, Sweden, 1959 – 1973.
33. Rydholm, S.A., *Pulping Processes*, Interscience Publishers, New York, 1965.
34. Browning, B.L., *Methods of Wood Chemistry*, Vol:1-2, Interscience Publishers, New York, London, 1967, 882.
35. Tank, T., Türkiye Kayın ve Gürge Türlerinin Nötral Sulfit Yarıkimyasal (NSSC) Metodu ile Değerlendirme İmkanları, İ.Ü. Orman Fakültesi, 1978, 97.
36. Huş, S., Tank, T., ve Göksel, E., Türkiye (Tarsus Karabucak)'da Yetişen Okalıptüs (E.Camaldluknsis Dehnh.) Türü Odunlarının Morfolojik Yönden Etüdü ve Yarıkimyasal Seltülozunun Kağıt Sanayin de Değerlendirilme İmkanları, TUBITAK yayınları, No: 275, 1975, 66.
37. Wise, L.E., *Wood Chemistry*, Vol:1-2, Reinhold Publishing Corporation, 1952-1962, New York, 36.
38. Casey, J. P., *Papermaking*, In: Ed. Casey, J.P. Pulp and Paper, Second Edition, Vol.2, Interscience Publishers Inc., New York, 1961.
39. TAPPI Standarts, *Official Test Methods and Provisional Test Methods*, Technical Association of the Pulp and Paper Industry Atlanta, USA, 1979.
40. Anonymous, *Manipulations de Chimi papetiere*, E.H.F., Grenoble, France, 1969.
41. Gümüşkaya, E., Kendir (Cannabis Sativa L.) Soymuk Liflerinden Asidik ve Alkali Ortamlarda Üretilen Kağıt Hamurlarının Kimyasal ve Kristal Yapı Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2002.
42. Liu, X., Lee, Z., ve Tai, D., *Studies On Dissolving Procedure In Alkaline Solution of Wheat-Straw Lignin*, Int. Nonwood Fiber Pulping and Pmkg. Conf., July 1988, Beijing, Proceeding, Vol. 1, 305-317.
43. Clark, J. A., Pulp Technology, Miller Freeman Publications Inc., California, 1978.

44. Nelson, P. J., ve Irvine, G. M., Tearing Resistance In Soda-AQ and Kraft Pulps, Tappi, 75, 1 (1992) 163-166.
45. Anonymous,. Scan Test Methods, Scandinavian Pulp, Paper and Board Testing Committee, Stockholm, Sweden, 1959 – 1973.
46. Tank, T., Bostancı, Ş., Eroğlu, H., ve Enercan, S., Tütün Saplarının Kağıt Yapımında Değerlendirilmesi, Doğa Bilim Dergisi, 2(1985) 9-3.
47. Usta, M., Kırıcı,H., ve Eroğlu,H., Soda – Oxygen Pulping of Corn Stalks (*Zea mays indurata Sturt.*), Tappi Pulping Conferance, October 1990, Canada, 307-312.
48. Eroğlu, H., O₂-NaOH Yöntemiyle Buğday (*Triticum aestivum L.*) Saplarından Kağıt hamuru Elde Etme Olanaklarının Araştırılması, Doçentlik tezi, K.T.Ü., Orman Fakültesi, 1980.
49. Deniz, İ., Buğday (*Triticum aestivum L.*) Saplarının Ön Desilikasyonu ve Bu İşlemin O₂-NaOH Kağıt Hamuru Üzerine Etkileri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Orman Fakültesi, 1994.
50. Usta, M., Soda – Oksijen Yöntemiyle Çavdar (*Secale cereale L.*) Saplarından Kağıt Hamuru Üretim Koşullarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Orman Fakültesi, 1985.
51. Kırıcı, H., Soda-Oksijen Yöntemiyle Göl Kamışından (*Phragmites communis L.*) Kağıt Hamuru Üretim Koşullarının Belirlenmesi, Doçentlik Tezi, K.T.Ü., Orman Fak., Trabzon, 1996.
52. Clayton, D.W., The Chemistry of Alkaline Pulping, In: Ed. Mcdonalt, R.G., Pulp and Paper Manufacture, Mc Graw – Hill Book co., New York. 1969.
53. Deniz, İ., ve Eroğlu, H., The Effect of Pretreatment and Soda-Oxygen Pulping Conditions on The Silica Contents of Wheat Straw Black Liquor and Pulps, XI. World Forestry Congress, Proceedings, Index A-H, List of Authors , Oct. 1997, Antalya, 13-22.
54. Wai, N. N., ve Murakami, K., Papermaking Characteristics of Burmese Bamboo Fiber in Comparison with Wood Fiber, Mokuzai Gakkaishi, Vol. 29, 10(1983) 708-715.
55. Feng, Z., ve Alen, R., Soda-AQ, Kraft, and Kraft-AQ Pulping of Muli Bamboo, Proc. Int. Symp. Emerging Technol. Pulping and Papermaking Fast Growing Wood, Nov. 23-25, 1998, Guangzhou, P.R. China, 166-170.
56. Vu, T. H. M., Pakkanen, H., ve Alen, R., Delignification of Bamboo (*Bambusa procera acher*) Part 1. Kraft Pulping and the Subsequent Oxygen Delignification to Pulp with a Low Kappa Number, Endustrial Crops and Products, Vol.19, 1(2003) 49.

57. Deniz, İ., Kırıcı, H., ve Ateş, S., Optimisation of Wheat-Straw *Triticum drum* kraft pulping, Industrial Crops and Products, 19 (2004) 237-243.
58. Zhai, H., Lee, Z. Z., Ultrastructure and Topochemistry of Delignification in Alkaline Solution of Wheat Straw, J. Wood Chemistry Technology, 9,3 (1989) 387-406.
59. Bhowmick, K., Mian, A. J., ve Akhtaruzzman, A.F.M., Effect of Anthraquinone in Low Sulphidity Kraft Pulping of Muli Bamboo (*Melocanna baccifera*), Ippta, 3, 4 (1991).
60. Sjoblom, 1996. K. Sjöblom, Extended Delignification in Craft Cooking Through Improved selectivity, Nord. Pulp Pap. Res. J., 11, 3(1996), 177-185.
61. Gullichsen, J., Fiber Line Operations, Papermaking Science and Technology. Book 6A. Chemical Pulping, Helsinki, Finland, 1999, 51.
62. Feng, Z., Alen, R. J., Soda-AQ Pulping of Wheat Straw, Appita J., 54 (2) (Pulping Sulpl.) 217-220.
63. Feng, Z., ve Alen, R., Soda AQ Pulping of Reed Canary Grass, Ind. Crops Prod. 14, 1 (2001 b) 31-39.
64. Kırıcı, H., Alkali, Sülfite Antrokinon Etanol (ASAE) Yöntemi ile Kızılcım (*Pinus brutia Ten.*) Odunundan Kağıt Hamuru Üretim Koşullarının Belirlenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1991.

ÖZGEÇMİŞ

1979' da Trabzon' da doğan Halil İbrahim ŞAHİN, İlk, Orta ve Lise öğrenimini aynı ilde tamamladı. 1998 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstrisi Mühendisliği Bölümünü kazanmış, 2002 Haziranın da bölüm ikincisi olarak mezun olmuştur.

Eylül 2002 yılında Fen Bilimleri Enstitüsü, Lif ve Kağıt Teknolojisi Anabilim Dalında yüksek Lisansa başlamış, yüksek lisans derslerini tamamlayıp, 2004-2005 Güz yarıyılında Yüksek Lisans Tez çalışmalarına başlamıştır. Tez çalışması "Bambu (*Phyllostachis bambusoides*)'dan Sülfat (Kraft) Yöntemi ile Kağıt Hamuru Üretim Koşullarının Belirlenmesi" dir.

H. İbrahim ŞAHİN " Yetiştirme Ortamının, Türkiye Buğday Saplarının Kağıt Üretim Özellikleri Üzerine Etkisi" konulu projede aktif olarak görev yapmaktadır.