



T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ANIZLARIN (BUĞDAY SAPLARI) KAĞIT HAMURU  
VE KAĞIT ÜRETİMİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**MUSTAFA ÇİÇEKLER**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAHRAMANMARAŞ 2012**

**T.C.**  
**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ANIZLARIN (BUĞDAY SAPLARI) KAĞIT HAMURU**  
**VE KAĞIT ÜRETİMİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**MUSTAFA ÇİÇEKLER**

**Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında**  
**YÜKSEK LİSANS**  
**derecesi için hazırlanmıştır.**

**KAHRAMANMARAŞ 2012**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Mustafa ÇİÇEKLER tarafından hazırlanan “Anızların (Buğday Sapları) Kağıt Hamuru ve Kağıt Üretiminde Değerlendirilmesi” adlı bu tez, jürimiz tarafından 28/12/2012 tarihinde oy birliği ile Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ (DANIŞMAN) .....  
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı- KSÜ

Doç. Dr. Uğur ÇÖMLEKÇİOĞLU (ÜYE) .....  
Biyoloji Anabilim Dalı- KSÜ

Yrd. Doç. Dr. İsmail TİYEK (ÜYE) .....  
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı-KSÜ

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. M. Hakkı ALMA

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Mustafa ÇİÇEKLER

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir.

Proje No: BAP 2011/7-14 YLS

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

# ANIZLARIN (BUĞDAY SAPLARI) KAĞIT HAMURU VE KAĞIT ÜRETİMİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

## YÜKSEK LİSANS TEZİ

### MUSTAFA ÇİÇEKLER

#### ÖZET

Bu çalışmada, buğday sapı anızlarından (*Triticum aestivum* L.) soda-oksijen-sodyumborhidrür yöntemiyle kağıt hamuru ve kağıt üretim koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmada, anızlardan sodyum borhidrür ( $\text{NaBH}_4$ ) ilaveli Soda-Oksijen yöntemiyle kağıt hamurları üretilmiş ve  $\text{NaBH}_4$  ün hamur verimi ve elde edilen kağıtların fiziksel ve optik özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Optimum pişirme parametrelerini belirlemek için 12 adet pişirme deneyi yapılmıştır.

Soda-oksijen yöntemine göre soda-oksijen-sodyum borhidrür yönteminde verim %4.10 daha yüksek tespit edilmiştir. Soda-Oksijen- $\text{NaBH}_4$  hamurların ve bunlardan yapılan kağıtların soda-oksijen hamur ve kağıtlarına oranla parlaklığın %7.60, opaklığın %4.21, yırtılma indisinin %5.64 ve patlama indisinin %16.52 daha yüksek olduğu, kopma uzunluğunun %1.14, kappa numarasının %0.77 daha düşük, viskozite ve polimerizasyon derecesinde ise artışların olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, ilave edilen  $\text{NaBH}_4$  oranına bağlı olarak elenmiş hamur veriminin, hamur viskozitesinin ve polimerizasyon derecesinin arttığı, kappa numarasının azaldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte,  $\text{NaBH}_4$  oranındaki artışa paralel olarak elde edilen kağıtların parlaklık, opaklık, kopma uzunluğu, patlama indisi ve yırtılma indisi değerleri de artmıştır.

**Anahtar kelimeler: Anız, Buğday sapı, Soda, Oksijen, Kağıt hamuru, Sodyumborhidrür , Kağıt**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Aralık/ 2012

Danışman: Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ

Sayfa sayısı: 72

# EVALUATION OF STUBBLES (WHEAT STRAWS) IN PULP AND PAPER PRODUCTION

M.Sc. THESIS

MUSTAFA ÇİÇEKLER

## ABSTRACT

In this study, the aim was determined of pulp and paper production condition with soda-oxygen-sodiumborohydride process from stubbles (*Triticum aestivum* L.) .

NaBH<sub>4</sub> modified soda-oxygen pulping were performed by using wheat straws' stubble and the effects of NaBH<sub>4</sub> addition on the physical and optical properties of pulps and resultant papers were investigated. In order to determine the optimum cooking parameters, 12 different laboratory experiments were performed.

Total pulp yield was increased (%4.10) by NaBH<sub>4</sub> addition. Pulp brightness, opacity, breaking length, burst index and tear index of NaBH<sub>4</sub> added soda-oxygen pulp were found to be higher than those of soda-oksijen one by about %7.60, %4.21, %16.52 %5.64, respectively. Kappa number and breaking length of NaBH<sub>4</sub> added soda-oxygen pulp is lower (%0.77,%1.14 respectively) than those of soda-oxygen one by about and also viscosity and degree of polymerization are higher than soda-oxygen pulp.

Consequently, it was concluded that, the increasing level of NaBH<sub>4</sub> improved the screened pulp yield, pulp viscosity and degree of polymerization, reduced the kappa number. However, the brightness, opacity, breaking length, burst index and tear index of handsheets increased by NaBH<sub>4</sub> additions.

**Key Words: Stubble, Wheat straws, Soda, Oxygen, Pulp, Sodium borohydride, Paper.**

Kahramanmaraş Sütçü İmam University  
Institute for Graduate Studies in Science and Technology  
Department of Forest Industrial Engineering December/ 2012

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ

Page number: 72

## TEŞEKKÜR

“Anızların (Buğday Sapları) Kağıt Hamuru Ve Kağıt Üretiminde Değerlendirilmesi” başlıklı bu tez çalışması Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği bölümünde yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Konu seçimi ve çalışmaların yönlendirilmesinde ilgi ve desteğini esirgemeyen sayın danışman hocam Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ’a en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Akademik tecrübelerini ve engin bilgilerini benden esirgemeyen Doç. Dr. H. Turgut ŞAHİN’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamıza finansal destek sağlayan KSÜ, Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığına teşekkür ederim.

Ayrıca, numunelerin toplanmasında yardımcı olan Cihan BOZKURT’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Numunelerin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Abdullah BERAM’a ve Arş. Gör. Yunus ŞAHİN’e teşekkürlerimi sunarım. Yüksek lisans eğitimim sırasında beraber olduğum Arş. Gör. Nasır NARLIOĞLU ve Arş. Gör. Eyyüp KARAOĞUL’a teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak uzun zaman alan tez hazırlık dönemimde benden desteğini esirgemeyen aileme şükranlarımı sunuyorum.

**Aralık-2012 Kahramanmaraş**

**Mustafa ÇİÇEKLER**

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Buğday Bitkisi (Triticum aestivum) Hakkında Genel Bilgiler .....	2
1.2. Anız Hakkında Genel Bilgiler.....	7
1.3. Türkiye Kağıt ve Karton Sanayi'nin Dünyadaki Yeri.....	10
1.4. Anızlardan Kağıt Hamuru Üretimi.....	10
1.5. Kimyasal Yöntemlerle Kağıt Hamur Üretimi.....	12
1.5.1. Soda-Oksijen yöntemi ile kağıt hamuru üretimi .....	14
1.5.2. Soda-Oksijen yönteminin selüloz ve hemiselüloz üzerine etkisi.....	16
1.5.3. Soda-Oksijen yönteminde selülozun degradasyonu .....	17
1.5.4. Pişirmede verim kaybına neden olan reaksiyonlar .....	17
1.5.4.1. Soyulma reaksiyonu.....	19
1.5.4.2. Hidroliz reaksiyonları.....	20
1.6. Borlu Bileşiklerin Kağıt Hamuru Üretiminde Kullanım Yeri .....	20
1.6.1. Sodyumborhidrür'ün kağıt hamuru üretiminde kullanımı.....	21
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....</b>	<b>23</b>
<b>3. MATERYAL VE METOT.....</b>	<b>26</b>
3.1. Materyal .....	26
3.2. Metot.....	26
3.2.1. Kimyasal analiz ve lif morfolojik özelliklere ait yöntemler .....	26
3.2.2. Anızlardan Soda-Oksijen-Sodyumborhidrür yöntemiyle kağıt hamuru üretiminde uygulanan yöntemler .....	27
3.2.3. Hamur viskozitesinin ve polimerizasyon derecesinin tayini.....	28
3.2.4. Kappa numarasının tayini .....	29
3.2.5. Anızlardan Soda-Oksijen-Sodyumborhidrür yöntemiyle elde edilmiş hamurlardan yapılan kağıtların fiziksel ve optik özelliklerinin belirlenmesi.....	30
3.2.6. Anızlardan Soda-Oksijen-Sodyumborhidrür yöntemiyle elde edilmiş hamurlardan yapılan kağıtlara ait verilerin değerlendirilmesi.....	31

<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>32</b>
4.1. Anızların Kimyasal Analiz ve Lif Morfolojik Ölçümlerine Ait Bulgular.....	32
4.2. Anızlardan Soda-Oksijen-Sodyumborhidrür Yöntemiyle Elde Edilen Kağıt Hamurlarının Bauer-McNett Aletinde Lif Tasniflerine Ait Bulgular.....	33
4.3. Anızlardan Soda-Oksijen-Sodyumborhidrür Yöntemiyle Elde Edilen Kağıt Hamurlarına Ait Bulgular.....	34
4.4. Pişirme Koşullarının Hamur Verim Üzerine Etkisi.....	35
4.4.1. Oksijen basıncının hamur verimi üzerine etkisi.....	35
4.4.2. Sodyumborhidrür oranının hamur verimi üzerine etkisi.....	36
4.5. Pişirme Koşullarının Kappa Numarası Üzerine Etkisi.....	37
4.5.1. Oksijen basıncının kappa numarası üzerine etkisi.....	38
4.5.2. Sodyumborhidrür oranının kappa numarası üzerine etkisi.....	39
4.6. Pişirme Koşullarının Hamurun Viskozitesi ve Polimerizasyon Derecesi (DP) Üzerine Etkisi.....	39
4.6.1. Oksijen basıncının hamur viskozitesi ve DP'si üzerine etkisi.....	40
4.6.2. Sodyumborhidrür oranının hamur viskozitesi ve dp' si üzerine etkisi.....	40
4.7. Anızlardan Soda-Oksijen-Sodyumborhidrür Yöntemiyle Elde Edilen Kağıtların Fiziksel ve Optik Özelliklerine Ait Bulgular.....	40
4.7.1. Pişirme koşullarının kopma uzunluğu üzerine etkisi.....	41
4.7.1.1. Oksijen basıncının kopma uzunluğu üzerine etkisi.....	42
4.7.1.2. Sodyumborhidrür'ün kopma uzunluğu üzerine etkisi.....	43
4.7.2. Pişirme koşullarının patlama indisi üzerine etkisi.....	43
4.7.2.1. Oksijen basıncının patlama indisi üzerine etkisi.....	44
4.7.2.2. Sodyumborhidrür'ün patlama indisi üzerine etkisi.....	45
4.7.3. Pişirme koşullarının yırtılma indisi üzerine etkisi.....	45
4.7.3.1. Oksijen basıncının yırtılma indisi üzerine etkisi.....	46
4.7.3.2. Sodyumborhidrür'ün yırtılma indisi üzerine etkisi.....	47
4.7.4. Pişirme koşullarının parlaklık üzerine etkisi.....	47
4.7.4.1. Oksijen basıncının parlaklık üzerine etkisi.....	48
4.7.4.2. Sodyumborhidrür'ün parlaklık üzerine etkisi.....	49
4.7.5. Pişirme koşullarının opaklık üzerine etkisi.....	50
4.7.5.1. Oksijen basıncının opaklık üzerine etkisi.....	51
4.7.5.2. Sodyumborhidrür'ün opaklık üzerine etkisi.....	51
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>53</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>59</b>
<b>EK ÇİZELGELER.....</b>	<b>67</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>72</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Buğday sapı ( <i>Triticum aestivum</i> L.) boğum arası (Internod) enine kesitinde lifsel hücreler (Traheid+sklerankima) ile diğer hücrelerin görünüşü (40x).....	4
Şekil 1.2. Buğday sapı ( <i>Triticum aestivum</i> L.) boğum (nod) enine kesitinde lif ve diğer hücre gruplarının görünüşü (x40) .....	4
Şekil 1.3. Buğday sapı ( <i>Triticum aestivum</i> L.) yaprak enine kesitinde lif ve diğer hücre gruplarının görünüşü .....	4
Şekil 1.4. Buğday sapı kraft-sodyumborhidrür yöntemiyle elde edilen kağıt hamurunda liflerin ve diğer elemanların görünüşü(x40).....	5
Şekil 1.5. Biçim sonrası tarlada kalan anızlar .....	7
Şekil 1.6. Odun yongalarının ve yıllık bitki saplarının delignifikasyon evreleri(Tutuş ve ark, 2009).....	13
Şekil 1.7. Moleküler oksijenin suya indirgenmesi.....	15
Şekil 1.8. Fenolik çekirdek üzerine oksijen başlangıç atağı mekanizması .....	15
Şekil 1.9. Soda-Oksijen yükseltgenmesiyle selülozda aldonik asit uç gruplarının meydana gelmesi görülmesi .....	16
Şekil 1.10. Oksijen ve radikallerle selülozun oksidasyonu (Hafizoğlu, 1982) .....	17
Şekil 1.11. Selülozun soyulma reaksiyonu.....	19
Şekil 1.12. Sodyumborhidrür'ün aldehit ve keton gruplarını hidroksil grubuna indirgeme reaksiyonu .....	22
Şekil 3.1. Anızlara ait liflerin SEM görüntüsü (10 µm).....	27
Şekil 4.1. Oksijen basıncının kopma uzunluğu üzerine etkisi.....	43
Şekil 4.2. Sodyumborhidrürün patlama indisi üzerine etkisi .....	45
Şekil 4.3. Oksijen basıncının parlaklık üzerine etkisi.....	49
Şekil 4.4. Sodyumborhidrür'ün parlaklık üzerine etkisi.....	50
Şekil 4.5. Oksijen basıncının opaklık üzerine etkisi.....	51

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Buğday sapının değişik morfolojik kısımlarındaki liflerin boyutları (Tutuş ve ark, 2009).....	3
Çizelge 1.2. Türkiye’de yetiştirilen buğday bitkisinin yıllara göre ekilmiş alanı, üretim miktarı ve verimi (FAOSTAT, 2012) .....	6
Çizelge 1.3. 2007-2010 yılları arasında Türkiye'nin kağıt ve karton üretimi, tüketimi ve kişi başına düşen miktarı (FAOSTAT, 2012) .....	10
Çizelge 3.1. Soda-Oksijen-Sodyumborhidrür pişirme koşulları .....	28
Çizelge 4.1. Anız ve buğday saplarına ait kimyasal bileşen oranları ve morfolojik özellikleri.....	32
Çizelge 4.2. Bazı yıllık bitki ve odunlara ait kimyasal bileşen oranları .....	33
Çizelge 4.3. Anızlardan soda-sodyumborhidrür-oksijen yöntemiyle elde edilen kağıt hamurlarının Bauer-McNett Aletinde Lif Tasnif Sonuçları .....	34
Çizelge 4.4. Pişirme koşulları ve elde edilen hamurların verim ve kimyasal özellikleri.....	35
Çizelge 4.5. Pişirme değişkenlerinin kağıt hamurunun kapa numarası üzerindeki etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları .....	38
Çizelge 4.6. Pişirme değişkenlerinin kağıt hamurunun viskozitesi üzerindeki etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları .....	40
Çizelge 4.7. Anızlardan elde edilen kağıtların fiziksel ve optik özellikleri .....	41
Çizelge 4.8. Pişirme değişkenlerinin kağıt hamurunun kopma uzunluğu üzerindeki etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları .....	42
Çizelge 4.9. Pişirme değişkenlerinin kağıt hamurunun patlama indisi üzerindeki etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları .....	44
Çizelge 4.10. Pişirme değişkenlerinin kağıt hamurunun yırtılma indisi üzerindeki etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları .....	46
Çizelge 4.11. Pişirme değişkenlerinin kağıt hamurunun parlaklık üzerindeki etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları .....	48
Çizelge 4.12. Pişirme değişkenlerinin kağıt hamurunun opaklık üzerindeki etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları .....	51
Çizelge 5.1. Anız ve tüm buğday saplarına ait ve kağıt hamuru ve kağıt üretiminde önemli olan bazı kimyasal bileşenler ve morfolojik özellikler .....	54
Çizelge 5.2. Anız ve buğday saplarından soda-oksijen yöntemiyle elde edilen kağıt hamurlarının verim oranları ve pişirme koşulları .....	54
Çizelge 5.3. Anız ve tüm buğday saplarına ait hamur verimleri .....	54
Çizelge 5.4. Duncan testi sonuçlarına göre anızlardan Soda-Oksijen-Sodyumborhidrür yöntemiyle elde edilen kağıt hamuru ve kağıtların en uygun pişirme koşulları.....	56
Çizelge 5.5. Anızlardan soda-oksijen-sodyumborhidrür yöntemiyle kağıt hamuru üretiminde kimyasal, fiziksel ve optik özellikler yönüyle en uygun pişirme koşulu .....	56

## EK ÇİZELGELER DİZİNİ

Ek Çizelge 1. Buğday saplarından Soda-Oksijen-NaBH <sub>4</sub> yöntemi ile elde edilen kağıtların dövme kademelerine göre gramaj (gr/m <sup>2</sup> ) değerleri.....	67
Ek Çizelge 2. Buğday saplarından Soda-Oksijen-NaBH <sub>4</sub> yöntemi ile elde edilen kağıtların dövme kademelerine göre kalınlık(μm) değerleri.....	67
Ek Çizelge 3. Buğday saplarından Soda-Oksijen-NaBH <sub>4</sub> yöntemi ile elde edilen kağıtların dövme kademelerine göre rutubet (%) değerleri.....	68
Ek Çizelge 4. Buğday saplarından Soda-Oksijen-NaBH <sub>4</sub> yöntemi ile elde edilen kağıtların dövme kademelerine göre hacimlilik (cm <sup>3</sup> /gr) ve yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> ) değerleri.....	68
Ek Çizelge 5. Buğday saplarından Soda-Oksijen-NaBH <sub>4</sub> yöntemi ile elde edilen kağıtların dövme kademelerine göre kopma uzunluğu (m) değerleri.....	69
Ek Çizelge 6. Buğday saplarından Soda-Oksijen-NaBH <sub>4</sub> yöntemi ile elde edilen kağıtların dövme kademelerine göre patlama indisi (kPa.m <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> ) değerleri.....	69
Ek Çizelge 7. Buğday saplarından Soda-Oksijen-NaBH <sub>4</sub> yöntemi ile elde edilen kağıtların dövme kademelerine göre yırtılma indisi (mN.m <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup> ) değerleri.....	70
Ek Çizelge 8. Buğday saplarından Soda-Oksijen-NaBH <sub>4</sub> yöntemi ile elde edilen kağıtların dövme kademelerine göre parlaklık (ISO) değerleri.....	70
Ek Çizelge 9. Buğday saplarından Soda-Oksijen-NaBH <sub>4</sub> yöntemi ile elde edilen kağıtların dövme kademelerine göre sarılık (E313) değerleri.....	71
Ek Çizelge 10. Buğday saplarından Soda-Oksijen-NaBH <sub>4</sub> yöntemi ile elde edilen kağıtların dövme kademelerine göre opaklık (ISO) değerleri.....	71

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b>m</b>	:	Metre
<b>cm</b>	:	Santimetre
<b>mm</b>	:	Milimetre
<b>cm<sup>3</sup></b>	:	Santimetreküp
<b>m<sup>2</sup></b>	:	metrekare
<b>ml</b>	:	Mililitre
<b>g</b>	:	Gram
<b>mN</b>	:	Milnewton
<b>ppm</b>	:	Miligram/litre
<b>kP</b>	:	kilopaskal
<b>l</b>	:	Litre
<b>pH</b>	:	Asitlik ve bazlık derecesi
<b>NaBH<sub>4</sub></b>	:	Sodyumborhidrür
<b><math>\alpha</math></b>	:	Alfa
<b>N</b>	:	Normalite
<b>ISO</b>	:	Uluslararası Standart Organizasyonu
<b>TAPPI</b>	:	Technical Association of the Pulp and Paper Industry
<b>DP</b>	:	Polimerizasyon derecesi
<b>FAOSTAT</b>	:	Dünya Tarım ve Gıda Örgütü İstatistikleri

## 1. GİRİŞ

Kağıt hamuru, bir yarı mamul olan ve kağıt üretiminde kullanılan, lifsel yapıdaki hücrelerden oluşan otsu ve odunsu bitki materyallerinden farklı yöntemlerle liflerin serbest hale getirilmesiyle üretilmektedir. Genel olarak tüm lignoselülozik yapıdaki bitkilerden kağıt hamuru üretilebilmektedir. Fakat, hammaddeler kendi aralarında farklı lifsel karaktere sahiptir. Örneğin, iğne yapraklı ağaç odunlarında bulunan ve traheid olarak adlandırılan uzun ve esnek liflerden direnç özellikleri yüksek kağıt sayfaları oluşturmaktadır. Bu özelliğinden dolayı kağıt üretiminde aranan bir hammadde konumundadır. Buna karşın, yapraklı ağaç odunları kısa, dar, ekseriyetle rijit liflere sahip olduğundan, bu tür hammaddelerden elde edilen hamurlar yazı-baskı özelliğini iyileştirmekte ve kağıt üretiminde genellikle uzun lifler içerisine belirli oranda karıştırılmakta ya da oluklu mukavva ve karton yapımında kullanılmaktadır. Yıllık bitkilerden elde edilen kağıt hamurları ise hammadde türüne göre çok değişik kullanım yerleri bulmuştur.

Dünyada ve ülkemizde kağıt hamuru üretimi için kullanılan hammaddelerin gittikçe azalması, kağıt hamuru üreticilerini yeni hammadde kaynakları aramaya yönlendirmiştir. Bu kaynaklara ulaşmak amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların en önemlilerinden bazıları boş alanların ağaçlandırılması suretiyle odun hammaddesi üretiminin artırılması, hızlı gelişen türlere yönelerek üretimin artırılması, ağacın kök, gövde, dal, kabuk gibi kısımlarının kağıt hamuru yapımında kullanılması olup, bu konuda çalışmalar yoğunlaşmıştır. Öte yandan yıllık bitkiler ve tarımsal artıklar da odun kökenli hammaddelere alternatif, kağıt hamuru üretimi için en önemli hammadde kaynaklarıdır. Ana hammaddesi oduna dayalı kağıt endüstrisinde lignoselülozik yapıdaki yıllık bitkilerin hammadde olarak kullanılmasına 19. yüzyılın başlarında geçilmiştir. Azalan orman varlığı nedeniyle yıllık bitkilere karşı bu talep özellikle ikinci dünya savaşından sonra hızlı bir artış göstermiş ve yıllık bitkilerden kağıt hamuru üretimine yönelik küçük ve büyük çaplı birçok fabrika kurulmuştur (Eroğlu, 1982; Tutuş, 2000; Akgül, 2007).

Kaliteli yazı ve baskı kağıtlarında kısa lifler, kağıdın baskı özelliklerini artırmaktadır. Günümüzde kağıt hamuru üretiminin ana hammaddesi farklı ağaç türlerinin karışımlarından elde edilmektedir. Kaliteli yazı-baskı kağıt üretimi için yapraklı ve iğne

yapraklı ağaclar veya iğne yapraklı ve yıllık bitki lifleri beraber kullanılır. (Saijonkari ve Pahkala, 2001).

Bitki liflerinin çoğundan kağıt yapılabilir. Fakat bu bitkilerin mevcut miktarları, elde edilecek kağıdın mahiyeti ve maliyeti göz önüne alınır, kağıt üretiminde hammadde olarak kullanılacak bitkilerin sayısının fazla olmadığı görülür. Değişik hammaddelerden elde edilen her lifin kendine has özelliği olup, sahip olduğu özelliğini kağıda vermektedir (Daniel, 1973).

Dünyada potansiyel üretim bakımından çok önemli bir yere sahip olan ve kağıt endüstrisinde değerlendirilebilecek en önemli hammaddelerden birisi tarımsal artıklardır (Cheng, 1993).

Tarımsal artıkların, toplanmasının ve taşınmasının ekonomik olmaması ve çoğu ülkede de odun hammaddesinin bol ve ucuz olması gibi nedenlerden dolayı kağıt endüstrisinde geniş ölçüde kullanılmamıştır (Atchison, 1973).

Özellikle tarıma dayalı bir ekonomiye sahip olan ve orman kaynakları sınırlı olan ülkelerde tarımsal artıklar ile kültüre edilmiş veya edilmemiş yıllık bitkilerin kağıt hamuru üretiminde kullanımı üzerine ilgi artmıştır. Ülkemizin de bir tarım ülkesi olması tarımsal artıklar yönünden önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Bu yüzden kağıt hamuru üretimi için tarımsal artıkların kullanılması uygun bir çözüm yolu olarak görülmektedir.

Bunun esas nedeni aşağıdakilerden kaynaklanmaktadır (Atchison, 1989; Tutuş ve ark., 2009).

1. Orman kaynaklarının sınırlı oluşu nedeniyle kağıt sektörüne yeterli hammadde sunulmaması.
2. Tarımsal kaynaklı ve yeterince değerlendirilemeyen önemli miktardaki hammadde potansiyelinin mevcut oluşu.
3. Gelişmekte olan ülkelerde hızlı nüfus artışına paralel olarak kültürel ve endüstriyel kağıt talebinin hızlı artışı.

### **1.1. Buğday Bitkisi (*Triticum aestivum*) Hakkında Genel Bilgiler**

*Triticum aestivum*, hegzaploid (kromozom sayısı  $2n=42$ ) grubun çıplak taneli formlarının en önemli türü olup, bugün ekonomik değeri olan buğdayların %75'inden

fazlası bu türe aittir. Grubun alt türlerinde kılçıklı ve kılçıksız çeşitler vardır. Başaklar sırttan basık olup, başakçıklar başak eksenine seyrek olarak dizilmişlerdir.

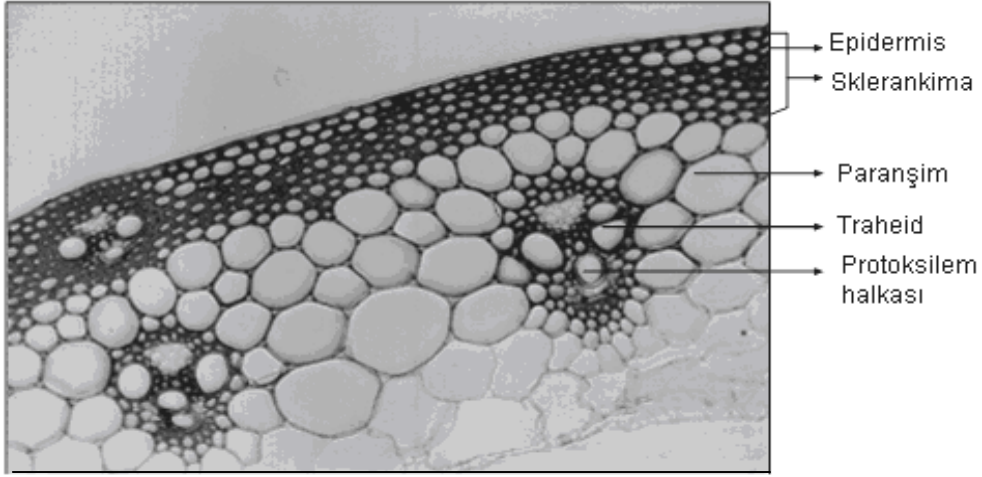
Buğday saplarında boğum arası (internod), boğum (nod), yapraklar, başak eksen, kavuzlar ve kılçık olmak üzere 6 çeşit morfolojik kısım bulunur (Kün, 1988).

Aşağıda Çizelge 1.1'e göre, buğday sapının lifleri genelde kısa ve çeşitli morfolojik kısımlara göre lif uzunlukları değişmektedir. En uzun lifler 1.44 mm ile yapraklarda, en kısa lifler ise 0.46 mm ile kavuzlarda bulunmaktadır. Ortalama lif uzunluğu ise 0.815 mm dir (Tutuş ve ark, 2009).

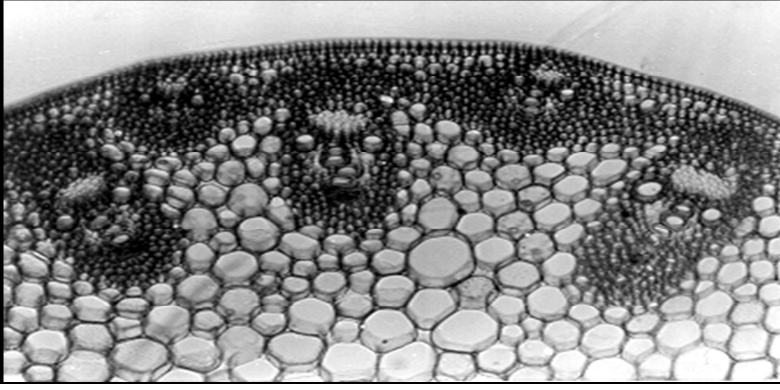
Çizelge 1.1. Buğday sapının değişik morfolojik kısımlarındaki liflerin boyutları (Tutuş ve ark, 2009).

Lif Özellikler	Morfolojik Kısımlar	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı	Minimum Değer	Maksimum Değer
Lif Uzunluğu (mm)	Boğum arası	0.881	0.19	21.16	0.7	2.3
	Boğum	0.610	0.15	26.36	0.4	1.20
	Yapraklar	1.440	0.26	19.30	0.5	1.7
	Başak eksen	0.679	0.16	24.67	0.3	1.2
	Kavuzlar	0.465	0.14	26.26	0.3	1.1
Lif Genişliği (µm)	Boğum arası	14.30	2.40	17.22	6.1	19.9
	Boğum	14.81	3.61	24.50	5.6	20.9
	Yapraklar	14.53	3.53	24.07	7.9	25.7
	Başak eksen	18.22	4.45	24.00	11.5	27.3
	Kavuzlar	18.25	4.26	21.00	6.1	26.7
Lümen Genişliği (µm)	Boğum arası	3.88	1.85	45.60	1.8	10.5
	Boğum	4.15	1.90	47.00	2.0	11.6
	Yapraklar	3.68	1.59	43.20	1.6	8.3
	Başak eksen	7.80	2.17	27.82	4.1	13.3
	Kavuzlar	7.94	2.34	29.47	5.1	16.3
Çift Çeper Kalınlığı (µm)	Boğum arası	10.66	2.54	25.23	5.1	16.6
	Boğum	10.70	2.89	26.23	7.10	17.1
	Yapraklar	10.66	3.24	27.99	7.76	17.3
	Başak eksen	11.55	3.09	27.49	7.45	16.8
	Kavuzlar	10.24	2.61	24.09	6.35	14.0

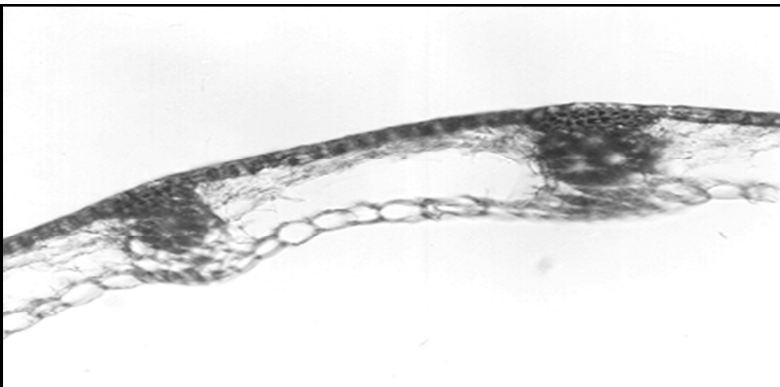
Şekil 1.1'de buğday sapı boğum arası (internod) enine kesitinde lif ve diğer hücreler, Şekil 1.2' de buğday sapı boğum (nod) enine kesitindeki tüm dokular, Şekil 1.3'de ise buğday sapı yaprak enine kesitinde doku elemanları görülmektedir (Deniz, 1994).



Şekil 1.1. Buğday sapı (*Triticum aestivum* L.) boğum arası (İnternod) enine kesitinde lifsel hücreler (Traheid+sklerankima) ile diğer hücrelerin görünüşü (40x)

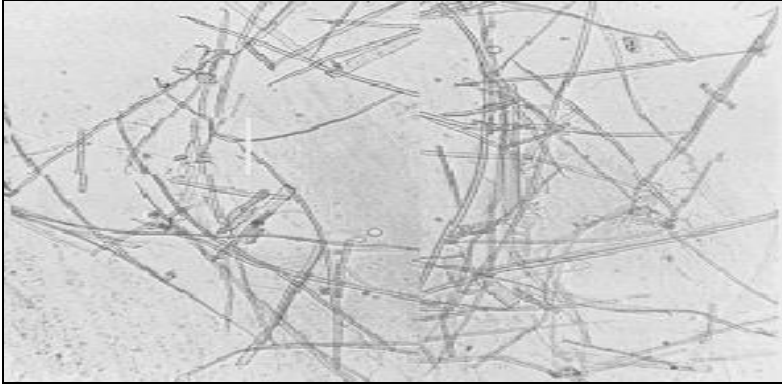


Şekil 1.2. Buğday sapı (*Triticum aestivum* L.) boğum (nod) enine kesitinde lif ve diğer hücre gruplarının görünüşü (x40)



Şekil 1.3. Buğday sapı (*Triticum aestivum* L.) yaprak enine kesitinde lif ve diğer hücre gruplarının görünüşü

Şekil 1.4'de buğday saplarından kraft-sodyumborhidrür yöntemi ile elde edilen kağıt hamurundaki lif ve diğer elemanlar görülmektedir.



Şekil 1.4. Buğday sapı kraft-sodyumborhidrür yöntemiyle elde edilen kağıt hamurunda liflerin ve diğer elemanların görünüşü(x40)

Boğum arası içi boş bir tüp şeklinde olup, buğday sapının ağırlık yönünden %60-70'ini meydana getirir. Tüm bir sapta boğum ve boğum arası sayısı 5-9 arasında olup, toprak üstünden görülenlerinin sayısı 5-6 kadardır. Boğum arası uzunluklar toprak seviyesinden yukarı çıkıldıkça artar. Boğum arasında bulunan skleranşim hücreleri ve iletim demetleri kağıt hamuru üretimi için en uygun liflerdir. Saptaki liflerin çeper kalınlığı toprak seviyesinden yukarı doğru çıkıldıkça azalmaktadır (Zhao ve ark, 1992).

Yapraklar ağırlık yönünden ikinci sırada gelir. Yaprak, yaprak kını ve yaprak ayası olarak iki kısma ayrılıp, yaprak kını boğumlardan itibaren başlar. Yapraklar gevrek yapıda olduklarından toplama ve taşıma sırasında önemli bir kısmı kırılarak toz haline gelir. Yapraklar silis açısından boğumlardan biraz daha zengindir (Akgül, 1997).

Tahıllarda bitki boyu toprak yüzü ile başağın en üst başakçık ucu arasındaki uzunluk olup, serin iklim tahıllarında 50-200 cm arasında değişmektedir. Boydaki artışlar tane verimini azaltmakta ve bitkinin yatmasına neden olmaktadır. Bu yüzden, uzun boyluluk istenmemekte olup, özellikle yoğun tarım tekniği ile yetiştirilecek çeşitlerde bitki boyu 1 metreyi aşmamalıdır.

Tarımcılara göre, 1 kg buğdayın üretildiği yerden 2 kg buğday sapı elde edilmektedir (Akgül, 1997). Buna göre aşağıda Çizelge 1.2'de üretim miktarları incelendiğinde Türkiye'nin yıllık buğday sapı üretimi yıllara göre 40 milyon ton civarında değişmektedir. Ancak biçme sırasında %30'u toprak üzerinde kaldığından toplam sapın %70'i toplanabilmektedir.

Çizelge 1.2. Türkiye’de yetiştirilen buğday bitkisinin yıllara göre ekilmiş alanı, üretim miktarı ve verimi (FAOSTAT, 2012)

Yıl	Ekilmiş Alan (1000 ha)	Üretim (ton)	Verim (kg/ha)
2000	9.400	21.008.600	2.235
2001	9.350	19.007.000	2.033
2002	9.300	19.508.000	2.098
2003	9.100	19.008.200	2.089
2004	9.300	21.000.000	2.258
2005	9.250	21.500.000	2.324
2006	8.481	20.010.000	2.360
2007	8.098	17.234.000	2.128
2008	8.098	17.782.000	2.196
2009	8.027	20.600.000	2.566
2010	8.054	19.660.000	2.441

Tahıl sapsaları için anız yüksekliği 18-20 cm civarındır. Anızın tüm sapa oranı ile balyalama ve taşıma kayıpları yetiştirme ortamına göre önemli ölçüde değişmektedir. Buğday ve arpa sapsaları için anız ağırlığını bütün sap ağırlığına göre % 17, balyalama ve taşıma kayıplarını da %15 aldığımızda, toplam % 32 oranındaki anız, toplama ve nakliye kayıpları hasat indeksi (1:2.66) oranından düşülürse 1/1.81 (dane/sap) oranı elde edilebilir. Bu oran, anız yüksekliği ve nakliye şartlarına göre değişebilir (Tutuş ve ark, 2009).

Türkiye buğday sapsı üretimi bakımından önemli bir potansiyele sahip olup dünyada önemli tahıl üreticisi 6-7 ülkeden birisidir. Buğday tarımının önemli birkaç bölgede toplanması nedeniyle buğday sapsının taşıma kolaylığı yönünden yurtiçinde önemli bir avantaj sağlanmıştır. Özellikle üretiminin %21 kadarı Konya ve Ankara illeri sınırı içinde yapılmakta olup bu bölgede 6-7 milyon ton buğday sapsı üretilmektedir. İkinci derecede önemli bölgeler ise, Çukurova, Trakya ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’dir (Eroğlu, 1983). Dünyada ise toplanabilir buğday sapsı miktarı 580 milyon civarında tahmin edilmektedir (Atchison, 1988; Deniz, 1994).

Kağıt üretimi açısından, buğday sapslarında bulunan boğum, ağırlıkça toplam sap ağırlığının %4-5’i kadardır ve kağıt hamuru üretiminde lifler yeterince ayrılmadığı için elek artığının artmasına neden olmaktadır. Bu yüzden kağıt hamuru üretiminde boğumlar istenmemektedir.

Kağıt üretimi açısından önemli olan özelliklerden birisi de lif uzunluğudur. Lif uzunluğu iğne yapraklı ağaçlarda 3-7 mm, yapraklı ağaçlarda ve yıllık bitkilerde ise 0,7-2

mm'dir. Uzun lifler daha sağlam ve yırtılma direnci yüksek kağıtlar verirken, kısa lifler ise, yazı-baskı kağıtlarında iyi formasyon ve yüzey düzgünlüğü vermektedir.

Buğday saplarında morfolojik kısımların lif/diğer hücrelere oranı %40-60 dolayındadır. Oysa bu oran ladinde %96 lif, %4'ü diğer hücreler şeklindedir. Örneğin, buğday sapında lif uzunlukları; boğum arasında 1.3 mm, yapraklarda 1.4 mm, boğumlarda 0.7 mm, başak ekseninde 0.7 mm ve kavuzlarda 0.8 mm'dir (Eroğlu, 1983).

## 1.2. Anız Hakkında Genel Bilgiler

Hububat ekili alanlarda hasat sonrası toprakta kalan anız, toprakta uzun süre kalıcı olan toprağın organik maddesinin kaynağını oluşturmaktadır. Ancak ülkemizde bir yanlış uygulama eseri olarak hububat hasadının ardından çoğu tarlalarda anız dumanları göklere yükselmektedir. Ayrıca anız yakılmakla kalmayıp anızla beraber yakınında bulunan orman alanları, telefon direkleri ile birlikte toprakta yaşayan tüm canlı varlıklar yok olmaktadır. Şekil 5.1'de biçim sonrası tarlada kalan anızların resmi verilmiştir.



Şekil 1.5. Biçim sonrası tarlada kalan anızlar

Anız yakımı ile topraklar cansızlaştırılmakta, yok edilmekte, ürünler kalitesizleştirilmekte, ekosistemler bozulmakta, dünyadaki ekolojik dengeler menfi yönde değişmekte, biyoçeşitlilik azalmakta, beslenme sunileşmektedir. Üzerinde tarım yaptığımız, bizi besleyen, doyuran toprak, on binlerce yılda oluşmuş canlı bir varlıktır. Bir gramında çoğunlukla dünyadaki insan nüfusundan daha fazla canlı (bakteri, mantar, aktinomiset, alg ve benzeri) barındırır. Bu nedenle de biz canlılar gibi nefes alır, nefes

verir. Diğer deyişle solunum yapar. Toprağa can katan, canlılık veren bu mikroorganizmaların yaşam kaynağı, toprağa çeşitli yollarla verilen ya da ulaşan organik bileşiklerdir. Bu organik bileşikler, hasat sonrası toprakta kalan bitki kökleri, hasat artıkları, ya da toprağa verilen hayvan gübresi ve benzeri materyallerdir. Verimli bir toprakta, organik madde adını verdiğimiz bu materyal %5 dolayında olmalıdır. Oysa bizim topraklarımızda bu oran %1-2 civarındadır. Ülkemiz tarım sisteminde topraktaki organik maddenin ana kaynağı da genelde tahıl grubu bitkilerdir. Zira ülkemizde ekili-dikili alanların yaklaşık yarısında hububat üretimi, üçte birinde ise sadece buğday üretimi yapılmaktadır. Bu alanlarda, hasat sonrası toprakta kalan anız ise, toprakta gerçekte uzun süreli kalıcı olan toprak organik maddesinin kaynağını oluşturur. Özellikle buğday hasadına başlanacak, ardından çoğu tarlalarda anız dumanları göklere yükselecektir(URL-1-, URL-2-, URL-3-).

Toprağın organik madde kaynağı yok edildiği için toprak daha çok erozyona uğrar. Oysa ülkemiz topraklarının en önemli sorunu erozyondur. Ülkemiz topraklarının %73'ü şiddetli erozyon tehdidi altındadır. Erozyonla yılda ülkemizde tarım topraklarından 500 milyon ton, tüm ülke genelinden 1.4 milyar ton yüzey toprağı yok oluyor. Örnek verecek olursak yılda bir Kıbrıs adası kadar topraklarımız erozyona uğramaktadır. Bu durum, Türkiye'nin çölleşmesi yolunda ciddi bir tehdittir. Toprağın organik madde kaynağının azaltılması nedeniyle toprağın verimliliğini düşürmekte, daha fazla mineral gübre kullanımı gerektirmektedir. Besin zinciri yoluyla insan vücuduna kadar ulaşan bazı mineral gübre türevleri (nitrit, nitrosamin) kanser olaylarını tetiklemektedir. Daha fazla uygulanmak durumunda kalan mineral gübrelerden bazıları gaz formunda (NO, N<sub>2</sub>O) stratosfer tabakasına ulaşarak klorflorhidrokarbon ve benzeri gazlar gibi ozonun parçalanmasına, dolayısıyla ozon tabakasının incelmesine neden olmaktadır. Bilindiği üzere, ozon tabakasındaki incelme ve delinme sonucu yerküreye ulaşan cilt kanseri etmeni olan kısa dalga boylu ışınlarının miktarı artmaktadır. Toprağın, zehirli toksik bileşikleri nötralize etme gücü azalmaktadır. Zira, organik madde içeriğı düşük topraklarda mikroorganizma faaliyeti azalmakta olup, bunun sonucu, toprağa atılan tarımsal mücadele ilaçlarının toprakta mikroorganizmalarca parçalanması da yavaşlamaktadır. Bu yolla, besin zincirine giren pestisitlerin miktarı da artarak, insan ve hayvanlarda kanserojen olayların artma riski ortaya çıkmaktadır (URL-1-, URL-3-, URL-4-).

Toprağa canlılık veren, üst topraktaki (0-10 cm) mikroorganizmalar anız yakımı sırasındaki yüksek sıcaklık nedeniyle yok edilmektedir. Mikroorganizma popülasyonunda bir süre sonra rejenerasyon olsa da, hem yanma ile mikrobiyel denge bozulmakta, hem de anızın yakılması sonucu mikroorganizmaların besin kaynağı azaldığı için mikroorganizmalar yeterince çoğalamamaktadır. Dolayısıyla toprağın biyolojik verimliliği düşüyor. Toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri kötüleşmektedir. Bu durumda toprakta bitki kökleri yeterli gelişme gösteremez, yeterli solunum yapamaz, bitki sulama suyundan yeterli yararlanamaz, toprak yeterli su depolayamaz, havalanma yeterli olmaz, besin elementleri kaybı olur, bitki dengeli beslenemez, dolayısıyla verimde düşme meydana gelmektedir. Küresel ısınma daha da artar. Son yüzyıl içerisinde dünyada iklim değişikliği zaten önemli sorunlardan birisi haline gelmiştir. Avrupa'nın ortalama sıcaklığı son yüzyıl içerisinde 1.2 °C artmıştır (küresel artış 0.6 °C). Yerkürede ortalama sıcaklığın 2100 yılına kadar 1.4-5.8 °C artması beklenmektedir. Bu durum dünyanın çeşitli yerlerinde yağış dengesizliklerine, dolayısıyla sel felaketlerine yol açmaktadır. Yapılan tahminler, içinde bulunduğumuz yüzyılda yağış miktarının her on yılda bir %1-2 oranında artacağını göstermektedir. Atmosferdeki karbondioksit artışı da küresel ısınmada önemli bir etmendir. Anız yakımı ile bir dekarlık alandan 150-200 kg karbondioksit atmosfere gönderilmektedir. Topraktaki makro canlılar yanmakta, yaban hayatıyla ilgili ekolojik denge bozulmakta, orman yangınlarına neden olunmakta, telefon direkleri yanmaktadır.

Ülkemizde çiftçilerin anız yakma nedenleri;

- Daha iyi bir tohum yatağı hazırlamak.
- Yabancı ot ve haşereleri yok etmek.
- Hasat sonrası hemen diğer bir ürünün ekilişine geçilecekse mibzerin istenilen bir şekilde ekim yapmasını sağlamaktır.

Oysa bu nedenlerin sağlayacağı fayda vereceği zararın yanında çok küçük kalmaktadır. Hasat sonrası anızın yakılması toprak ve su kaybını artırmakta verimi ise azaltmaktadır.

Anız yakma sonucu karşılaşılan zararlar ise;

1. Anızın yakılması ile topraktaki organik madde yakılarak yok edilmektedir.
2. Toprağı su ve rüzgar erozyonuna daha hassas bir duruma getirmektedir.
3. Anız yangınları sırasında havanın kirlenmesi yanında yükselen dumanlar zaman zaman kara yollarında görüşü azaltarak trafik kazalarına neden olmaktadır.
4. Anızın yakılmasından sonra verimli topraklar giderek verimsiz hale dönüşmektedir.

### 1.3. Türkiye Kağıt ve Karton Sanayi'nin Dünyadaki Yeri

2010 yılı verilerine göre Dünya kağıt ve karton üretimi miktarı 399.794.876 tondur. Bunun Kuzey Amerika 88.518.817 tonunu, Avrupa 108.036.948 tonunu, Latin Amerika 14.928.000 tonunu, tüm Asya 174.622.034 tonunu, Avustralya 4.072.000 tonunu, Afrika 3.824.477 tonunu üretmiştir. Dünya kağıt hamuru üretimi 2010 yılında 183.171.255 tondur. 2010'de Türkiye 5.334.000 ton ile kağıt ve karton üretmektedir (FAOSTAT, 2012).

Aşağıda Çizelge 1.3'de 2007–2010 yılları arası Türkiye'nin kağıt ve karton üretimi ve tüketimi rakamlarının yansıttığı gerçek, Türkiye'nin kağıt ve karton sanayisinin büyümesine açık bir ülke olduğunu göstermektedir.

Çizelge 1.3. 2007-2010 yılları arasında Türkiye'nin kağıt ve karton üretimi, tüketimi ve kişi başına düşen miktarı (FAOSTAT, 2012)

Yıllar	Kağıt Karton Üretimi (ton)	Kağıt Karton Tüketimi (ton)	Kişi Başına Kağıt Karton Tüketim (kg)
2007	1.643.000	3.942.237	56
2008	4.442.000	6.366.002	89
2009	4.442.000	6.381.991	88
2010	5.334.000	7.273.991	99

2007 yılında kişi başına düşen kağıt- karton tüketimi 56 kg iken 2010 yılında bu değer %76.78 artarak 99 kg ulaşmıştır (Çizelge 1.3).

### 1.4. Anızlardan Kağıt Hamuru Üretimi

Düşük yoğunluklu ve gözenekli yapıya sahip olan tahıl saplarından kağıt hamuru yapımının tarihi 1800'lü yıllara kadar uzanmaktadır. Matthias Koop ve Montgolfier tahıl saplarından ağartılmış kağıt hamuru yapmayı denemişler ve böylelikle tahıl sapları, paçavradan sonra en çok kullanılan hammadde haline gelmiştir (McDonald, 1969).

Sülfat ve sülfite yöntemiyle odundan kağıt hamuru üretiminin yaygınlaştığı 19. yüzyılın sonlarına doğru yıllık bitkiler daha çok oluklu mukavva, ambalaj kağıtları v.b. gibi ürünlerin yapımında kullanılmaya başlanmıştır.

Kağıt hamuru üretimi bir delignifikasyon işlemi olup lignin kimyasal olarak çözülür. Ligninin çözülmesi sonucu lifler bireysel hale gelir. Kağıt hamuru bitki materyallerinin bireysel hale getirilmiş selülozik lif kümeleri olarak tanımlanabilmektedir.

Bitki materyalinde bulunun lifler alkali, sülfite veya organik çözücüler yardımıyla selülozik olmayan maddeler ve lignin uzaklaştırılmaktadır. Aynı zamanda lifler mekanik ve yarı mekanik yöntemler kullanılarak da bireysel hale getirilebilmektedir. Bireysel hale getirilen lifler sulu süspansiyondan süzülerek ayrıldıktan sonra yıkama ve ağartma işlemleri uygulanmaktadır.

Odunsu olmayan bitkilerden kağıt hamuru üretimi için en çok kullanılan yöntemler Kraft, soda ve sülfite yöntemleridir. Birçok ülkede buğday saplarından kağıt hamuru üretimi soda yöntemiyle yapılmaktadır.

Anızlardan kağıt hamuru üretimi, odun ile kağıt hamuru üretimi ile prensip olarak benzerdir. Fakat, buğday sapları oduna göre daha geçirgen ve ince olduklarından dolayı oduna nazaran üretimi daha kolaydır (Eroğlu, 1987; Tutuş ve Eroğlu, 2003).

Anızlardan, taşlı liflendiriciyle odununkine benzer bir mekanik hamur üretmek mümkün olmasa da, rafinör kullanılarak mekanik hamur üretilebilmektedir. Bu amaçla pamuk sapı, şeker kamışı bagası, kamış, kenaf ve diğer yıllık bitki gövdeleri kullanılabilir. Yıllık bitkilerden mekanik hamur üretiminde en başarılı ve umut vadeden uygulamalardan biri, buharın kullanıldığı termomekanik hamur (TMP) yöntemidir. Kimyasal ön işleme takviye edilmiş termomekanik hamur üretimi (CTMP) şeker kamışı bagasından gazete kağıdı üretiminde uygulanmaktadır.

Yıllık bitkilerden ve tarımsal artıklardan kağıt hamuru üretimi amacıyla geliştirilen bazı yöntemlere değinilmiştir. Bunlar (Kırcı, 2006):

1. Yıllık bitkilerden kesintili üretim sistemi ile kağıt hamuru üretim yöntemleri:

- Kireç Kaymağı ile Muamele
- Soda Yöntemi
- Kraft (Sülfat) Yöntemi
- Monosülfite (Nötral Sülfite) Yöntemi
- Soda-Oksijen Yöntemi
- Sülfite Yöntemi
- Organosolv Yöntemler
- Biyolojik Yöntemler

2. Yıllık bitkilerden kesintisiz üretim sistemi ile kağıt hamuru üretim yöntemleri:

- Pandia Yöntemi

- Kamyır Pişirme Sistemi
- Celcedor-Pomilio Yöntemi
- Esher Wyss CMP Yöntemi
- HF (HojbygaardFabrik) Yöntemi
- SAICA Yöntemi
- NACO Yöntemi

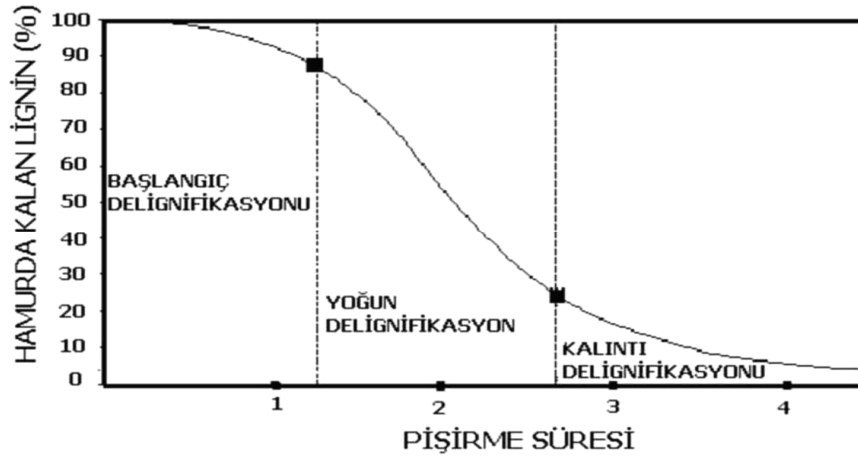
### 3. Mekanik ve yarıkimyasal kağıt hamuru üretim yöntemleri

Anızlardan kesintili veya sürekli pişirme tekniği ile hamur üretilebilir. Buğday saplarının gözenekli, gevşek ve hacimli yapısı sebebiyle çözelti penetrasyonunda sıkıntı oluşturmadığı ve pişirme işleminde döner küresel kazanların yanında sabit silindirik kazanların da kullanımını mümkün kılmıştır. Ancak, hacimli olan hammadde ile kazan içerisine fazla miktarda hava girdiğinden pişirme öncesinde hammaddenin kazan içerisinde yeterince buharlanması gerekir. Aksi durumda, alkali ortamda hava oksijeninin karbonhidratlar üzerindeki oksidatif bozunma reaksiyonlarının olumsuz etkisi önlenemez (Ezici, 2010).

#### 1.5. Kimyasal Yöntemlerle Kağıt Hamur Üretimi

Kimyasal yöntemlerle kağıt hamuru üretiminde temel ilke, odun yongalarının ve yıllık bitkilerin kimyasal bir pişirme çözeltisi ile belirli sıcaklık, basınç ve sürede işleme tabi tutularak, istenilen delignifikasyon derecesi elde edilinceye kadar pişirilmesinden ibarettir. İşleme başlamadan önce, kaliteli hamurların elde edilebilmesi için odunların kabuğunun soyulmuş olması, yıllık bitkilerin toz, kir ve yabancı maddelerden tamamen temizlenmesi gerekmektedir. Liflerin serbest hale gelebilmesi için mekanik enerji kullanılmadığından, lifler zarar görmemektedir. Dolayısıyla mekanik ve yarı mekanik yöntem ile üretilen hamurlara göre kimyasal yöntemler ile üretilen kağıtlar daha sağlam lifler arası bağ yapar ve kağıdın direnç özelliklerini olumlu yönde etkilemektedir.

Kimyasal yöntemlerle hamur üretiminde odun yongalarından ve yıllık bitki saplarından ligninin uzaklaştırılması üç aşamada meydana gelmektedir ( Şekil 1.6).



Şekil 1.6. Odun yongalarının ve yıllık bitki saplarının delignifikasyon evreleri(Tutuş ve ark, 2009)

Başlangıç delignifikasyonunda, lignini çözmek için gerekli kimyasal maddeler yonga ve sap içerisine girerek lignini parçalamaya başlar. Bu evrede uzaklaşan lignin miktarı oldukça düşüktür. Delignifikasyon reaksiyonlarının arttığı ve uzaklaşan lignin miktarının yüksek olduğu faza yoğun delignifikasyon denmektedir. Yoğun delignifikasyonun sonuna doğru orta lamelde bulunan lignin tükendiğinden lifler hiçbir mekanik güce ihtiyaç duymadan serbest hale gelmeye başlar. Belirli bir süre sonra odun ve saptaki ligninin uzaklaşması gittikçe azalmakta ve delignifikasyon eğrisi yatayla paralele yakın bir eğim göstermeye başlar. Kalıntı delignifikasyonu adı verilen bu evrede karbonhidratlardaki bozulma reaksiyonları da hızla artmaya başlar (Lindholm, 1993).

Bir lignoselülozik materyalde, orta lamelden ligninin uzaklaşmasına bağlı olarak liflerin serbest hale gelmesi dış taraftan içe doğrudur. Bu nedenle, yongaların çözeltiyle temasta olan dış kısımları daha erken liflere ayrılırken; yonganın merkezine doğru gidildikçe lignin moleküllerinin pişirme çözeltisi içerisine doğru taşınmasının (kütle transferi) zorlaşması nedeniyle delignifikasyon yavaşlamaya başlar. Sonuçta pişirme tamamlandığında, özellikle kalın yongaların merkezinde pişerek hamura dönüşmemiş odun kıymıkları kalabilir. Bu kısımlar hamurun elenmesi sırasında hamur içerisinden ayrılabilir ve elek artığı olarak adlandırılırlar. Elek artığı pişirmede kullanılan tam kuru yonga ağırlığına oranla % olarak ifade edilir (Kırcı, 2006).

Eleme işleminden sonra elekten geçmiş ve kağıt yapımına uygun hale gelmiş kısma elenmiş hamur, elek üzerinde kalmış ve kağıt yapımında istenmeyen kısma ise elek artığı adı verilmektedir. Elenmiş hamur ve elek artığı verimi toplam verimi göstermektedir.

Elenmiş hamur verimi lignin uzaklaşmasına bağlı olarak hızlı bir artış göstermektedir. Delignifikasyon oranı %70-80'e ulaştığında yonga ve sapların büyük bir kısmı dağılmaya başlar. Orta lameldeki ligninin hemen hemen çözündüğü ve liflerin herhangi bir mekanik etkiye maruz kalmaksızın kendiliğinde bireysel lif haline geldiği kritik noktaya liflere ayrılma noktası denmektedir.

Ağartılabilir özellikte ve sağlam bir kimyasal hamur üretmek için kontrol edilmesi gereken iki önemli etken vardır. Bunlardan birisi hamurda kalan lignin oranı (kappa sayısı), diğeri ise selülozun kimyasal bozunmaya uğrama derecesidir (selülozun polimerleşme derecesi = DP). Kolay ağartılan ve direnç özellikleri yüksek bir hamur elde etmek için birbiriyle çelişen bu iki değer titizlikle kontrol edilmesi pişirme işleminin hamur kalitesi açısından bir optimum noktada bitirilmesi gerekir (Kırcı, 2006).

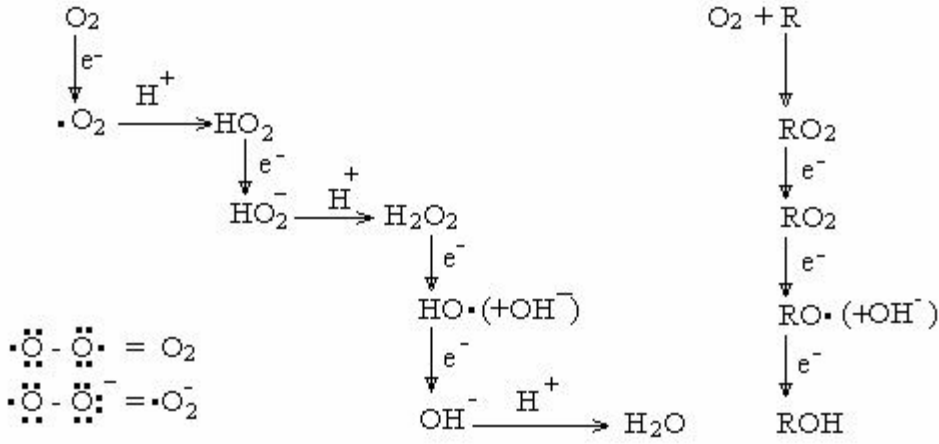
### **1.5.1. Soda-Oksijen yöntemi ile kağıt hamuru üretimi**

Kağıt hamuru üretiminde kullanılan pişirme tekniklerinin daha verimli hale getirilmesi, ekonomik olması ve çevreye olan olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi için bir çok çalışma yapılmaktadır. Yıllık bitkiler için soda-oksijen yöntemi bunlardan biri olup, geleneksel soda ve sülfat pişirme tekniklerine göre bazı avantajlara sahiptir. Bunlar;

- Daha seçici bir delignifikasyon sağlaması,
- Elde edilen hamurun parlaklığının yüksek olması,
- Bu yöntemle elde edilen kâğıt hamurlarının daha düşük kimyasal madde tüketimi ile ağartılabilmesi,
- Kükürtsüz bir pişirme yöntemi olarak su ve hava kirlenmesini azaltmasıdır (Eroğlu, 1980; Kırcı, 1996).

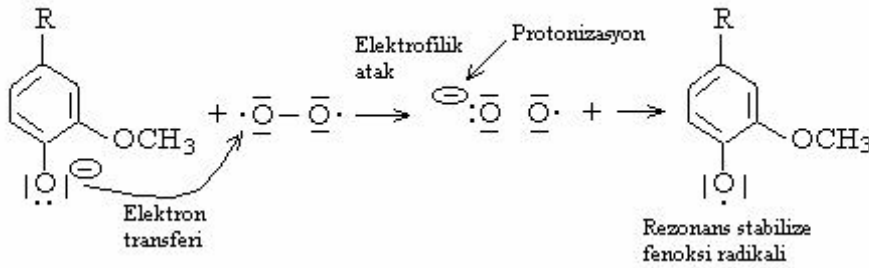
Oksijenin normal olarak çiftlenmemiş iki elektronu bulunmaktadır. Reaksiyonları sırasında dört ana devre ile suya indirgenir. Ara ürünler olarak meydana gelen peroksi ve hidroksi radikalleri oldukça güçlü ve spesifik oksitleyicilerdir. Moleküler oksijenin suya indirgenmesi Şekil 1.7'de gösterilmektedir (Eroğlu, 1981).

Sürekli elektron alımı sonucunda oksijenden, önce peroksi radikali, sonra hidrojen peroksit ara ürünleri ve son olarak da su meydana gelir. Bu bileşenler içerisinde  $O_2$ ,  $H_2O_2$ ,  $HO_2$  gibi iyonik formda olanlar ılımlı oksitleyicilerdir. Fakat,  $\cdot O_2$ ,  $HO_2\cdot$ , gibi radikaller kuvvetli oksitleyiciler olup selektif olarak yalnız lignini oksitlemeyip karbonhidratları da oksitlemektedirler (Robert, 1974; Lachenal, 1976).



Şekil 1.7. Moleküler oksijenin suya indirgenmesi

Ligninin, alkali ortamda çözünen oksijenle ilk reaksiyonu fenolat gruplarından itibaren başlar. Yüksek elektron yoğunluğu bulunan bölgeden oksijenle bir elektron transferi gerçekleşir. Böylece, meydana gelen peroksi radikali ya fenolat anyonu ile ya da rezonans yoluyla stabilize olmuş fenoksi radikaliyle reaksiyona girerek peroksi bileşiklerini verirler. Şekil 1.8’de görüldüğü gibi bu bileşikler de yeniden düzenlenerek hidroksi radikallerine çevrilirler (Hafizoğlu, 1982; Minor, 1989).



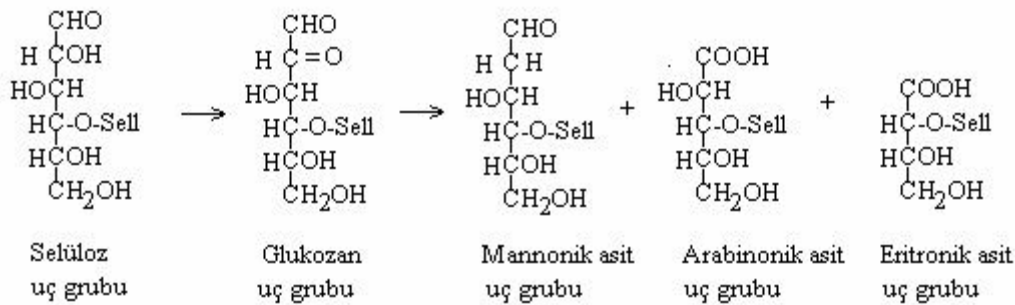
Şekil 1.8. Fenolik çekirdek üzerine oksijen başlangıç atak mekanizması

Alkali ortamda, ligninin bazı eter bağları hidrolize uğrayarak fenolik OH grupları meydana gelir. Daha sonra bu fenolik hidroksil gruplarının iyonlaşması sonucunda fenoksi radikalleri oluşur. Böylece lignin, oksidasyona ve degradasyona uğramaktadır. Fenoksi radikalleri rezonans yoluyla stabilize olmaktadır (Robert, 1974).

### 1.5.2. Soda-Oksijen yönteminin selüloz ve hemiselüloz üzerine etkisi

Oksijen-alkali oksidasyonunda, polisakkaritlerin ana reaksiyonları üç gruba ayrılabilir. Soyulma reaksiyonları, uç grubun stabilizasyonu ve polisakkarit zincirinin kopmasıdır. Reaksiyon sırasında oksijenin faydası, uç aldehit grubunun, reaksiyonu sonucu aldonik asit uç grubuna dönüşerek stabilize olmasıdır. Soda-oksijen ortamında oksijen, polisakkaritlerin uç monomerleri üzerindeki indirgen grupları radikaller bir oksidasyonla oksitleyebilir. Oksijen, selülozun uç monomerleri üzerindeki aldehit ve karbonil gruplarının hidrojenleriyle reaksiyona girerek glukozan grubu meydana getirir. Bu ara ürün daha ileri derecede yükseltgenerek hidroliz olur veya aldonik aside dönüşür. Glukozanın oksijenle doğrudan oksidasyonu sonucu arabinonik, eritronik asit ve mannonik asitler gibi ara ürünler meydana gelir. Bir miktar da glukonik, ribonik ve treonik asitler meydana gelmektedir (Singh ve Bjorn, 1979). Stabilizasyondan önce reaksiyon şartlarına göre 10 – 50 şeker birimi soyulma reaksiyonuyla ayrılmaktadır.

Aşağıda Şekil 1.9’da soda-oksijen yükseltgenmesinde selülozda aldonik asit uç gruplarının meydana gelmesi görülmektedir.



Şekil 1.9. Soda-Oksijen yükseltgenmesiyle selülozda aldonik asit uç gruplarının meydana gelmesi görülmesi

Aldonik asitler sayesinde polisakkaritlerin, soyulma reaksiyonuna karşı dayanımı artsa da, arabinonik asitler 130 °C' de degradasyona uğramakta, mannonik ve eritronik asitler de 150 °C' nin altında stabil kalabilmektedir. Aldonik asitler soda-oksijen ağartma şartlarında stabil, oksijen alkali pişirme ortamında yüksek sıcaklıktan dolayı degradasyona uğrayabilirler. Alkole dönüşerek stabilize olan uç gruplar oksijenin etkisiyle kolayca oksitlenebilir (Tutuş, 1996).

### 1.5.3. Soda-Oksijen yönteminde selülozun degradasyonu

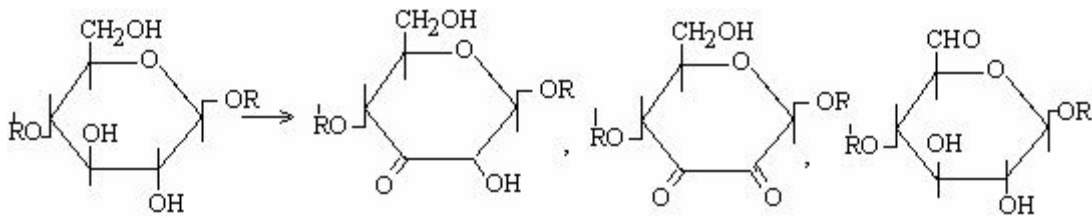
En zararlı polisakkarit reaksiyonu polisakkarit zincirinin kesilmesiyle ortaya çıkan depolimerizasyon reaksiyonudur. Asıl depolimerizasyon reaksiyonu, şeker birimindeki C<sub>2</sub>-nin oksidasyonla karboksil grubuna yükseltgenmesidir. C<sub>3</sub>'-ün yükseltgenmesi de aynı sonucu doğurur. Çünkü keto grubu C<sub>2</sub>- ile C<sub>3</sub>- arasında dolaşmaktadır. Alkalen şartlar altında C<sub>2</sub>- keto şeker grubu C<sub>4</sub>-deki alkoksi eliminasyonuna karşı oldukça duyarlıdır. Böylece zincir koparak yeni indirgen uç grup meydana gelir. Oksitlenmiş şeker birimi ya bozunur ya da furanozidik bir aside dönüşür (Kalın, 2005).

Delignifikasyon sırasında meydana gelen hidroperoksitler genel anlamda bir hidrojen peroksit türevleri olup, HOOH formülünde bir hidrojen atomunun yerini organik bir radikal alır. ROOH ve HOOH bizzat kuvvetli oksitleyiciler olup, bilhassa, odun içinde bulunan katalitik orandaki geçiş metalleri iyonlarının etkisiyle radikaller bileşikler halinde ayrışmaya elverişlidirler (Kırcı, 2000). Bu ayrışmada etkili olan katyonlar şunlardır:

- Cu<sup>+</sup>, Cu<sup>+2</sup>, Fe<sup>+3</sup>, Fe<sup>+2</sup>, Co<sup>+2</sup>, Co<sup>+3</sup>.

Geçiş metalleri iyonları H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'yi ayrıştırmakta ve meydana gelen serbest hidroksi radikalleri selülozu degradasyona uğratmaktadır. Geçiş metalleri su, hammadde ve ekipmanlardan kaynaklanır. Hidroksi peroksitlerin ve geçiş metalleri iyonlarının konsantrasyonu selüloz degradasyonu üzerine büyük bir etkiye sahiptir. Selülozun degradasyonu alkali oranı arttıkça artmakta, magnezyum iyonları ilavesiyle azalmaktadır (Lachenal, 1984).

Şekil 1.10'da selülozun oksijen ve radikallerle meydana gelen oksidasyonu görülmektedir.



Şekil 1.10. Oksijen ve radikallerle selülozun oksidasyonu (Hafizoğlu, 1982)

### 1.5.4. Pişirmede verim kaybına neden olan reaksiyonlar

Alkalilerin etkisiyle özellikle yüksek sıcaklıklarda bazı reaksiyonlar meydana gelmektedir. Bunlardan soyulma reaksiyonu önemli bir yer tutmaktadır. Alkalen koşullarda

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

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

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

Hemiselülozların büyük bir kısmı delignifikasyon reaksiyonları başlamadan önce odun yongasından uzaklaşır. Galaktoglukomannan, pişirmede en erken çözünmeye başlayan hemiselülozlardandır. Sıcaklık 130 °C'ye ulaştığında galaktoglukomannanın önemli bir kısmı çözeltiye geçerken çok az bir kısmı kararlı hale gelerek hamur içerisinde kalır (Kırcı, 2000).

Ksilan türü hemiselülozların 140 °C'in altında çözünmesi yavaştır. Sıcaklık ve alkali konsantrasyonu artırdıkça ksilanların çözünmesi hızlanır. Çünkü ksilanlar parçalanmamış polimer zinciri olarak ayrılmaya eğilimlidir (Kalm, 2005).

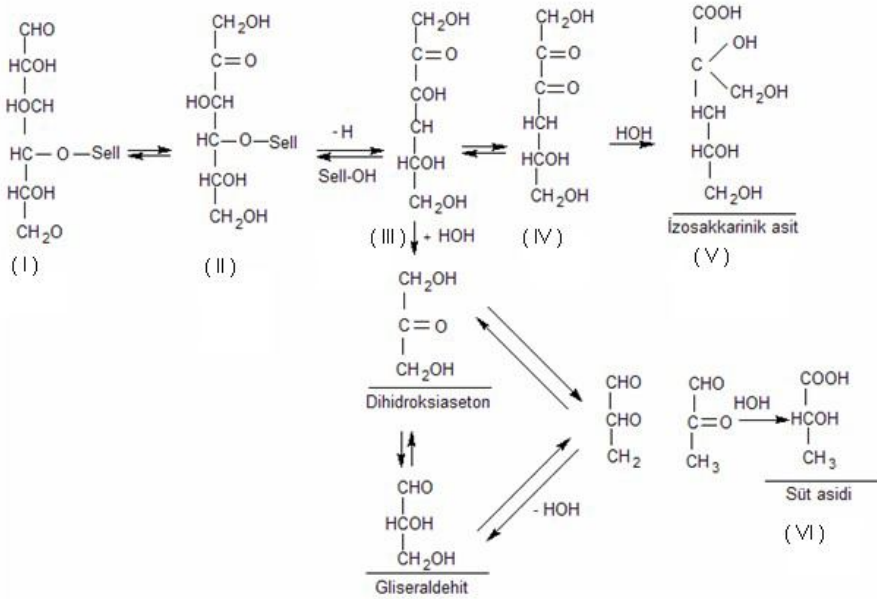
Pişirme sıcaklığının artışı ve alkali konsantrasyonunun düşmeye başlamasıyla ksilan ayrılması yavaşlar. Pişirmenin ileri evrelerinde (pH'nın 12.5'in altına düşmesi) çözelti fazına geçen ksilanların tekrar lif üzerine çökmesi (reabsorpsiyon reaksiyonu) meydana gelir. Çökelen ksilanların % 20'sinin alkalide tekrar çözünmediği tespit edilmiştir (Kırcı, 2000).

Odunun yapısında ortalama lignin oranını %25–30 olarak kabul edersek ve soda yönteminde hamur verimini %40–50 olarak düşünürsek aradaki verim kaybının nasıl olduğu sorusu akla gelmektedir. Bu soruya soyulma (peeling) ve alkali hidroliz reaksiyonlarıyla cevap bulabilir.

### 1.5.4.1. Soyulma reaksiyonu

Alkalilerin etkisiyle özellikle yüksek sıcaklıkta bazı reaksiyonlar meydana gelmektedir. Bunlardan soyulma reaksiyonu önemli bir yer tutmaktadır. Alkalen koşullarda polisakkaritlerin en belirgin reaksiyonu indirgen uç gruptan başlayan soyulma reaksiyonudur. Bu reaksiyon daha düşük sıcaklıklarda da meydana gelmektedir, fakat reaksiyon hızları ancak 80 -100 °C derecelerde belirli bir düzeye ulaşmaktadır. Soyulma reaksiyonu sülfat pişirmesinde oldukça hızlıdır. Şekil 1.11'da selülozun soyulma reaksiyonu görülmektedir.

Piştirme sıcaklığı 100 °C'ye ulaştığında ortamda soyulma reaksiyonları hakim olmaya başlamaktadır. Polisakkarit zincirinin indirgen ucundan başlayan soyulma reaksiyonu ile monomerler ana zincirden birer birer ayrılır. Birincil soyulma denen bu reaksiyon sonucunda verim kaybı ve polimerleşme derecesinde (DP) düşüş meydana gelmektedir.



Şekil 1.11. Selülozun soyulma reaksiyonu

Soyulma reaksiyonu polisakkarit zincirinin indirgen ucunda meta-sakkarinik asit uç grubu oluşuncaya kadar (durdurma (stopping) reaksiyonu) devam eder ve sonuçta zincir kararlı hale gelir (Kırcı, 2000).

Alkalen koşullarda polisakkaritlerin en belirgin reaksiyonu indirgen uç gruptan başlayan soyulma reaksiyonudur. Bu reaksiyon daha düşük sıcaklıklarda da meydana

gelmektedir, fakat reaksiyon hızları ancak 80–100 °C de belirli bir düzeye ulaşmaktadır (Hafizoğlu, 1982).

Selülozun soyulma reaksiyonunda uçtaki glukoz birimi alkalen koşullarda fruktoz, tipine izomerize olur. Bu da  $\beta$ -alkoksi eliminasyonu ile koparak ayrılır. Aynı zamanda indirgen bir yeni uç gruba deoksi bir bileşik meydana gelir. Alkalen koşullarda bu deoksi bileşik izomerizasyon yoluyla izosakkarinik aside dönüşür, fakat önemlice bir kısmı da fragmentasyonla özellikle yüksek sıcaklıkta gliseraldehid verecektir. Gliseraldehit de çeşitli reaksiyon evreleri sonucu süt asidine dönüşmektedir (Hafizoğlu, 1982).

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

#### **1.5.4.2. Hidroliz reaksiyonları**

Selüloza zarar veren asıl reaksiyon alkalen reaksiyondur. Kraft pişirmesi esnasında karbonhidratlara zarar veren mekanizmalardan ikincisi alkalen hidrolizdir. Pişirme sıcaklığının 150 °C'ın üzerine çıkmasıyla alkalen hidroliz reaksiyonları da başlar. Alkalen hidroliz polisakkarit zincirini koparıp DP'de azalma meydana getirmenin yanında, molekül zincirinde soyulma reaksiyonuna karşı hassas yeni indirgen uç gruplarının oluşmasına sebep olur. Dolayısıyla alkalen hidroliz reaksiyonlarını çoğu kere ikincil soyulma reaksiyonları takip eder. Selüloz molekülünde hidroliz olursa molekülün zincir uzunluğu kısalmaya ve boyutu azalmaya başlar. Bu durum tabii olarak selülozun çözünürlüğünü artırır (Kırcı, 2006; Tutuş ve ark, 2009).

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

#### **1.6. Borlu Bileşiklerin Kağıt Hamuru Üretiminde Kullanım Yeri**

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

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

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

### **1.6.1. Sodyumborhidrür'ün kağıt hamuru üretiminde kullanımı**

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

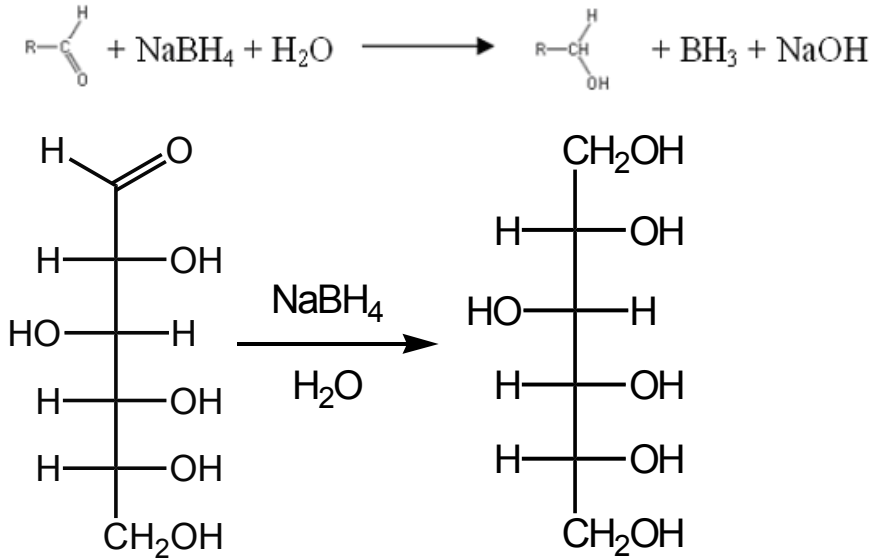
Viskozite ve polimerizasyon derecesi genellikle alkalen çözeltilerde ölçüldüğü ve bu çözeltilerde karbonil içeren molekül zincirleri kolaylıkla depolimerize olduğundan önemlidir. Aynı zamanda borhidrür indirgenmesiyle selülozun uç grupları da indirgenerek alkalen çözeltilerde soyulma reaksiyonlarına karşı stabil hale gelir. Bununla birlikte ağartılmış selülozun sararma eğilimi de azalmaktadır. Bunun nedeni sodyumborhidrürün indirgen uç grupları ve diğer aldehit keton gruplarını kolayca indirgeyerek hidroksil grubuna çevirmesidir. Sodyumborhidrürün selüloz kimyasında kullanılması ile karbonhidratların analizinde indirgenmiş olan şekerlerin tanınması kolaylaşmaktadır (Ayata, 2008).

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

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

Kağıt hamuru verimini artırmak üzere sodyumborhidrür ( $\text{NaBH}_4$ ) esaslı reaksiyonları, geniş bir şekilde çalışılmıştır. Bu işlemde pişirme çözeltisine

sodyumborhidrür doğrudan ilave edilerek indirgenmenin başlaması, reaksiyon için gerekli ısıyı ortaya çıkarmaktadır. Verim artışı, hamur içeriğindeki hemiselüloz artışına bağlıdır. NaBH<sub>4</sub> güçlü bir indirgendir. Aşağıda Şekil 1.12’de görüldüğü gibi NaBH<sub>4</sub> pişirme sırasında selüloz zincirinin indirgen ucundaki karbonil grubunu hidroksil grubuna indirgeyerek muhtemel soyulma reaksiyonunu durdurur. Böylece, pişirme sırasında verimde meydana gelen azalmaları önler. Oluşan bu reaksiyon sadece selüloz değil aynı zamanda hemiselülozda da görülmektedir. Soyulma reaksiyonu pişirme sırasında sıcaklığın 80-100 °C’ye ulaşmasıyla başlar. Sıcaklığın 150 °C’yi geçmesiyle bu kez zincir alkali hidrolize maruz kalır (Hafizoğlu, 1982). Soyulma reaksiyonunda monomerler indirgen uçtan birer birer koparken, alkali hidrolizde ise zincirin ortasından soyulma reaksiyonuna göre daha büyük kopmalar meydana gelmektedir (Şekil 1.12).



Şekil 1.12. Sodyumborhidrür’ün aldehit ve keton gruplarını hidroksil grubuna indirgeme reaksiyonu

Bu çalışma kapsamında, her geçen gün azalan odun hammadde kaynaklarına alternatif olarak anız kullanılmış ve soda-oksijen-sodyumborhidrür yöntemiyle kağıt hamurları elde edilmiş ve elde edilen hamurların verim, kimyasal, fiziksel ve optik özellikleri yönünden karşılaştırılması yapılmıştır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Hafizoğlu (1982), Kağıt hamuru üretimi ile ilgili araştırmalarda bu zamana kadar tek indirgenin sodyumborhidrür olduğunu belirtmektedir. Alkali pişirme ortamında selülozun karbonil grupları hidroksil gruplarına indirgenebilir. Viskozite ve polimerizasyon derecesi genellikle alkalin çözeltilerde ölçüldüğü ve bu çözeltilerde karbonil içeren molekül zincirleri kolaylıkla depolimerize olduğundan önemlidir. Aynı zamanda borhidrür indirgenmesiyle selülozun uç grupları da indirgenerek alkalin çözeltilerde soyulma reaksiyonlarına karşı stabil hale gelir. Borhidrür indirgen uç grupları ve diğer aldehit keton gruplarını kolayca indirgeyerek hidroksil grubuna çevirir. Sodyumborhidrürün selüloz kimyasında kullanılması ile karbonhidratların analizinde indirgenmiş olan şekerlerin tanınması kolaylaşır. Ligninin renk gruplarına etkisi ile sodyumborhidrür lignini koruyucu ağartma elemanı olarak kullanılabilir. Sülfat pişirmesinde katalizör olarak ilave edilen sodyumborhidrür karbonhidratların indirgen uç gruplarını soyulma reaksiyona karşı koruyarak kağıt hamuru elenmiş verimini artırdığı tespit edilmiştir.

Ateş ve Kırıcı (2001),  $\text{NaBH}_4$ 'ün güçlü bir indirgen olduğunu ifade etmişlerdir.  $\text{NaBH}_4$  pişirme sırasında selüloz zincirinin indirgen ucundaki karbonil grubunu hidroksil grubuna indirgeyerek muhtemel soyulma reaksiyonunu durdurur. Böylece, pişirme esnasında verimde meydana gelen azalma önlenmiş olur. Bu reaksiyon sadece selülozda değil hemiselülozda da meydana gelir. Soyulma reaksiyonu pişirme esnasında sıcaklığın 80–100 °C'ye ulaşmasıyla başlar. Sıcaklığın 150 °C'yi geçmesiyle bu kez zincir alkali hidrolize maruz kalır. Soyulma reaksiyonunda monomerler indirgen uçtan birer birer koparken, alkali hidrolizde ise zincirin ortasından soyulma reaksiyonuna göre daha büyük kopmalar meydana geldiğini belirtmektedirler.

Jimenez, L., ve ark. (2002), buğday saplarından Etanol-Aseton yöntemiyle kağıt hamuru üretmiş ve bu yöntemin kağıt hamuru pişirme ve dövme üzerine etkisini ve kağıtların özellikleri üzerine etkisini araştırarak etanol pişirmesinin en uygun pişirme olduğunu belirtmişlerdir.

Gençer, (2003), buğday saplarından KOH-hava yöntemiyle kağıt hamuru üretmiş ve elde edilen hamurlardan deney kağıtları üreterek fiziksel, optik ve mekanik özelliklerini test ederek istatistiksel analizler yardımıyla en uygun koşulları belirlemiştir.

Gümüşkaya, E., ve ark., (2003), “Buğday (*Triticum aestevum* L.) sapı soda-oksijen kağıt hamurunun kimyasal ve kristal yapısı ile optik özellikleri arasındaki ilişkiler” adlı çalışmalarında buğday (*Triticum aestevum* L.) sapından soda-oksijen yöntemiyle elde edilen kağıt hamurları hipoklorit (H) ve peroksit (P) ile iki kademeli ağartma işlemine tabi tutmuşlardır. Sonuç olarak soda-oksijen yöntemiyle elde edilen kağıt hamurlarının HP kademeleri ile ağartıldığında kristalen özelliklerinin artmasına bağılı olarak optik özelliklerinin geliştiğini tespit etmişlerdir.

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

Berrocal, ve ark (2004) “The analysis of handsheets from wheat straw following solid substrate fermentation by *Streptomyces cyaneus* and soda cooking treatment” adlı çalışmalarında buğday saplarını inkübatörde 15 gün boyunca *Streptomyces cyaneus* lakkazında beklettikten sonra 0.25 M NaOH kullanarak 130 °C’de 1 saat % 6 konsantrasyonda kağıt hamuru haline dönüştürmüşlerdir. Kontrol olarak da lakkaz kullanmadan kağıt hamuru üretmişlerdir. Kontrol ve lakkazlı kağıt hamurlarının verimlerini sırasıyla %49.2 ve %42.7 olarak tespit etmişlerdir.

Deniz, ve ark. (2004), buğday saplarından kraft yöntemiyle optimum kağıt hamuru üretimini araştırmış ve alkali oranının %14’den %16’ya çıkmasıyla elenmiş hamur veriminde %42’den %40.6’ya ve viskozitesi de 1114’den 872’ye düşmelerin olduğunu belirtmişlerdir.

Tutuş (2004), buğday saplarından kraft yöntemi ile kağıt hamuru üretimi sırasında pişirme çözeltisine %1.5 oranında NaBH<sub>4</sub> ilave edildiğinde hamur veriminin %2.95 oranında %1 NaBH<sub>4</sub> ilavesi ile %3.83 oranında arttığını tespit etmiştir.

Kham, ve ark. (2005), karboksilik ve peroksi asitlerinin karışımlarının kullanarak buğday saplarından kağıt hamuru üretmiş ve pişirme sırasında buğday saplarının delignifikasyonunun çok uygun olduğunu ve ağartılmasının daha kolay olduğunu belirtmişlerdir.

Gönteki (2006), sahil çamı yongalarından kraft-NaBH<sub>4</sub> ilaveli pişirme yönteminde pişirme çözeltisine ilave edilen NaBH<sub>4</sub> oranı arttıkça hamurların elenmiş verimlerinin arttığını, kappa numaralarının azaldığı tespit etmiştir. Ayrıca bu hamurlardan yapılan kağıtların fiziksel ve optik özelliklerinde iyileşmeler olduğu ifade edilmektedir.

Huang ve ark (2006), “Pulping of Wheat Straw with Caustic Potash-Ammonia Aqueous Solutions and Kinetics” adlı çalışmalarında NH<sub>4</sub>OH-KOH sulu çözeltisi ile buğday saplarından pişirme yapmışlardır. Buğday saplarından kağıt hamuru üretiminde geleneksel alkali yöntemlerinin yerine düşük miktarda KOH içeren amonyak çözeltisinin lignini uzaklaştırmada daha etkili olduğunu gözlemlemişlerdir. Delignifikasyon derecesinin %85.12 ve hamur veriminin %49.65 olduğu pişirme koşulunun optimum olduğunu belirlemişlerdir.

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

Hedjazi, ve ark. (2009), Alkali Sülfite ve antraquinon (AS/AQ) yöntemi kullanarak buğday saplarından kağıt hamuru üretmiş ve toplam hamur veriminin soda ve soda-AQ yöntemine göre yaklaşık %8 daha yüksek olduğunu belirtmiştir.

Tutuş, ve Çelik, A.G., (2009), buğday saplarından kraft-sodyumborhidrür yöntemi ile elde edilen kağıt hamurlarının iki kademeli oksijen+sodyum perborat monohidrat ile ağartılmasını araştırmış ve ISO parlaklık %68.41, sarılık 39.41, beyazlık %78.55 ve opaklık değerini %95.25 olarak bulmuşlardır.

Gençer, ve ark. (2012), Triticale (*Triticosecale*, Wittm. ex A. Camus) saplarından NaOH-O<sub>2</sub> yöntemiyle kağıt hamuru elde edilmesinde optimum pişirme koşullarını belirlemek amacıyla çalışma yapmış ve optimum pişirme koşulunu NaOH oranı %16, O<sub>2</sub> basıncı 8 kg/cm<sup>2</sup> ve çözelti/sap oranı 5/1 oranında sabit, pişirme sıcaklığı 120 °C, pişirme süresi 20 dakika ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranı %1 olarak tespit etmişlerdir.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

Araştırma materyali olarak ülkemizde en geniş yayılış alanına sahip yıllık bitkilerden ticari adı Ceyhan 99 olan Buğday (*Triticum aestivum* L.) saplarının biçer-döver ile biçim sonrası toprakta kalan kısmı (anızlar) kullanılmıştır. Anızlar Kahramanmaraş Tarımsal Araştırmalar İl Müdürlüğü deneme sahalarından alınmıştır.

#### 3.2. Metot

##### 3.2.1. Kimyasal analiz ve lif morfolojik özelliklere ait metotlar

Kağıt üretiminde kullanılacak hammaddenin kimyasal yapısının bilinmesi elde edilecek kağıt hamurunun miktarını ve özelliklerini belirlemede önemli bir yer tutar. Selüloz oranının düşük veya yüksek olması verim üzerine, lignin oranının düşük veya yüksek olması pişirme koşullarının belirlenmesinde bir göstergedir. Diğer taraftan hemiselülozların oranı ve çeşidi kağıt hamurunun sağlamlığını ve dövülme niteliklerini çeşitli yönlerden etkiler (Eroğlu, 1980).

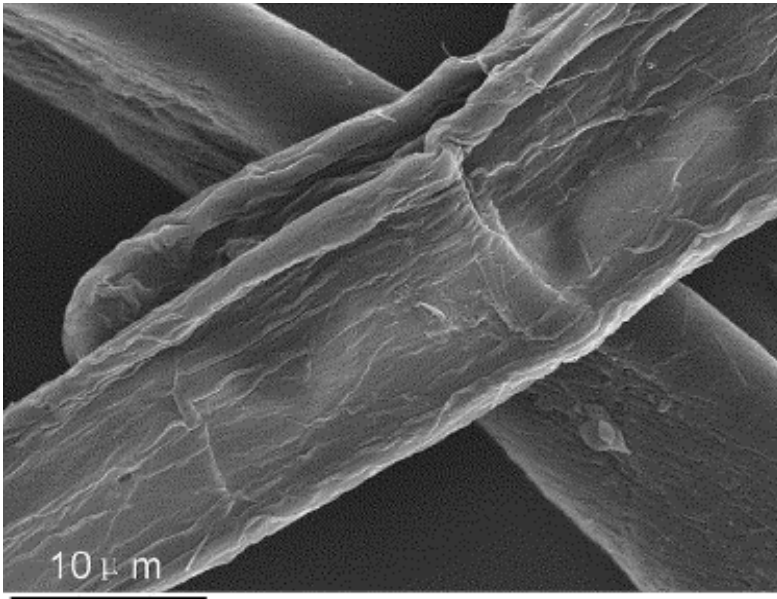
Bu amaç doğrultusunda anızların içerisinde bulunan yabancı ot ve diğer tahıl samanları elle temizlendikten sonra saplar kesici bir aletle 3-4 cm uzunluğunda kesilmiştir. Hava kurusu hale getirilen örneklerin kimyasal analizlerde kullanılacak yeterli miktarı TAPPI T 257om-85 standart yöntemine göre laboratuvar tipi Wiley değirmeninde öğütülerek 40 mesh (425 $\mu$ ) ve 60 mesh (250 $\mu$ )'lik sarsıntılı eleklerde elenmiştir. 40 mesh'lik elekten geçen ve 60 mesh'lik elek üzerinde kalan kısım alınarak ağzı kapaklı cam kavanozlara konulmuş ve kimyasal analizlerde kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Hazırlanan örneklerin rutubet miktarları TAPPI T 246om-88 standardına uygun olarak 103 $\pm$ 2°C'de kurutularak belirlenmiştir (Anonim , 1992).

Rutubeti belirlenmiş örnekler aşağıdaki kimyasal analizlere tabi tutulmuştur:

1. Holoselüloz oranı: Wise' nin klorit metodu (Wise, 1962).
2. Selüloz oranı: Kurschner - Hoffer metodu (Kürschner and Hoffer, 1969).
3. Lignin oranı: TAPPI T 222 om-88 (Anonim, 1992).
4. Alfa selüloz oranı: TAPPI T 203 os-71 (Anonim, 1992).
5. Kül oranı : TAPPI T 211 om-85 (Anonim, 1992).

6. Toluen-Aseton-Etanol çözünürlük oranı : (Anonim, 2007)
7. Soğuk ve sıcak suda çözünürlük oranı: TAPPI T 207 om-88 (Anonim, 1992).
8. % 1 lik NaOH ' de çözünürlük oranı: TAPPI T 207 om-88 (Anonim, 1992).
9. Silis Oranı: TAPPI T 244 om-88) (Anonim, 1992).

Anızların morfolojik kısımlarındaki liflerin uzunlukları, lümen genişliği ve lif genişliği gibi özellikleri kağıt üretimi yönünden önemlidir. Lif morfolojik özelliklerini belirlemek için preparatların hazırlanmasında klorit maserasyon metodu kullanılmıştır. Masere edilen bireysel liflerden preparatlar hazırlanmıştır. Lif morfolojisine ait ölçümler Olympus BX-51 marka ekranlı mikroskopta yapılmıştır. Projeksiyon yöntemi ile lif boyutlarının ölçümü TAPPI T 232 cm-85 standardına bağlı kalınarak yapılmıştır.



Şekil 3.1. Anızlara ait liflerin SEM görüntüsü (10 µm)

### 3.2.2. Anızlardan Soda-Oksijen-Sodyumborhidrür yöntemiyle kağıt hamuru üretiminde uygulanan yöntemler

Kahramanmaraş Tarımsal Araştırmalar İl Müdürlüğü'nden alınan anızların içerisinde bulunan yabancı ot ve diğer tahıl saplarından ayrılarak kesici alet ile 6-8 cm uzunluğunda olacak şekilde yongalanmıştır.

Anızların pişirme işlemleri 15 litre kapasiteli, elektrik yardımıyla ısıtılan, dakikada 4 tam devir yapabilen, 20-25 bar basınca dayanıklı ve otomatik kontrol tablosu ile sıcaklığı termostatlı olarak kontrol edilebilen laboratuvar tipi kesintili döner silindirik pişirme kazanında yapılmıştır. Her pişirmede tam kuru 500 gram buğday sapı kullanılmış ve

doldurma-boşaltma işlemleri el ile yapılmıştır. Pişirme sıcaklığı kontrol panelinden ayarlandıktan sonra kazan üzerindeki termometre ile de kontrol edilerek  $\pm 2-3$  °C hassasiyetle çalışılmıştır.

Soda-Oksijen-Sodyumborhidrür yönteminde; NaOH oranı %16, sodyumborhidrür oranı 0, 0.1, 0.3, 0.5; O<sub>2</sub> oranı 3, 5, 7 bar; sıcaklık 140 °C; süre 50 dakika ve çözelti/sap oranı 5/1 olacak şekilde 12 pişirme deneyi yapılmıştır. Ayrıca, aşağıda Çizelge 3.1'deki pişirme koşulları tüm buğday sapalarına uygulanarak bir adet pişire deneyi daha yapılmıştır.

Çizelge 3.1. Soda-Oksijen-Sodyumborhidrür pişirme koşulları

NaOH oranı (%) (Tam kuru sapa oranla)	16
O <sub>2</sub> (bar)	3, 5, 7
Sodyumborhidrür(%) (Tam kuru sapa oranla)	0, 0.1, 0.3, 0.5
Sıcaklık (°C)	140
Süre (dakika)	50
Çözelti/Sap oranı	5/1

Pişirme sonucu elde edilen hamurlar 200 meshlik elek üzerinde siyah çözelti uzaklaşmaya kadar yıkanmıştır. Kimyasallardan arındırılmış maddeler laboratuvar tipi hamur disintegratöründe belli bir konsantrasyonda 10 dakika süreyle açılarak, yarık açıklığı 0.15 mm olan sarsıntılı ve vakumlu kağıt hamuru eleğinde elenerek pişmeyen kısımlar ayrılmıştır. Sarsıntılı elekten geçip 200 meshlik elek üzerinde kalan hamur %25-30 kurulukta olacak şekilde polietilen poşetlere konularak rutubetin dengelenmesi için 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra hamurun rutubeti TAPPI T 210 cm-86 standart metoduna göre belirlenerek elenmiş ve verim tayini yapılmıştır (Anonim, 1992). Elek üzerinde kalan pişmemiş kısım da aynı şekilde kurutularak tam kuru sap ağırlığına oranlanarak elek artığı oranı tespit edilmiştir. Elenmiş hamur ve elek artığı oranları toplanarak tam kuru sap ağırlığına göre hesaplanarak toplam verim bulunmuştur.

### 3.2.3. Hamur viskozitesinin ve polimerizasyon derecesinin tayini

Bir hamur örneğinin polimerizasyon derecesi selülozu çözebilen bir çözücüde çözüldürüldükten sonra viskozitesinin ölçülmesiyle belirlenir. Viskozite tayininden önce, hamurda kalan ligninin ölçüm üzerine olumsuz etkisini önlemek için, her bir pişirmenin hamuru klorit delignifikasyonuna uğratılmıştır (Nelson and Irvine, 1992; Kırıcı, 2006). Daha sonra SCAN cm 15 (Anonim, 1973) standardına göre hamur 0.5 M bakiretilendiamin (CED) çözeltisinde çözüldükten sonra pipet tipi viskozimetre kullanılarak hesaplanan bağlı

viskozite değeri, Martin' in formülü esasına göre düzenlenen tablo yardımı ile  $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$  olarak gerçek viskozite değerine dönüştürülmüştür.

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

Kağıt hamurunda polimerleşme derecesinin (DP) aşırı ölçüde düşmesi liflerin bireysel sağlamlığını, sonuçta o hamurdan yapılan kağıdın direnç özelliklerinin düşmesine neden olur (Kırcı, 2006).

Hesaplanan viskozite değeri ile hamurun DP' si (polimerleşme derecesi) arasında aşağıdaki ilişki bulunmaktadır.

$$\text{DP}^{0.905} = 0,75 \times \text{Viskozite}$$

Burada “viskozite”  $\text{cm}^3/\text{g}$  cinsinden belirlenen SCAN cm 15:88 viskozitesidir.

#### **3.2.4. Kappa numarasının tayini**

1 g tam kuru kağıt hamurunun belli şartlar altında tükettiği 0.1 N  $\text{KMnO}_4$  çözeltisinin ml miktarı olarak ifade edilen kappa numaralarının belirlenmesinde TAPPI T 236 cm-8 standardı kullanılmıştır (Anonim, 1992; Kırcı, 2006).

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

Yukarıda Çizelge 3.1'de belirtilen pişirme koşullarında elde edilmiş hamurların kappa numaraları ayrı ayrı tespit edilmiş ve her bir hamur için üç tekrar yapılarak ortalamaları alınmıştır.

### 3.2.5. Anızlardan Soda-Oksijen-Sodyumborhidrür yöntemiyle elde edilmiş hamurlardan yapılan kağıtların fiziksel ve optik özelliklerinin belirlenmesi

Anızlardan soda-oksijen-sodyumborhidrür yöntemiyle elde edilen hamurlar standart laboratuvar kağıdı formasyonu öncesinde 10 L hacimli karıştırıcıda % 0.4 kesafete ayarlanmış ve serbestlik tayinleri ISO 5267-1 (Anonim, 1999) metoduna göre Schopper-Riegler aleti kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hamurlar herhangi bir dövme işlemine uğratılmadan ( $20 \pm 5$  SR<sup>o</sup>),  $35 \pm 5$  SR<sup>o</sup> ve  $50 \pm 5$  SR<sup>o</sup> serbestlik derecelerinde Hollander'de dövme işlemine uğratıldıktan sonra Rapid Köthen RK-21 laboratuvar tipi kağıt makinesinde  $70 \pm 3$  g/ m<sup>2</sup> ağırlığında kağıtlar yapılmıştır.

Fiziksel ve optik özelliklerin belirlenmesinde  $50 \pm 5$  SR<sup>o</sup> serbestlik derecelerinde dövülen hamurlardan elde edilen kağıtlar kullanılmıştır.

Anızlardan soda-oksijen-sodyumborhidrür yöntemiyle elde edilen deneme kağıtları; KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında TAPPI T 402 om-88 standardına (Anonim, 1992) göre sıcaklığı  $23 \pm 1$  ve bağıl nemi %  $65 \pm 1$  olan klima odasında 24 saat kondisyonlandıktan sonra aşağıdaki standartlara bağlı kalınarak fiziksel testlere tabi tutulmuştur.

1. TAPPI T 410 om-88 standardına göre gramajı,
2. TAPPI T 411 om-89 standardına göre kalınlık, yoğunluk ve hacimliliği,
4. TAPPI T 220 om-88 standardına göre deneme kağıtlarının kesimi,
5. TAPPI T 494 om-88 standardına göre Frank aletinde, 100 mm uzunluğunda ve 15 mm genişliğinde hazırlanan kağıt şeritler üzerinde kg cinsinden kopma direnci belirlenerek,

Kopma Uzunluğu =  $1000 \times \text{Kopma Direnci} / (\text{Gramaj} \times 15)$  formülünden km cinsinden kopma uzunluğu hesaplanmıştır (Eroğlu ve Usta, 2004).

6. TAPPI T 414 om-88 (Anonim, 1992) standardına göre yırtılma indisi Elmendorf aletinde yapılmıştır. Kağıt örnekleri 62x100 mm boyutlarında kesildikten sonra ikişerli olarak yırtılma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kadranda okunan değer aşağıdaki formül yardımı ile yırtılma indisine çevrilmiştir.

Yırtılma İndisi =  $\text{Okunan değer} \times 3 \times 9.81 / \text{kağıt adedi} \times \text{gramaj}$  formülünden  $\text{mN.m}^2/\text{g}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır.

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

Patlama İndisi = Patlama Direnci ( $\text{kgf/cm}^2$ ) x 98.06/gramaj formülünden  $\text{kPa.m}^2/\text{g}$  olarak hesaplanmıştır.

Optik özelliklerden; ISO parlaklık (%)ve ISO opaklığı (%) (Anonim, 1997) değerleri standart test metotları esas alınarak ve her kağıdın alt ve üst yüzeyindeki ölçümlerin ortalamaları alınarak belirlenmiştir.

### **3.2.6. Anızlardan Soda-Oksijen-Sodyumborhidrür yöntemiyle elde edilmiş hamurlardan yapılan kağıtlara ait verilerin değerlendirilmesi**

Anızlardan soda-oksijen-sodyumborhidrür yönteminin elde edilen kağıt hamurlarından üretilen kağıtların fiziksel ve optik özellikleri üzerindeki etkisini belirlemek için SPSS 15.0 paket programı kullanılmıştır.

Veriler arasında %95 güven aralığında ( $P<0.05$ ) farklılık olup olmadığı tek yönlü varyans analizi ve Duncan testi ile belirlenmiştir. Varyans analizinin uygulanması ile gruplar veya kademeler arasındaki farkların istatistiksel anlamda önemli bulunması durumunda Duncan testi uygulanmıştır.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Anızların Kimyasal Analiz ve Lif Morfolojik Ölçümlerine Ait Bulgular

Anızların ve buğday saplarının kimyasal analizleri daha önce metot bölümünde belirtilen standart metotlara bağlı kalınarak yapılmıştır. Kağıt hamuru ve kağıt üretimi açısından anızların morfolojik özellikleri; lif uzunluğu, lif genişliği ve lümen genişliği önemli bir parametredir.

Aşağıda Çizelge 4.1'de anız ve buğday sapları karşılaştırıldığında anızlara ait holoselüloz oranının %6.69, selüloz oranının %1.02 ve alfa selüloz oranının ise %2.76 daha yüksek, lignin oranının ise %5.67 daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Anız ve buğday saplarına ait kimyasal bileşen oranları ve morfolojik özellikleri

Kimyasal Bileşenler	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
	Tüm Buğday Sapları		Anız	
Holoselüloz	72.75	0.47	77.62	0.43
Selüloz	51.17	0.34	52.53	0.33
$\alpha$ - Selüloz	39.12	0.76	40.20	0.23
Lignin	18.33	0.20	17.29	0.15
Kül	7.77	0.08	7.09	0.01
Silis	5.24	0.26	5.04	0.35
Toluen-Aseton Etanol Çöz.	5.09	0.05	5.46	0,21
% 1 NaOH çözünürlüğü	43.66	0.44	42.06	0.02
Sıcak su çözünürlüğü	14.61	0.50	12.95	0.26
Soğuk su çözünürlüğü	11.5	0.42	8.97	0.33
Lif uzunluğu (mm)	0.876	0.21	0.894	0.19
Lümen genişliği ( $\mu$ m)	3.79	1.75	3.94	1.63
Lif genişliği ( $\mu$ m)	14.11	2.37	14.86	2.41

Bu çalışmada anız için belirlenen kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.2'de belirtilen çalışmalarla kıyaslandığında elde edilen değerlerin literatürde tespit edilen değerlerle uyum gösterdiği belirlenmiştir.

Aşağıda Çizelge 4.2 de yapılan kimyasal analizler neticesinde anızların holoselüloz, alfa selüloz ve lignin içeriğinin diğer yıllık bitkiler için belirlenen değerlere uyum gösterdiği tespit edilmiştir. Kül miktarının ise diğer yıllık bitkilerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan tolüen-aseton-etanol, sıcak ve soğuk su gibi çözünürlük değerleri diğer yıllık bitkiler için verilen değerlere yakınlık göstermekle birlikte, %1 NaOH

çözünürlüğünün diğer yıllık bitkiler ile de literatürde belirtilen değerlerle uyum gösterdiği gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.2. Bazı yıllık bitki ve odunlara ait kimyasal bileşen oranları

Yıllık Bitki ve Odun Türleri	KİMYASAL BİLEŞENLER						ÇÖZÜNÜRLÜK				Kaynak
	Holoseülüz (%)	Selüloz (%)	Alfa Selüloz (%)	Lignin (%)	Pentozan (%)	Kül (%)	Alkol-benzen (%)	%1'lik NaOH	Sıcak su (%)	Soğuk su (%)	
<b>Anız</b>	<b>77.6</b>	<b>52.53</b>	<b>40.20</b>	<b>17.29</b>	-	<b>7.09</b>	<b>5.46</b>	<b>42.06</b>	<b>12.95</b>	<b>8.97</b>	<b>Tespit (Anız)</b>
Buğday sapı	77.1	52.27	39.62	18.33	29.97	7.12	5.48	40.9	12.25	7.65	Tutuş ve Eroğlu 2003
Pamuk sapı	72.2	-	41.6	19.3	-	2.40	6.10	42.9	17.8	16.7	Akgül, 2007
Çavdar sapı	74.1	51.5	44.4	15.4	29.4	3.20	9.20	39.2	13.0	10.2	Usta ve Eroğlu, 1987
Mısır sapı	64.8	45.6	35.6	17.4	-	7.50	9.50	47.1	14.8	-	Eroğlu ve ark., 1992
Tütün sapı	67.6	-	37.5	19.5	18.9	7.30	6.50	42.9	19.1	15.8	Tank ve ark., 1984
Kenaf	81.2	54.4	37.4	14.5	-	4.10	5.00	34.9	12.8	11.7	Doğan, 1994
İbrelî Ağaç	63-74	55-61	-	25-32	8-13	0.2-0.5	1-5.8	8-10	1-5	0.5-4	Kırcı, 2006
Yapraklı Ağaç	72-82	38-55	-	18-26	10-25	0.2-0.7	1-6.2	12-25	1-8	0.2-4	Kırcı, 2006

Akgül (1997), buğday sapının kimyasal analizi ile yaptığı çalışmada; holoseülüz: %74.6, selüloz: %48.5, lignin: %15.9, kül: %5.10, ve alkol-benzende çözünürlük oranının: %5.80 olarak tespit etmiştir.

Atchison (1993), Mabee ve Roy (1999), tarafından yapılan çalışmalarda, buğday sapının kimyasal analizinde, selüloz oranı : %50-52, lignin oranı: %16-20 ve kül oranı: %5-10 olarak tespit edilmiştir.

#### 4.2. Anızlardan Soda-Oksijen-Sodyumborhidrür Yöntemiyle Elde Edilen Kağıt Hamurlarının Bauer-McNett Aletinde Lif Tasniflerine Ait Bulgular

Yapılan laboratuvar çalışmalarında Bauer McNett sınıflandırmasında sadece lif boyu değil aynı zamanda diğer lif fiziksel özelliklerinin de sınıflandırmayı etkilediğini göstermektedir. Lif kabalığı ve lif esnekliği de (Carvalho ve ark., 1997; Tutuş ve ark., 2009) diğer önemli lif fiziksel özelliklerinden olup Bauer McNett' de lif sınıflandırmasını etkilemektedirler. Lif kabalığının sınıflandırmayı etkilediği düşünülmekle birlikte bazen

daha düşük elek açıklıklarında daha yüksek lif kabalık değerlerinin ölçüldüğü görülmektedir (Akhtaruzzaman and Virkola, 1980; Tutuş ve ark., 2009).

Metot bölümünde belirtildiği gibi hammadde olarak kullanılan anız sapları 6-8 cm uzunluğunda kesilmiştir. Ancak çok düşük miktarda da olsa kısa saplar pişirme ortamında bulunmuştur.

Anız sapları masere edilerek tüm morfolojik özellikleri belirlenmiştir. Lif uzunlukları ile ilgili bir değerlendirmede bulunmak için Bauer-McNett aletinde lifler tasnif edilmiştir. TAPPI 233 cm-82 standardına uygun olarak (Anonim, 1992) Bauer-McNett aletinde 16, 30, 50, 100, 150 mesh' lik elek takımıyla hamurların lif tasnifleri yapılmıştır.

Aşağıda Çizelge 4.3'de  $\text{NaBH}_4$  oranının artmasıyla 30 ve 50 meshlik elekte kalan lif oranı azalmakta 150 meshlik elek üzerinde kalan lif oranı ise artmaktadır. Genel olarak 150 meshlik elek üzerinde kalan lif miktarları normal soda-oksijen yöntemine göre daha fazladır.

Çizelge 4.3. Anızlardan soda-sodyumborhidrür-oksijen yöntemiyle elde edilen kağıt hamurlarının Bauer-McNett Aletinde Lif Tasnif Sonuçları

Pişirme No	SR°	MESH' de % Lif Oranı				
		16	30	50	100	150
1	20	1.12	13.96	28.21	23.76	32.95
2	19	1.16	14.25	27.72	23.57	33.30
3	22	1.11	14.02	28.16	24.05	32.66
4	23	1.26	10.23	26.87	21.15	40.49
5	19	1.32	9.96	26.57	22.05	40.10
6	20	1.22	10.06	25.96	22.18	40.58
7	21	1.41	10.66	25.64	20.55	41.74
8	18	1.36	9.99	24.65	21.06	42.94
9	22	1.42	10.58	22.65	23.84	41.51
10	19	1.45	11.04	23.52	21.65	42.34
11	20	1.39	10.94	23.12	21.67	42.88
12	21	1.43	11.75	22.13	22.64	42.05
13	20	1.46	11.85	25.03	21.15	40.51

#### 4.3. Anızlardan Soda-Oksijen-Sodyumborhidrür Yöntemiyle Elde Edilen Kağıt Hamurlarına Ait Bulgular

Soda-Oksijen- $\text{NaBH}_4$  yönteminde  $\text{NaBH}_4$  oranı %0, 0.1, 0.3 ve 0.5 ve oksijen basıncı 3, 5, 7 bar gibi faktörlerin hamur verimleri, kappalar numarası, hamur viskozitesi ve polimerizasyon derecesi üzerine etkilerini incelemek için değişik pişirme şartlarında elde

edilen 13 adet pişirme deneyine ait elenmiş verim, elek artığı ve toplam verim yüzdeleri ile kağıt hamurunun bazı kimyasal özellikleri (kappa numarası, hamur viskozitesi ve polimerizasyon derecesi) aşağıda Çizelge 4.4' de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Pişirme koşulları ve elde edilen hamurların verim ve kimyasal özellikleri

Pişirme No	Pişirme Koşulları ve Elde Edilen Hamurların Verim ve Bazı Kimyasal Özellikleri								
	Oksijen basıncı (bar)	NaBH <sub>4</sub> Oranı (%)	Siyah çözelti pH	Elenmiş Verim (%)	Elek Artığı (%)	Toplam Verim (%)	Kappa Numarası	Viskozite (cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> )	DP Ort.
1	3	0	13.0	45.14	7.41	52.55	74.31	753	1098
2	5	0	12.8	45.99	6.65	52.64	56.51	722	1049
3	7	0	13.5	46.05	6.88	52.93	49.62	657	945
4	3	0.1	13.4	47.04	6.32	53.36	65.45	731	1063
5	5	0.1	13.3	47.58	6.26	53.84	63.10	736	1071
6	7	0.1	13.0	48.90	5.62	54.52	48.21	749	1092
7	3	0.3	13.2	49.14	5.72	54.86	72.98	759	1107
8	5	0.3	13.0	49.44	5.36	54.80	55.95	767	1121
9	7	0.3	12.8	49.11	5.87	54.98	44.55	769	1124
10	3	0.5	12.8	50.26	5.36	55.62	57.38	737	1073
11	5	0.5	13.6	51.86	5.42	57.29	56.07	742	1080
12	7	0.5	13.5	51.19	6.00	57.19	45.51	750	1093
13*	7	0.3	13.3	48.18	3.98	52.16	56.07	742	1080

Not: NaOH oranı %16, Süre 50 dakika, Çözelti/yonga oranı 5/1 ve Sıcaklık 140 °C olarak sabit tutulmuştur.

\*13 nolu pişirmede tüm buğday sapları kullanılmıştır.

Çizelge 4.4 de en yüksek toplam verim dikkate alınarak oksijen basıncı 5 bar olarak sabit alınıp NaBH<sub>4</sub> oranı %0, 0.1, 0.3, 0.5 şeklinde dört kademedeki değiştirilmiş ve yine en yüksek toplam verim ve ekonomiklik dikkate alınarak NaBH<sub>4</sub> oranı %0.3 sabit alınıp oksijen basıncı 3, 5,7 bar şeklinde 3 kademedeki değiştirilerek Varyans analizi ve Duncan testi uygulanmıştır.

#### 4.4. Pişirme Koşullarının Hamur Verim Üzerine Etkisi

Sodyumborhidrür oranı ve oksijen basıncı faktörlerinin kağıt hamuru verimi üzerine etkilerini incelemek için değişik pişirme şartlarında elde edilen 13 adet hamur verim yüzdeleri Çizelge 4.4'de verilmiştir.

##### 4.4.1. Oksijen basıncının hamur verimi üzerine etkisi

NaOH oranı %16, sıcaklık 140 °C, süre 50 dakika, NaBH<sub>4</sub> oranı %0.3 ve çözelti yonga oranı 5/1 olarak sabit tutulup, oksijen basıncı 3, 5 ve 7 bar olarak değiştirilmiştir. 3, 5 ve 7 bar oksijen basıncında elenmiş verim sırasıyla %49.14, %49.44, %49.11 olarak bulunmuştur.

Buğday saplarının ön desilikasyonu ve bu işlemin soda-oksijen kağıt hamurları üzerine etkileri adlı bir çalışmada NaOH oranı %12, sıcaklık 120 °C, süre 40 dakika ve çözelti/sap oranı 5/1 olarak sabit tutulmak üzere oksijen basıncı 6, 10 ve 14 bar olarak değiştirilmiştir. Oksijen basıncı 6 bar iken elenmiş verim %43.20, 10 bar oksijen basıncında %42.81, 14 bar oksijen basıncında ise %42.00 olarak belirlenmiştir (Deniz, 1994; Tutuş, 2000).

Ayrıca bagas saplarından soda-oksijen yöntemiyle pişirme çalışmasında, en yüksek elenmiş verimin alındığı %10 NaOH oranında oksijen basıncının 0, 5, 10 ve 14 bar olarak değiştirilmesiyle tespit edilen elenmiş verimlerin sırasıyla %55.0, %62.4, %61.0 ve %58.0 şeklinde değiştirildiği rapor edilmiştir (Upadhyaya ve ark., 1990). Buna göre, 5 bar oksijen basıncının, sözü edilen çalışmada en yüksek elenmiş verimi verdiği ve oksijen basıncının bu limitin üstüne çıkarılmasının elenmiş verim üzerine olumlu etki göstermediği anlaşılmıştır. Yine pirinç sapına dayalı iki ayrı soda-oksijen çalışmasında ise en yüksek verimin 4-5 bar oksijen basıncı ile alındığı bildirilmektedir (El-Ashmawy ve ark., 1977). Oksijenin pişirme ortamında bulunması delignifikasyon hızını artırmakta, liflerin bireysel hale geçmesini hızlandırmakta ve elenmiş verimi artırmaktadır. Bunun sonucu olarak da pişirme süresi büyük ölçüde kısalmaktadır.

#### **4.4.2. Sodyumborhidrür oranının hamur verimi üzerine etkisi**

NaOH oranı %16, oksijen basıncı 5 bar, sıcaklık 140 °C, süre 50 dakika ve çözelti/yonga oranı 5/1 olarak sabit, sodyumborhidrür oranının %0. %0.1. %0.3 ve %0.5 olarak dört kademe değiştirildiğinde elenmiş verim sırasıyla %45.99, %47.58, %49.44 ve %51.86 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.4).

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

Deniz ve ark., (2009) tarafından “Şanlıurfa Bölgesi’ndeki Buğday Saplarından Kağıt Üretiminde Yetiştirme Ortamının Etkisi” başlıklı proje çalışmasında buğday saplarından NaBH<sub>4</sub> ilaveli sülfat pişirmesinde optimum pişirme şartları; aktif alkali % 30, NaBH<sub>4</sub> oranı % 1, sülfidite % 20, süre 100 dak., pişirme sıcaklığı 140 °C alınarak üretilen kağıt hamurlarının elenmiş verimi % 40.50, elek artığı % 3.01 olarak bildirilmiştir. Ayrıca, aynı çalışmada, melez kavak odunu aktif alkali % 18, NaBH<sub>4</sub> oranı % 0.1, sülfidite % 28, süre

130 dak., pişirme sıcaklığı 150 °C ve çözelti/sap 1/5 alınarak üretilen kağıt hamurlarının toplam verimi %59.44 olarak tespit edilmiştir.

Çöpür ve Tozluoğlu (2008), İstek ve Özkan (2008); Dang et al., (2007), kraft pişirme çözeltisine belirli oranlarda ilave edilen NaBH<sub>4</sub>'ün pişirme sırasında selüloz zincirinin indirgen ucundaki karbonil grubunu hidroksil grubuna indirgeyerek muhtemel soyulma reaksiyonunu durdurduğunu ve böylece, pişirme esnasında verimde meydana gelen azalmanın önlenmiş olduğunu ve kağıt hamurunun elenmiş verimi ve dolayısıyla toplam verimini artırdığını ifade etmektedirler.

Petterson ve Rydholm (1961), huş odunu yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamuru üretimi sırasında pişirme çözeltisine %2 NaBH<sub>4</sub> ilave ettiklerinde hamur veriminin %52.6' dan %59.2' ye yükseldiğini tespit etmişlerdir.

Hartler (1959) ve Charles (1998), iğne yapraklı odunlardan borhidrür katkısıyla üretilen kraft hamurlarında belirlenen verim artışının özellikle glukomannanların kısmen de ksilanların stabilize olmasından kaynaklandığını ifade etmektedirler.

Aurell ve Hartler (1963), çam odunlarından kraft yöntemi ile kağıt hamuru üretiminde pişirme çözeltisine %0.5 oranında ilave edilen sodyum borhidrürün toplam hamur verimini %47 den %50 ye yükselttiğini belirtmektedirler.

Gülsoy (2009) tarafından, Pinus nigra Arn. yongalarından kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle kağıt hamurları elde edilmiş ve elenmiş hamur verimlerinin %1.5 NaBH<sub>4</sub> ilavesiyle %46.42' den %50.80' e yükseldiğini tespit etmiştir.

Genel olarak soda-oksijen pişirmesinde pişirme ortamına ilave edilen sodyumborhidrür, karbonhidratların indirgen uç gruplarını soyulma reaksiyona karşı koruyarak kağıt hamurunun elenmiş verimini ve dolayısıyla toplam hamur verimini artırmıştır (Hafizoğlu, 1982; Tutuş, 2004).

#### **4.5. Pişirme Koşullarının Kappa Numarası Üzerine Etkisi**

Sodyumborhidrür ve oksijen basıncı değişkenlerinin kappa üzerindeki etkilerinin birlikte incelendiği 13 adet pişirmeye ait kappa numarası sonuçları Çizelge 4.4 de verilmiştir.

Kappa numarası, hamur içerisindeki lignin miktarını gösteren bir parametre olup bu çalışmada elde edilen hamurların kappa sayıları 15' den yukarı olduğunda zor ağartılabilir hamurlar sınıfına girmektedir (Bostancı, 1987).

Aşağıda Çizelge 4.5'te verilen istatistiksel analizde; oksijen basıncı ve NaBH<sub>4</sub> oranının kappa numarası üzerinde etkisinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığının belirlenmesi için uygulanan Varyans analizi ve Duncan testi sonucunda, her dört NaBH<sub>4</sub> kademelerinin ve her üç oksijen basıncı kademelerinin ortalamaları arasında %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.5. Pişirme değişkenlerinin kağıt hamurunun kappa numarası üzerindeki etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

VARYANS ANALİZİ						DUNCAN TESTİ			
Varyasyon Kaynağı	Kareler toplamı	Serbest. derecesi	Kareler ortalam.	F değeri	Önem derece.	NaBH <sub>4</sub> Oranı (%)	Güvenirlilik %95		
G. arası	549.14	3	183.05	370.25	0	0.50	57.38		
G. içi	3.96	8	0.49			0.10		65.44	
Toplam	553.10	11				0.30			72.98
						0.00			74.31
						Oksijen Basıncı (bar)	Güvenirlilik %95		
G. arası	1228.17	2	614.09	1100.91		7	44.55		
G. içi	3.35	6	0.56			5		55.95	
Toplam	1231.52	8				3			72.98

#### 4.5.1. Oksijen basıncının kappa numarası üzerine etkisi

NaOH oranı %16, sıcaklık 140 °C, süre 50 dakika, NaBH<sub>4</sub> oranı %0.3 ve çözelti yonga oranı 5/1 olarak sabit tutulup, oksijen basıncı 3, 5 ve 7 bar olarak değiştirilmiştir. Bu şartlarda elde edilen hamurların kappa numaraları Çizelge 4.4'de verilmiştir. 3, 5 ve 7 bar oksijen basıncında kappa numaraları sırasıyla 72.98, 55.95, 44.55 olarak bulunmuştur. Oksijen basıncının artmasıyla birlikte kappa numarasında belirgin bir düşüş olduğu tespit edilmiştir.

Buğday saplarına uygulanan bir soda-oksijen çalışmasında, NaOH oranı %16, sıcaklık 120 °C, süre 40 dakika ve çözelti/sap oranı 5/1 olarak sabit tutulup, oksijen basıncı 6 ve 8 bar olarak değiştirilmiş bir çalışmada (Tutuş, 2000), oksijen basıncının 6 bar olduğu pişirmede kappa numarası 20.15 ve oksijen basıncının 8 bar olduğu pişirmede kappa numarasının 18.48 olduğu belirtilmiştir.

Pirinç sapslarına uygulanan bir soda-oksijen çalışmasında ise, 4 bar oksijen basıncında kappa numarası 22.1, 6 bar oksijen basıncında 21.9 ve 8 bar oksijen basıncında 21.1 olarak bildirilmiştir (Rao ve ark., 1990). Bu çalışmadan da oksijen basıncındaki artışın kappa numarasında azalmalara neden olduğu açıkça anlaşılmıştır.

#### **4.5.2. Sodyumborhidrür oranının kappa numarası üzerine etkisi**

NaOH oranı %16, oksijen basıncı 5 bar, sıcaklık 140 °C, süre 50 dakika ve çözelti/yonga oranı 5/1 olarak sabit, sodyumborhidrür oranın %0. %0.1. %0.3 ve %0.5 olarak dört kademe değiştirildiğinde hamur kappa numaraları sırasıyla 56.51, 63.10, 55.95 ve 56.07 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.4).

*Eucalyptus grandis* odunlarından kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle yapılan bir çalışmada, NaBH<sub>4</sub>'ün kullanılmadığı pişirmede kappa numarası 18.82, %0.5 oranında NaBH<sub>4</sub> ilavesi yapılan pişirmede ise kappa numarasını 15.00 olduğu belirtilmiştir (Ayata, 2008).

Kızılçam odunlarından kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle yapılan başka bir çalışmada, Aktif alkali oranı %18, sülfidite oranı %25, sıcaklık 170 °C süre 90 dakika ve çözelti/yonga oranı 4/1 olarak sabit tutulup NaBH<sub>4</sub> oranı dört kademede değiştirildiğinde (1, 2 ve 3) kappa numaralarının sırasıyla 28.9, 27.4 ve 27.2 olarak tespit edildiği belirtilmiştir (Temiz, 2006).

#### **4.6. Pişirme Koşullarının Hamurun Viskozitesi ve Polimerizasyon Derecesi (DP) Üzerine Etkisi**

Sodyumborhidrür ve oksijen basıncı değişkenlerinin viskozite ve polimerizasyon derecesi (DP) üzerindeki etkilerinin birlikte incelendiği 13 adet pişirmeye ait viskozite değerleri ve polimerizasyon dereceleri Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Yapılan 13 adet pişirme deneyi sonucunda en yüksek viskozite 9 nolu pişirme deneyinde 769 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup> en düşük ise 3 nolu pişirme deneyinde 657 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Yine 9 nolu pişirme deneyinde, en yüksek DP 1124, 3 nolu pişirme deneyinde en düşük DP ise 945 olarak tespit edilmiştir.

Aşağıda Çizelge 4.6'de verilen istatistiksel analizde; oksijen basıncı ve NaBH<sub>4</sub> oranının kappa numarası üzerinde etkisinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığının belirlenmesi için uygulanan Varyans analizi ve Duncan testi sonucunda, her dört NaBH<sub>4</sub> kademelerinin ve her üç oksijen basıncı kademelerinin ortalamaları arasında %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.6. Pişirme değişkenlerinin kağıt hamurunun viskozitesi üzerindeki etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

VARYANS ANALİZİ						DUNCAN TESTİ			
Varyasyon Kaynağı	Kareler toplamı	Serbest. derecesi	Kareler ortalam.	F değeri	Önem derece.	NaBH <sub>4</sub> Oranı (%)	Güvenirlilik %95		
G. arası	2086.41	3	695.47	2.88	0.17	0.00	722.35		
G. içi	985.67	4	246.42			0.10	735.90		
Toplam	3072.08	7				0.50	741.35		
						0.30	766.90		
						Oksijen Basıncı (bar)	Güvenirlilik %95		
G. arası	120.17	2	60.09	0.44	0.68	3	758.5		
G. içi	407.26	3	135.75			5	766.9		
Toplam	527.43	5				7	768.8		

#### 4.6.1. Oksijen basıncının hamur viskozitesi ve DP'si üzerine etkisi

NaOH oranı %16, sıcaklık 140 °C, süre 50 dakika, NaBH<sub>4</sub> oranı %0.3 ve çözelti yonga oranı 5/1 olarak sabit tutulup, oksijen basıncı 3, 5 ve 7 bar olarak değiştirilmiştir. Bu şartlarda elde edilen hamurların viskozite ve DP değerleri Çizelge 4.4'de verilmiştir. Viskozite değerleri 3, 5 ve 7 bar oksijen basıncında sırasıyla 759, 767, 769, DP'leri ise 1107, 1121, 1124 olarak bulunmuştur. Oksijen basıncının artmasıyla birlikte viskozite ve DP değerlerinde artışların olduğu belirtilmiştir.

#### 4.6.2. Sodyumborhidrür oranının hamur viskozitesi ve DP' si üzerine etkisi

NaOH oranı %16, oksijen basıncı 5 bar, sıcaklık 140 °C, süre 50 dakika ve çözelti/yonga oranı 5/1 olarak sabit, sodyumborhidrür oranının %0. %0.1. %0.3 ve %0.5 olarak dört kademe değiştirildiğinde hamur viskozite değerleri sırasıyla 722, 736, 767, 742, DP değerleri ise 1049, 1071, 1121 ve 1080 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.4).

#### 4.7. Anızlardan Soda-Oksijen-Sodyumborhidrür Yöntemiyle Elde Edilen Kağıtların Fiziksel ve Optik Özelliklerine Ait Bulgular

Anızlardan soda-oksijen-sodyumborhidrür yöntemiyle farklı pişirme şartlarında üretilen hamurlardan yapılan test kağıtlarının özelliklerini birbirleri ile karşılaştırmak için literatürde standart bir değer olarak kabul edilen 50±5 SR<sup>o</sup> serbestlik derecesi esas alınmıştır (Anonim 1992). Anızlardan elde edilen kağıtların fiziksel ve optik özellikleri aşağıda Çizelge 4.7'de verilmiştir. Bu çalışma kapsamında, pişirme koşullarının fiziksel

özelliklerden kopma uzunluğu, patlama indisi, yırtılma indisi; optik özelliklerden parlaklık ve opaklık değerleri üzerine etkileri aşağıda ayrı ayrı irdelenmiştir.

Çizelge 4.7. Anızlardan elde edilen kağıtların fiziksel ve optik özellikleri

Pişirme No	Oksijen basıncı (bar)	NaBH <sub>4</sub> Oranı (%)	Kopma Uzunluğu (m)	Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> .g)	Patlama İndisi (kPa.m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	Parlaklık (ISO)	ISO Opaklığı (%)
1	3	0	5799	3.08	3.12	28.26	88.32
2	5	0	6021	3.19	3.55	32.07	85.59
3	7	0	6186	4.54	3.63	34.81	84.41
4	3	0.1	5525	5.31	3.98	29.64	89.18
5	5	0.1	5823	3.60	4.12	32.64	88.94
6	7	0.1	6002	4.02	4.27	35.95	82.93
7	3	0.3	5899	3.59	4.23	30.34	90.27
8	5	0.3	5952	3.37	4.14	34.51	89.20
9	7	0.3	6242	3.98	4.05	38.17	88.19
10	3	0.5	5616	4.55	3.55	31.53	91.21
11	5	0.5	5905	3.94	4.11	37.21	85.69
12	7	0.5	6244	3.07	4.59	39.48	87.83
13	7	0.3	5978	3.36	4.03	37.18	87.16

Not: Tüm pişirmelerde NaOH oranı %16, Süre 50 dakika, Çözelti/yonga oranı 5/1 ve Sıcaklık 140 °C olarak sabit alınmıştır.

Veriler arasında %95 güven aralığında (P<0.05) farklılık olup olmadığı tek yönlü varyans analizi ve Duncan testi ile belirlenmiştir. Varyans analizinin uygulanması ile gruplar veya kademeler arasındaki farkların istatistiksel anlamda önemli bulunması durumunda Duncan testi uygulanmıştır.

#### 4.7.1. Pişirme koşullarının kopma uzunluğu üzerine etkisi

Oksijen basıncı ve NaBH<sub>4</sub> oranı faktörlerinin birlikte incelendiği 13 adet pişirme sonucu, kağıt hamurlarından yapılan standart safihalar üzerinde belirlenen kopma uzunluğu değerleri Çizelge 4.7 de verilmiştir.

Aşağıda Çizelge 4.8’de Oksijen basıncı ve NaBH<sub>4</sub> oranının kopma uzunluğu üzerinde etkisinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığını belirlemek için uygulanan Varyans analizi ve Duncan testi sonucundan, her dört NaBH<sub>4</sub> kademelerinin ortalamaları arasında %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir.

Aynı Çizelge 4.8’de 3 ve 5 bar oksijen basıncı kademelerinin ortalamaları arasında belirgin farklılıkların olmadığı ve 7 bar oksijen basıncı ile diğer kademelerin ortalamaları arasında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir.

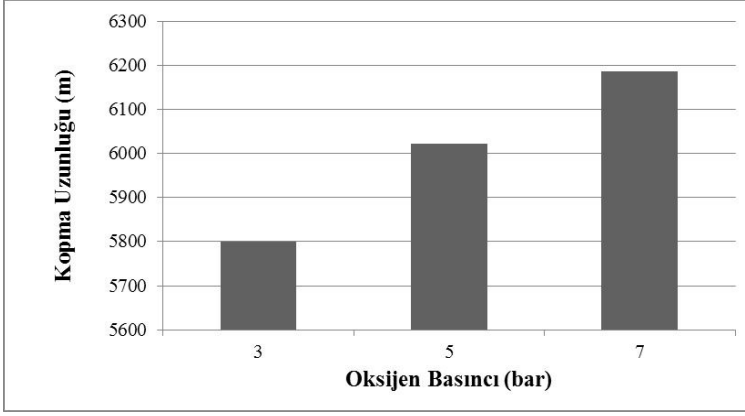
Çizelge 4.8. Pişirme değişkenlerinin kağıt hamurunun kopma uzunluğu üzerindeki etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

VARYANS ANALİZİ						DUNCAN TESTİ			
Varyasyon Kaynağı	Kareler toplamı	Serbest. derecesi	Kareler ortalama.	F değeri	Önem derece.	NaBH <sub>4</sub> Oranı (%)	Güvenirlilik %95		
G. arası	433163.6	3	144387.88	43.54	0	0.10	5526		
G. içi	53058.4	16	3316.15			0.50		5616	
Toplam	486222	19				0.00			5799
						0.30			5899
						Oksijen Basıncı (bar)	Güvenirlilik %95		
G. arası	341564.1	2	170782.07	42.44	0	3	5899		
G. içi	48289.6	12	4024.13			5	5952		
Toplam	389853.7	14				7		6242	

#### 4.7.1.1. Oksijen basıncının kopma uzunluğu üzerine etkisi

NaOH oranı %16, sıcaklık 140 °C, süre 50 dakika, NaBH<sub>4</sub> oranı %0.3 ve çözelti yonga oranı 5/1 olarak sabit tutulup, oksijen basıncı 3, 5 ve 7 bar olarak değiştirilmiştir. Bu şartlarda elde edilen hamurların kopma uzunluk değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir. 3, 5 ve 7 bar oksijen basıncında kopma uzunlukları sırasıyla 5899, 5952, 6242 m olarak bulunmuştur. Oksijen basıncının artmasıyla birlikte kopma uzunluğu değerlerinde artışların olduğu tespit edilmiştir.

Bagas sapına uygulanan soda-oksijen pişirmesinde %12 NaOH oranında kopma uzunluğunun oksijen basıncı 0 bar iken 6500 m, 5 bar iken 7100 m 10 bar iken 7000 m ve 15 bar iken 6200 m olduğu rapor edilmiştir (El-Ashmawy ve ark, 1977). Pirinç saplarının kullanıldığı aynı soda-oksijen çalışmasında ise %12 NaOH oranında ve 120 °C de ve oksijen basıncı 0 bar iken kopma uzunluğu 3300 m, 5 bar iken 3400 m ve 10 bar iken 2800 m olduğu belirtilmiştir (Tosaka and Hayashi, 1987; Tutuş, 2000). Şekil 4.1 de oksijen basıncının kopma uzunluğu üzerine etkisi görülmektedir.



Şekil 4.1. Oksijen basıncının kopma uzunluğu üzerine etkisi

Bu sonuçlara göre, oksijen basıncı 6-7 bar civarındayken kopma uzunluğu maksimum değere ulaşmakta, basıncın artırılması ile kopma uzunluğunda azalmalar meydana gelmektedir.

Oksijen basıncının artırılması ile kopma uzunluğunun azalmaya başlamasının sebebi, selülozun karbonhidrat fraksiyonundaki oksidasyonun artması ile polimerizasyon derecesinde azalmalardan kaynaklandığı ifade edilmektedir (Tutuş, 2000).

#### 4.7.1.2. Sodyumborhidrür'ün kopma uzunluğu üzerine etkisi

NaOH oranı %16, oksijen basıncı 5 bar, sıcaklık 140 °C, süre 50 dakika ve çözelti/yonga oranı 5/1 olarak sabit, sodyumborhidrür oranının %0, %0.1, %0.3 ve %0.5 olarak dört kademe değiştirildiğinde kopma uzunluğu değerleri sırasıyla 6021, 5823, 5952 ve 5905 m olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.7).

Göknaar odunu üzerine kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemi ile yapılan bir çalışmada, NaBH<sub>4</sub> oranı %0, 1, 2, 3 olarak dört kademede değiştirildiğinde kopma uzunluk değerlerinin sırasıyla 7386, 6211, 5762, ve 5749 m olduğu rapor edilmiştir (Temiz, 2006). Şekil 4.2'de NaBH<sub>4</sub> oranındaki artışın kopma uzunluğu üzerine etkisi görülmektedir.

#### 4.7.2. Pişirme koşullarının patlama indisi üzerine etkisi

Oksijen basıncı ve NaBH<sub>4</sub> oranı faktörlerinin birlikte incelendiği 13 adet pişirme sonucu, kağıt hamurlarından yapılan standart safihalar üzerinde belirlenen patlama indisi değerleri Çizelge 4.7 de verilmiştir.

Çizelge 4.9'da oksijen basıncı ve NaBH<sub>4</sub> oranının patlama indisi üzerinde etkisinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığının belirlenmesi için uygulanan Varyans analizi ve

Duncan testi sonucundan, %0, %0.1 ve %0.5 NaBH<sub>4</sub> kademelerinin ortalamaları arasında %5 yanılma olasılığı sınırından belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiş olup %0.1 ve %0.3 NaBH<sub>4</sub> kademelerinin ortalamalarında %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Aynı Çizelge 4.9’da her 3 oksijen basıncı kademelerinin ortalamalarında %5 yanılma olasılığı sınırından belirgin farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.9. Pişirme değişkenlerinin kağıt hamurunun patlama indisi üzerindeki etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

VARYANS ANALİZİ						DUNCAN TESTİ				
Varyasyon Kaynağı	Kareler toplamı	Serbest. derecesi	Kareler ortalam.	F değeri	Önem derece.	NaBH <sub>4</sub> Oranı (%)	Güvenirlilik %95			
G. arası	2.80	3	0.93	161.69	0	0.00	3.12			
G. içi	0.09	16	0.01			0.50		3.55		
Toplam	2.89	19				0.10			3.99	
						0.30			4.05	
						Oksijen Basıncı (bar)	Güvenirlilik %95			
G. arası	0.08	2	0.041	2.12	0.16	3	4.05			
G. içi	0.23	12	0.019			5	4.14			
Toplam	0.31	14				7	4.23			

#### 4.7.2.1. Oksijen basıncının patlama indisi üzerine etkisi

NaOH oranı %16, sıcaklık 140 °C, süre 50 dakika, NaBH<sub>4</sub> oranı %0.3 ve çözelti yonga oranı 5/1 olarak sabit tutulup, oksijen basıncı 3, 5 ve 7 bar olarak değiştirilmiştir. Bu şartlarda elde edilen hamurların patlama indisi değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. 3, 5 ve 7 bar oksijen basıncında patlama indisi değerleri sırasıyla 4.05, 4.14, 4.23 kPa.m<sup>2</sup>/g kPa.m<sup>2</sup>/g olarak bulunmuştur. Oksijen basıncının artmasıyla birlikte patlama indisi değerlerinde artışların olduğu tespit edilmiştir.

Desilikasyonsuz buğday saplarına uygulanan bir soda-oksijen çalışmasında oksijen basıncı 0, 5 ve 10 bar olarak değiştirilmiş ve patlama indisi değerleri sırasıyla 4.40, 3.92 ve 3.39 kPa.m<sup>2</sup>/g olarak rapor edilmiştir (Eroğlu, 1983).

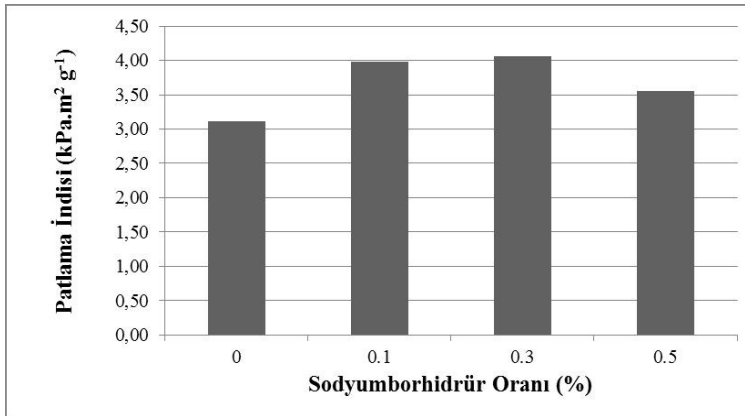
Göl kamışından soda-oksijen yöntemiyle kağıt hamuru koşullarının belirlenmesi adlı çalışmada, oksijen basıncı 0, 5 ve 10 bar olduğu pişirme deneyinden elde edilen kağıtların patlama indisi değerleri 2.85, 2.82 ve 2.53 kPa.m<sup>2</sup>/g olarak bulunmuştur (Kırcı, 1996).

#### 4.7.2.2. Sodyumborhidrür'ün patlama indisi üzerine etkisi

NaOH oranı %16, oksijen basıncı 5 bar, sıcaklık 140 °C, süre 50 dakika ve çözelti/yonga oranı 5/1 olarak sabit, sodyumborhidrür oranının %0. %0.1. %0.3 ve %0.5 olarak dört kademe değiştirildiğinde patlama indisi değerleri sırasıyla 3.19, 3.60, 4.14 ve 3.94 kPa.m<sup>2</sup>/g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.7).

Okaliptüs odunundan kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemi ile yapılan bir çalışmada NaBH<sub>4</sub> ilave edilmeden yapılan pişirme deneyinden elde edilen kağıtların patlama indisi 3.45 kPa.m<sup>2</sup>/g, NaBH<sub>4</sub> oranının %0.5 pişirme deneyi incelendiğinde patlama indisinde 0.85 kPa.m<sup>2</sup>/g lik bir artış meydana geldiği rapor edilmiştir (Ayata, 2008).

Kızılçam odunundan kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemi ile yapılan başka bir çalışmada NaBH<sub>4</sub> oranı 0, 1, 2 ve 3 olarak dört kademede değiştirildiğinde elde edilen kağıtların patlama indisi değerleri sırasıyla 4.77, 3.94, 3.65, 3.78 kPa.m<sup>2</sup>/g olarak bulunduğu rapor edilmiştir (Temiz, 2006). Şekil 4.2'de NaBH<sub>4</sub> oranının patlama indisi üzerine etkisi görülmektedir.



Şekil 4.2. Sodyumborhidrürün patlama indisi üzerine etkisi

#### 4.7.3. Pişirme koşullarının yırtılma indisi üzerine etkisi

Kağıdın önemli bir kalite göstergesi olan yırtılma indisi değeri üzerine pişirmede kullanılan oksijen basıncı ve NaBH<sub>4</sub> oranının gösterdiği etki aşağıda ayrı ayrı ele alınarak irdelenmiştir. Yapılan 13 adet pişirme denemelerinden elde edilen hamurların 50±5 SR<sup>o</sup> deki yırtılma indisi değerleri Çizelge 4.8 de verilmiştir.

Çizelge 4.10'da oksijen basıncı ve NaBH<sub>4</sub> oranının yırtılma indisi üzerinde etkisinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığının belirlenmesi için uygulanan Varyans analizi ve Duncan testi sonucundan, her dört NaBH<sub>4</sub> kademelerinin ortalamaları ve her 3 kademe

oksijen basıncı kademelerinin ortalamaları arasında %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.10. Pişirme değişkenlerinin kağıt hamurunun yırtılma indisi üzerindeki etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

VARYANS ANALİZİ						DUNCAN TESTİ				
Varyasyon Kaynağı	Kareler toplamı	Serbest. derecesi	Kareler ortalam.	F değeri	Önem derece.	NaBH <sub>4</sub> Oranı (%)	Güvenirlilik %95			
G. arası	14.798	3	4.933	194.704	0	0.00	3.08			
G. içi	0.405	16	0.025			0.30		3.58		
Toplam	15.204	19				0.50			4.55	
						0.10				5.31
						Oksijen Basıncı (bar)	Güvenirlilik %95			
G. arası	0.951	2	0.476	26.121	0	5	3.37			
G. içi	0.218	12	0.018			3		3.59		
Toplam	1.170	14				7			3.98	

#### 4.7.3.1. Oksijen basıncının yırtılma indisi üzerine etkisi

NaOH oranı %16, sıcaklık 140 °C, süre 50 dakika, NaBH<sub>4</sub> oranı %0.3 ve çözelti yonga oranı 5/1 olarak sabit tutulup, oksijen basıncı 3, 5 ve 7 bar olarak değiştirilmiştir. Bu şartlarda elde edilen hamurların yırtılma indisi değerleri Çizelge 4.7'de verilmiştir. 3, 5 ve 7 bar oksijen basıncında yırtılma indisi değerleri sırasıyla 3.59, 3.37, 3.98 mN.m<sup>2</sup>/g olarak bulunmuştur.

Buğday saplarına uygulanan bir soda-oksijen çalışmasında oksijen basıncı 0, 5 ve 10 bar olarak artırıldığında elde edilen yırtılma indisi değerleri sırasıyla 5.16, 5.52 ve 5.20 mN.m<sup>2</sup>/g olarak rapor edilmiştir (Eroğlu, 1983; Tutuş, 2000).

Ön desilikasyonlu soda-oksijen pişirmesi çalışmasında NaOH oranı %12, sıcaklık 120 °C, pişirme süresi 40 dakika ve çözelti/sap oranı 5/1 olarak sabit tutulup oksijen basıncı 6, 10 ve 14 bar olarak artırıldığında yırtılma indisi değerleri sırasıyla 6.10, 5.93 ve 5.70 mN.m<sup>2</sup>/g olarak bulunmuştur (Eroğlu, 1983).

Pirinç sapına uygulanan soda-oksijen çalışmasında ise oksijen basıncı 5 bara kadar artırıldığında yırtılma indisi 3.3 mN.m<sup>2</sup>/g olmakta, basınç 6 bara çıkarıldığında ise yırtılma indisinin 2.7 mN.m<sup>2</sup>/g düştüğü bildirilmiştir (Rao ve ark., 1990, Tutuş, 2000).

Yukarıda belirtilen çalışmalara göre yırtılma indisi değeri 6-7 bar oksijen basıncında maksimuma ulaşmakta olup oksijen basıncının artmasıyla düşme meydana gelmektedir.

#### 4.7.3.2. Sodyumborhidrür'ün yırtılma indisi üzerine etkisi

NaOH oranı %16, oksijen basıncı 5 bar, sıcaklık 140 °C, süre 50 dakika ve çözelti/yonga oranı 5/1 olarak sabit, sodyumborhidrür oranının %0. %0.1. %0.3 ve %0.5 olarak dört kademe değiştirildiğinde yırtılma indisi değerleri sırasıyla 3.19, 3.60, 3.37, 3.94 mN.m<sup>2</sup>/g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.7).

Gökmar odunundan kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemi kullanılarak yapılan bir çalışmada %0, 1, 2, 3 oranında dört kademe NaBH<sub>4</sub> ilavesi yapılan pişirme deneylerinden elde edilen kağıtlara ait yırtılma indisi değerleri sırasıyla 9.07, 8.14, 8.19 ve 8.05 mN.m<sup>2</sup>/g olarak bulunmuştur (Temiz, 2006).

Okalıptüs odunundan kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemi kullanılarak yapılan bir çalışmada ise NaBH<sub>4</sub> ilavesiz pişirme denemesinden elde edilen kağıtların yırtılma indisi 4.85 mN.m<sup>2</sup>/g, %0.5 oranında NaBH<sub>4</sub> ilavesi yapılan pişirme deneyinden elde edilen kağıtların yırtılma indisi 5.93 mN.m<sup>2</sup>/g, olduğu rapor edilmiştir (Ayata, 2008).

#### 4.7.4. Pişirme koşullarının parlaklık üzerine etkisi

Hamur parlaklığı ve kalitesi kullanıcı istekleri bakımından önemli bir faktördür. Kimyasal hamurlarda özellikle soda-oksijen yönteminde ağartılmamış hamur parlaklığının yüksek oluşu çoğu kez söz konusu hamurların daha az ağartıcı madde kullanarak kolay ağartılacağını, dolayısıyla kağıt hamuru üretim maliyetleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olacağı bilinmektedir (Kırcı, 1996; Tutuş, 2000).

Burada oksijen basıncı ve NaBH<sub>4</sub> oranı parametrelerinin hamur parlaklığı üzerine bireysel etkileri incelenmiştir. Oksijen basıncı ve NaBH<sub>4</sub> oranı değiştirilerek elde edilen kağıt hamurlarından yapılan kağıtların 50±5 SR<sup>0</sup> deki parlaklık değerleri Çizelge 4.7 de verilmiştir.

Çizelge 4.11'de Oksijen basıncı ve NaBH<sub>4</sub> oranının parlaklık üzerinde etkisinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığının belirlenmesi için uygulanan Varyans analizi ve Duncan testi sonucundan, her dört NaBH<sub>4</sub> kademelerinin ortalamaları ve her 3 kademe oksijen basıncı kademelerinin ortalamaları arasında %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.11. Pişirme değişkenlerinin kağıt hamurunun parlaklık üzerindeki etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

VARYANS ANALİZİ						DUNCAN TESTİ				
Varyasyon Kaynağı	Kareler toplamı	Serbest. derecesi	Kareler ortalama.	F değeri	Önem derece.	NaBH <sub>4</sub> Oranı (%)	Güvenirlilik %95			
G. arası	27.97	3	9.32	70.44	0	0.00	28.27			
G. içi	2.12	16	0.13			0.10		29.64		
Toplam	30.08	19				0.30			30.34	
						0.50				31.54
						Oksijen Basıncı (bar)	Güvenirlilik %95			
G. arası	153.58	2	76.79	743.78	0	3	30.34			
G. içi	1.24	12	0.10			5		34.52		
Toplam	154.82	14				7			38.17	

#### 4.7.4.1. Oksijen basıncının parlaklık üzerine etkisi

NaOH oranı %16, sıcaklık 140 °C, süre 50 dakika, NaBH<sub>4</sub> oranı %0.3 ve çözelti yonga oranı 5/1 olarak sabit tutulup, oksijen basıncı 3, 5 ve 7 bar olarak değiştirilmiştir. Bu şartlarda elde edilen hamurların parlaklık değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. 3, 5 ve 7 bar oksijen basıncında parlaklık değerleri sırasıyla 29.64, 32.64, 35.95 (ISO) olarak bulunmuştur.

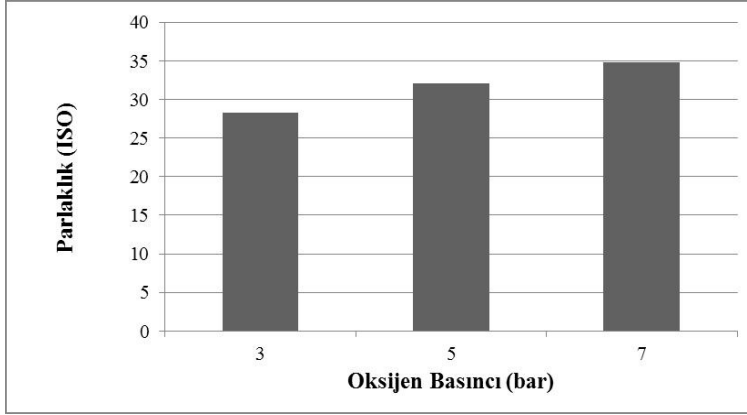
Pirinç saplarına uygulanan soda-oksijen çalışmasında oksijen basıncının 5 barın yukarısına çıkarılmasıyla parlaklık değerinde artışların olduğu belirtilmiştir (Rao ve ark., 1990)

Ön desilikasyonlu soda-oksijen pişirmesi çalışmasında NaOH oranı %12, sıcaklık 120 °C, pişirme süresi 40 dakika ve çözelti/sap oranı 5/1 olarak sabit tutulup oksijen basıncı 6, 10 ve 14 bar olarak değiştirildiğinde elde edilen hamurların parlaklık değerleri sırasıyla 69.6, 71 ve 71.5 (%BaSO<sub>4</sub>) bulunmuştur (Deniz, 1994).

Göl kamışı ile yapılan bir diğer soda oksijen çalışmasında ise oksijen basıncı 0, 5 ve 10 bar olarak değiştirildiğinde elde edilen hamurların parlaklık değerleri sırasıyla 49, 54.1 ve 58.9 (%MgO) olarak bulunmuştur (Kırcı, 1996; Tutuş, 2000).

Çavdar sapları üzerinde yapılan bir diğer soda-oksijen çalışmasında NaOH oranı %20, sıcaklık 120 °C, süre 40 dakika ve çözelti/sap oranı 5/1 sabit tutulup oksijen basıncı 0 ve 10 bar şeklinde 2 kademede değiştirildiğinde parlaklık değerleri MgO cinsinden sırasıyla 51.9 ve 58.9 olarak rapor edilmiştir (Usta ve Eroğlu, 1987).

Buna göre oksijen basıncının artması ile birlikte parlaklık değerlerinde de artışlar meydana gelmektedir. Şekil 4.3’de bu durum açıkça görülmektedir.



Şekil 4.3. Oksijen basıncının parlaklık üzerine etkisi

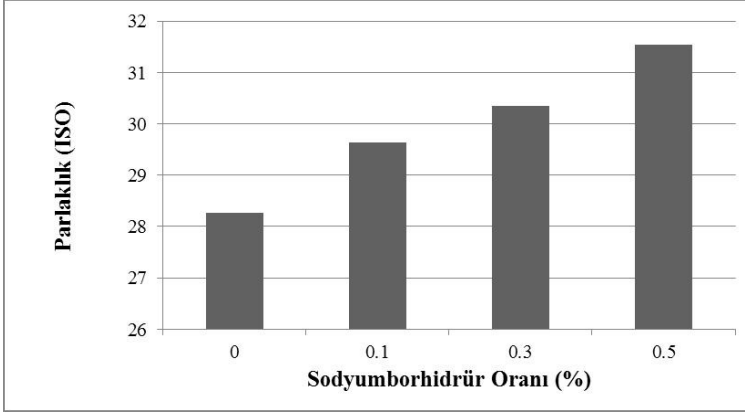
Sonuç olarak, pişirme oksijeninin bulunması delignifikasyon hızını artırmakta bununla birlikte kağıt hamurunun rengini de açarak bir nevi ağartma etkisi yapmaktadır (Eroğlu, 1980; Tutuş, 2000).

#### 4.7.4.2. Sodyumborhidrür’ün parlaklık üzerine etkisi

NaOH oranı %16, oksijen basıncı 5 bar, sıcaklık 140 °C, süre 50 dakika ve çözelti/yonga oranı 5/1 olarak sabit, sodyumborhidrür oranının %0, %0.1, %0.3 ve %0.5 olarak dört kademe değiştirildiğinde parlaklık değerleri sırasıyla 32.07, 32.64, 34.51 ve 37.21 (ISO) olarak bulunmuştur (Çizelge 4.7).

Okalıptüs odunundan kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemi kullanılarak yapılan bir çalışmada % 0.1 oranında NaBH<sub>4</sub> ilave edilen pişirme denemesinden elde edilen kağıtların parlaklık değeri, 25.43, %0.5 oranında NaBH<sub>4</sub> ilavesi yapılan pişirme deneyinden elde edilen kağıtların parlaklık değeri ise 25.62 olduğu rapor edilmiştir (Ayata, 2008).

Göknar odunundan kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemi kullanılarak yapılan bir çalışmada %0, 1, 2, 3 oranında dört kademedeki NaBH<sub>4</sub> ilavesi yapılan pişirme deneylerinden elde edilen kağıtlara ait yırtılma indisi değerleri sırasıyla 20.18, 19.38, 22.36 ve 21.26 olarak bulunmuştur (Temiz, 2006).



Şekil 4.4. Sodyumborhidrür'ün parlaklık üzerine etkisi

Şekil 4.4 incelendiğinde  $\text{NaBH}_4$  oranının artırılması sonucu parlaklık değerinde yükselmelerin olduğu görülmektedir.

#### 4.7.5. Pişirme koşullarının opaklık üzerine etkisi

Yapılan 13 adet Soda-Oksijen-  $\text{NaBH}_4$  pişirmesi ile elde edilen hamurlara ait  $50 \pm 5$  SR° deki opaklık değerleri üzerine oksijen basıncı ve  $\text{NaBH}_4$  oranı değişkenlerinin etkisi Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.12'de Oksijen basıncı ve  $\text{NaBH}_4$  oranının opaklık üzerinde etkisinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığının belirlenmesi için uygulanan Varyans analizi ve Duncan testi sonucundan, her dört  $\text{NaBH}_4$  kademelerinin ortalamaları arasında %5 yanılma olasılığı sınırından belirgin farklılıklar bulunmamaktadır.

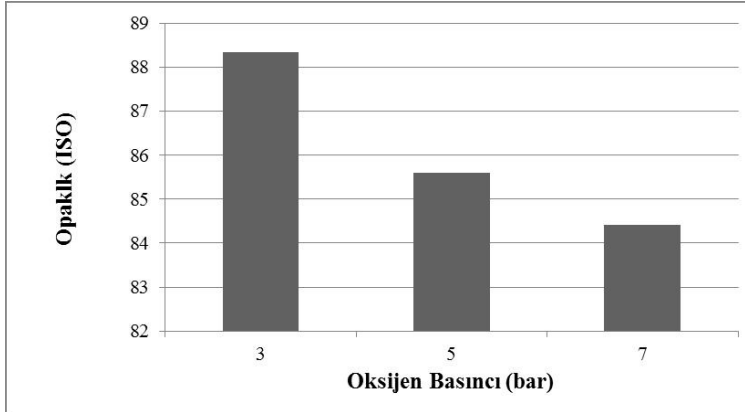
Aynı Çizelge 4.12'de 3 bar ve 7 bar oksijen kademeleri ortalamaları arasında %5 yanılma olasılığı sınırından belirgin farklılık olmayıp, 3 bar oksijen basıncı kademesinin diğer iki kademe ile ortalamaları arasında %5 yanılma olasılığı sınırında belirgin farklılıkların olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.12. Pişirme değişkenlerinin kağıt hamurunun opaklık üzerindeki etkisini gösteren varyans analizi ve duncan testi sonuçları

VARYANS ANALİZİ						DUNCAN TESTİ				
Varyasyon Kaynağı	Kareler toplamı	Serbest. derecesi	Kareler ortalama.	F değeri	Önem derece.	NaBH <sub>4</sub> Oranı (%)	Güvenirlilik %95			
G. arası	205.39	3	68.46	1.50	0.25	0.10	82.94			
G. içi	731.13	16	45.70			0.00	88.33			
Toplam	936.52	19				0.30	90.27			
						0.50	91.21			
						Oksijen Basıncı (bar)	Güvenirlilik %95			
G. arası	10.84	2	5.42	9.69	0	7	88.19			
G. içi	6.714	12	0.559			5	89.20			
Toplam	17.55	14				3		90.27		

#### 4.7.5.1. Oksijen basıncının opaklık üzerine etkisi

NaOH oranı %16, sıcaklık 140 °C, süre 50 dakika, NaBH<sub>4</sub> oranı %0.3 ve çözelti yonga oranı 5/1 olarak sabit tutulup, oksijen basıncı 3, 5 ve 7 bar olarak değiştirilmiştir. Bu şartlarda elde edilen hamurların opaklık değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. 3, 5 ve 7 bar oksijen basıncında parlaklık değerleri sırasıyla 89.18, 88.94 ve 82.93 (ISO) olarak bulunmuştur.



Şekil 4.5. Oksijen basıncının opaklık üzerine etkisi

Şekil 4.5 incelendiğinde oksijen basıncındaki artışların opaklık değerinde düşümlere neden olduğu görülmektedir.

#### 4.7.5.2. Sodyumborhidrür’ün opaklık üzerine etkisi

NaOH oranı %16, oksijen basıncı 5 bar, sıcaklık 140 °C, süre 50 dakika ve çözelti/yonga oranı 5/1 olarak sabit, sodyumborhidrür oranının %0. %0.1. %0.3 ve %0.5

olarak dört kademe değiştirildiğinde opaklık değerleri sırasıyla 85.89, 88.94, 89.20, 85.69 (ISO) olarak bulunmuştur (Çizelge 4.7).

Bu sonuçlara göre NaBH<sub>4</sub> oranının %0.3'e kadar artırılması ile opaklık değerinde de artışların olduğu, NaBH<sub>4</sub> oranının %0.5'e çıkarılmasıyla opaklık değerinde düşüşün meydana geldiği gözlemlenmiştir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada kağıt hamuru üretiminde kullanılan anızlardan soda-oksijen-sodyumborhidrür yöntemi ile elde edilen kağıt hamurları kimyasal, fiziksel ve optik özellikleri yönünden incelenmiştir. Elde edilen veriler ve bu verilere uygulanan analiz sonucuna göre en uygun pişirme koşulları belirlenmiştir.

Anızların ve buğday saplarının açık strüktürleri, ince yapısı ve oksijenin etkisine kolaylıkla cevap veren lignin yapısı ve düşük lignin oranı nedeniyle diğer pişirme yöntemleriyle karşılaştırıldığında, soda-oksijen pişirme yöntemi için son derece uygun bir hammadde olduğu belirlenmiştir (Eroğlu, 1980).

Aşağıda Çizelge 5.1'de anız ve buğday saplarına ait ve kağıt hamuru üretiminde önemli olan bazı kimyasal bileşenler ve morfolojik özellikler verilmiştir. Anızların kimyasal bileşenleri buğday saplarının kimyasal bileşenleri ile karşılaştırıldığında anızlara ait holoselüloz oranının %6.69, selüloz oranının %1.02 ve alfa selüloz oranının ise %2.76 daha yüksek, lignin oranının ise %5.67 daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Anızlara ait selüloz ve holoselüloz oranları verimi etkilemekte olup bu oranlar tüm buğday saplarından daha yüksek hamuru verimi elde etmeye uygundur. Ayrıca lignin oranındaki azalmalar buğday saplarına göre daha hafif pişirme koşullarına uygun olduğunu göstermektedir. Anızların kağıt hamuru ve kağıt üretiminde önemli olan bir başka parametresi olan morfolojik özellikleri incelendiğinde tüm buğday saplarına göre, lif uzunluğu %2.05, lümen genişliği %3.95 ve lif genişliği %5,31 oranında daha fazladır. Kağıdın direnç özelliklerini etkileyen faktörlerin başında lif uzunluğu gelmektedir. Dolayısıyla anızların lif uzunluğunun tüm buğday sapından fazla olması elde edilen kağıtların direnç özelliklerinin de yüksek olacağını göstermektedir. Geniş lümenli liflerin geçirgenlikleri yüksek olup, bu liflerin hamurları daha kolay dövülmektedir. Bunun sonucunda geniş lümenli anız liflerinin tüm buğday sapı liflerine göre daha kolay dövülebileceği anlaşılmaktadır.

Çizelge 5.1. Anız ve tüm buğday sapslarına ait ve kağıt hamuru ve kağıt üretiminde önemli olan bazı kimyasal bileşenler ve morfolojik özellikler

Kimyasal Bileşenler	Anız		Buğday Sapsları	
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
Holoselüloz	77.62	0.43	72.75	0.47
Selüloz	52.53	0.33	51.17	0.34
$\alpha$ - Selüloz	40.20	0.23	39.12	0.76
Lignin	17.29	0.15	18.33	0.20
Lif uzunluğu (mm)	0.894	0.19	0.876	0.21
Lümen genişliği ( $\mu$ m)	3.94	1.63	3.79	1.75
Lif genişliği ( $\mu$ m)	14.86	2.41	14.11	2.37

Aşağıda Çizelge 5.2’de anız ve buğday sapslarından soda-oksijen yöntemiyle üretilmiş kağıt hamurlarının verimleri ve pişirme koşulları verilmiştir. Anız sapslarından elde edilen kağıt hamurlarının toplam verim oranlarının Çizelgede verilen diğer çalışmalar ile karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.2. Anız ve buğday sapslarından soda-oksijen yöntemiyle elde edilen kağıt hamurlarının verim oranları ve pişirme koşulları

No	Oksijen Basıncı (bar)	Sıcaklık $^{\circ}$ C	Süre (dakika)	Çözelti/Sap oranı	Elenmiş Verim (%)	Elek Artığı (%)	Toplam Verim (%)	Kaynak
1	3	140	50	5/1	45.14	7.41	52.55	Tespit (Anız)
2	5	140	50	5/1	45.99	6.65	52.64	
3	7	140	50	5/1	46.05	6.88	52.93	
4	6	140	40	5/1	45.95	4.03	49.98	Tutuş (2000) (Tüm buğday sapsı)
5	8	140	40	5/1	46.17	4.04	50.21	
6	6	120	40	6/1	40.22	2.15	42.37	Deniz (2004) (Tüm buğday sapsı)

Not: Tüm pişirmelerde NaOH oranı %16 olarak sabit alınmıştır.

Aşağıda Çizelge 5.3’de Aynı pişirme koşullarında üretilmiş kağıt hamurlarına ait verim oranları verilmiştir. 9 numaralı anızlara ait pişirme sonucu elde edilen hamurların toplam veriminin 13 numaralı tüm buğday sapslarına ait toplam hamur veriminden %5.41 daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.3. Anız ve tüm buğday sapslarına ait hamur verimleri

Hammadde	Oksijen Basıncı (bar)	NaBH <sub>4</sub> Oranı (%)	Sıcaklık ( $^{\circ}$ C)	Süre (Dakika)	Çözelti/Sap Oranı	Elenmiş Verim (%)	Elek Artığı (%)	Toplam Verim (%)
Anız	7	0.3	140	50	5/1	49.11	3.98	54.98
Tüm buğday sapsı	7	0.3	140	50	5/1	48.18	3.98	52.16

Anızlardan soda-oksijen-sodyumborhidrür yöntemiyle kağıt hamuru üretiminde en uygun pişirme koşullarını belirlemek amacıyla pişirme değişkenlerinin hamur özellikleri üzerine etkileri bu bölümde ele alınmıştır. Bu amaçla, soda-oksijen-sodyumborhidrür pişirmesi üzerinde önemli etkisi bulunan sodyumborhidrür oranı ve oksijen basıncı değişkenlerinin elde edilen hamurların verimi, bazı kimyasal özellikleri ve önemli fiziksel ve optik özellikleri ile ilgili yapılan Duncan testlerinin toplu bir özeti Çizelge 5.4'te verilmiştir.

Aşağıda Çizelge 5.4'te kimyasal, fiziksel ve optik özelliklerinden en yüksek değeri veren kademenin bir sonraki kademe ile arasında ortalamalar yönünden istatistiksel olarak bir fark varsa yalnızca birinci kademenin, fark yok ise ikinci kademenin altı çizilmiştir. Bu plana göre 2 adet değişkenin toplam 7 adet kimyasal, fiziksel ve optik özellik yönünden en fazla sayıda en yüksek değeri veren kademe pişirme işleminde en uygun kademe olarak alınmıştır.

Aynı Çizelge 5.4'te Oksijen basıncı yönünden en uygun değer 7 bar olarak bulunmuştur. Pişirme işleminde oksijen basıncının artırılması kapa numarası, hamur viskozitesi ve DP'si, kopma uzunluğu, yırtılma indisi ve parlaklık değerleri üzerinde olumlu, diğer kimyasal, fiziksel ve optik özellikleri üzerinde çok belirgin olmayan olumsuz bir etki yapmaktadır. Konuyla ilgili yapılan diğer çalışmalara da göre oksijen basıncının 7 bar alınması uygun olacaktır.

NaBH<sub>4</sub> oranı yönünden ise en uygun değer %0.3 ve %0.5 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 5.4). Ancak Soda-Oksijen-NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle kağıt hamuru üretiminde ekonomiklik de dikkate alındığında NaBH<sub>4</sub> oranı %0.3 olarak uygun görülmüştür. Pişirme işleminde NaBH<sub>4</sub> oranının artırılması toplam hamur verimi, kapa numarası, hamur viskozitesi ve DP'si, yırtılma indisi, patlama indisi üzerinde olumlu, diğer özellikler üzerine ise çok belirgin olmayan olumsuz bir etki yapmaktadır.

Çizelge 5.4. Duncan testi sonuçlarına göre anızlardan Soda-Oksijen-Sodyumborhidrür yöntemiyle elde edilen kağıt hamuru ve kağıtların en uygun pişirme koşulları

Kimyasal, Fiziksel ve Optik Özellikler	PİŞİRME KOŞULLARI			
	OKSİJEN BASINCI (bar)		NaBH <sub>4</sub> ORANI (%)	
Kappa Numarası	7	44.55	0.50	57.38
	5	55.95	0.10	65.44
	3	72.98	0.30	72.98
			0.00	74.31
Viskozite (cm <sup>3</sup> /gr)	7	768.8	0.30	766.90
	5	766.9	0.50	741.35
	3	758.5	0.10	735.90
			0.00	722.35
Kopma Uzunluğu (m)	7	6242	0.30	5899
	5	5952	0.00	5799
	3	5899	0.50	5616
			0.10	5526
Patlama İndisi (kPa.m <sup>2</sup> /g)	7	4.23	0.30	4.05
	5	4.14	0.10	3.99
	3	4.05	0.50	3.55
			0.00	3.12
Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /g)	7	3.98	0.10	5.31
	3	3.59	0.50	4.55
	5	3.37	0.30	3.58
			0.00	3.08
Parlaklık (ISO)	7	38.17	0.50	31.54
	5	34.52	0.30	30.34
	3	30.34	0.10	29.64
			0.00	28.27
Opaklık (ISO)	3	90.27	0.50	91.21
	5	89.20	0.30	90.27
	7	88.19	0.00	88.33
			0.10	82.94
<b>En Uygun Koşul</b>	<b>7</b>		<b>0.30-0.50</b>	

Yukarıda Çizelge 5.4'deki sonuçlara göre, anızlardan soda-oksijen-sodyumborhidrür yöntemiyle kağıt hamuru üretiminde kimyasal, fiziksel ve optik özellikleri yönüyle en uygun pişirme koşulu aşağıda Çizelge 5.5'te verilmiştir.

Çizelge 5.5. Anızlardan soda-oksijen-sodyumborhidrür yöntemiyle kağıt hamuru üretiminde kimyasal, fiziksel ve optik özellikler yönüyle en uygun pişirme koşulu

NaOH Oranı (%)	16
NaBH <sub>4</sub> Oranı (%)	0.3
Oksijen Basıncı (bar)	7
Sıcaklık (°C)	140
Süre (dakika)	50
Çözelti/Sap Oranı	5/1

Bu sonuçlardan hareketle; Ülkemizde kağıt üretimi için yeterli odun hammaddesi temin edilememekte ve bu nedenle önemli bir selüloz kaynağı olan tarımsal artıkların ve özellikle de anızların kağıt hamuru endüstrisinde değerlendirilmesi hammadde sorununun çözümünde önemli rol oynayacaktır. Ayrıca, ya yakılarak yok edilen ya da toprakta bırakılarak çürütülen anızlar, kağıt hamuru üretiminde kullanılmak suretiyle bölge ve ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır.

Ülkemiz borlu bileşikler bakımından oldukça zengin olup dünyanın bor rezervinin %73'ü memleketimizde bulunmaktadır. Ülkemizde pilot ölçekte üretimine başlanan sodyumborhidrürün, daha düşük maliyetler ile üretilmesi durumunda kağıt hamuru üretiminde verim kaybına neden olan soyulma reaksiyonunu önleyici olarak kağıt hamuru üretimi endüstrisinde daha fazla kullanılması noktasında hiçbir engel bulunmamaktadır.

İki önemli kaynak olan anızların ve sodyumborhidrürün, kağıt hamuru üretimi endüstrisinde değerlendirilmesi ülkemiz için oldukça önem arz etmektedir.

2010 yılı verilerine göre dünya kağıt-karton üretimi 399.795.000 tondur. Ülkemiz 5.334.000 ton kurulu kapasite ile dünya kağıt-karton üretiminde 16. sırada yer almaktadır. Türkiye'nin 2010 yılında kağıt karton tüketimi 7.274.000 ton olup yaklaşık 2.170.000 ton kağıt-karton ithalat yoluyla karşılanmıştır.

Anızlardan Soda-Oksijen-NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle üretilen kağıt hamurları ağartma işleminden sonra kaliteli yazı ve baskı kağıtları, mekanik hamurlara belirli oranda karıştırılarak gazete, ambalaj ve sargılık kağıtların yapımında kullanılabileceği gibi aydınlar kağıdı, yağ geçirmez ve şeffaf kağıtlar ile kaliteli kartonların üretiminde kullanılabilir.

Anızlardan Soda-Oksijen-NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle elde edilen ağartma işlemine tabi tutulduktan sonra kağıt hamurlarından %75 ve odun liflerinden de %25 oranında karışım yapılarak kaliteli baskı ve yazı kağıtları üretilebilir

Elde edilen optimum üretim koşulları ülkemizde ana hammaddesi anız ve atık kağıda dayalı bu konuda üretim yapan; Afyon kağıt fabrikası, Gürsoylar kağıt fabrikası, Kahramanmaraş Kağıt sanayii, Modern Karton, Marmara kağıt fabrikası ve Pehlivanoğlu kağıt fabrikalarında kolaylıkla kullanılabilir.

Yurt dışından yüksek fiyatlara alınan sodyum borhidrür (100 gramı 180 euro), birim ürün başına düşen maliyeti artırdığından, bu kimyasalın BOREN destekli projelerle

Ülkemizde retimi gerçekleştirilmiş ve oldukça cazip fiyatla (1 kilogramı 37 dolar) daha ucuza üretilmesi bu yöntemin uygulanabilirliğini daha da kolaylaştırmıştır (Tutuş, 2009) .

Anızların kağıt hamuru üretiminde daha fazla değerlendirilmesi için ekonomik nakliye imkanları sağlayacak teçhizat, yaptırım ve teşvik yasaları yapılmalıdır. Enerji tüketimi fazla olan kağıt fabrikalarına daha ucuz enerji tedariki sağlanmalıdır.

Ülkemizde üretilen kağıtın yaklaşık %50' sini oluklu mukavva kutu kağıt ve kartonları oluşturmaktadır. Bu rnlerin önemli bir kısmı da Ortadoğu ve Orta Asya ülkelerine ihraç edilmektedir (Tutuş, 2009). Bu yönüyle de bu yöntem ile üretilen hamurlar önemli bir pazar durumundadır. Ayrıca, bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla borlu bileşiklerin kağıt hamuru üretim endüstrisinde kolaylıkla değerlendirilmesi ile kullanım alanı ve pazarı genişlemiştir.

Bu çalışmadan elde edilen bilimsel sonuçların uygulamaya aktarılabilme potansiyeli bulunmakta olup, kağıt hamuru endüstrisinde kolaylıkla kullanılabilme özelliğine sahiptir.

## KAYNAKLAR

- Akhtaruzzaman, A. F. M., and Virkola, N., Influence of Chip Dimensions in Kraft Pulping, *Paperi Puu* 62(2), pp.70-79, (1980).
- Akgül, M., (1997). Buğday (*Triticum aestivum* L.) Saplarından Organosolv Yöntemle Kağıt Hamuru Üretim Koşullarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Akgül, M., (2007). “Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Saplarından Soda-Alkol, Soda-AQ, Soda-Alkol-AQ Yöntemleriyle Kağıt Hamuru Ve Kağıt Üretim Koşullarının Belirlenmesi,” Düzce Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı, BAP Proje Kod No: 2005.05.03.221, Düzce.
- Anonim, (1992). TAPPI Test Methods 1992-1993, Tappi Press, Atlanta, Georgia, USA.
- Anonim, (1993). Kağıt Sanayi ve Seka Balıkesir Müessesesi tanıtım kitapçığı s.1
- Anonim, (1999). ISO-5267-1, Pulps-Determination of drainability, Part 1: Schopper Riegler method, Second edition.
- Anonim, (2006). Selüloz ve Kağıt Sanayi Vakfı Sektör Görüşü.
- Anonim, (2007): ASTM D1107-96 (2007), Standard Test Method for Ethanol-Toluene Solubility of Wood.
- Atchison, J. E., (1973). Present statues and future potential for utulization of nonwood plant fibers-A Worldwide review, TAPPI, No:4, p. 69-89,
- Atchison, J. E., (1988). Tappi Journal Interview, Non-wood Fiber: Number 2, and Trying Harder, Tappi J., 71,8 (1988) 50-54.
- Atchison, J. E., (1989). Global Patterns in The Use Non-Wood Plant Fibers for Paper Grade Pulps, IPPTA Seminar, Vol. 1, New Delhi. Pp 1-32.
- Aurell, R. and Hartler, N., (1963). Sulphate Cooking With the Addition of Reducing Agents-Part II, TAPPI J. 46(4):209-215.
- Ayata, Ü., (2008). Okalıptüs (*Eucalyptus camaldulensis* ve *Eucalyptus grandis*)’ün Odun Özellikleri ve Kağıt Endüstrisinde Kullanımının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

- Berrocal, M.M., ve ark (2004) “The analysis of handsheets from wheat straw following solid substrate fermentation by *Streptomyces cyaneus* and soda cooking treatment” *Bioresource Technology* 94 (2004) 27-31
- Bostancı, Ş., (1987). Kağıt Hamuru Üretimi ve Ağartma Teknolojisi, KTÜ, Orman Fakültesi, No:14, s.245-258.
- Carvalho, M. G., Ferreira, P. J., Marnis, A. A. Figueiredo, M. M., A Comparative Study of Two Automated Techniques For Measuring Fiber Length, *Tappi J.* 80(2):137-142. (1997).
- Charles, C. E., (1998). The Tried, The True, and The New-Getting More Pulp From Chips-Modifications to the Kraft Process for Increased Yield, Institute of Paper Science and Technology, IPST Technical Paper Series Number 698, Atlanta, Georgia.
- Cheng, Z., (1993). Recent Developments In China Pulp and Paper Research On Wheat Straw, Straw–A Valuable Raw Material, April, London, Pira International, Paper, No. 18,
- Clark, J.A., (1978). *Pulp Technology*, Mille Freeman Publications, Inc. California.
- Çöpür, Y, ve Tozluoğlu, A., (2007). The effect of AQ and NaBH<sub>4</sub> on bio-kraft delignification (*Criporios subvermispora*) of brutia pine chips, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 128,pp. 126-131.
- Dang, Z., Elder, T., and Ragauskas, J. A., 2007. Alkaline Peroxide Treatment of ECF Bleached Softwood Kraft Pulps. Part 1. Characterizing the Effect of Alkaline Peroxide Treatment on Carboxyl Groups of Fibers, *Holzforschung*, Vol: 61, pp. 445-450.
- Daniel, L.W., (1973). *Pulp and Paper Technology Course Lecture Notes*, January-April, s. 12-16,
- Deniz, I., (1994). Buğday (*Triticum aestivum* L.) Saplarının Ön Desilikasyonu ve Bu İşlemin O<sub>2</sub>-NaOH Kağıt Hamuru Üzerine Etkileri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Deniz, İ., Kırıcı, H. and Eroğlu, H., (2004). Optimization of Wheat Straw (*Triticum drum*) Kraft Pulping, *Industrial Crops and Products*, vol:19, pp. 237-243.

- Deniz, İ., Yaylı, N., Kırcı, H., Tutuş, A., Özberk, İ., Polat, T., Kolaylı, H., ve Şahin, H.İ., (2009). Şanlıurfa Bölgesi'ndeki Ekin Saplarının Kağıt Özelliklerine Yetiştirme Ortamının Etkisi, Tübitak, 1001 Projesi, 179s., Ankara.
- Doğan, H., (1994). Seka'da Kenaf Çalışmaları, Seka Dergisi, Sayı 50, 18-22.
- El-Ashmawy, A. E., Fadl, M. H., Saleh, T. M., and El-Meadawy, S. A., (1970). Soda-Oxygen Pulping of Bagasse and Rice Straw, Tappi, Vol:60, pp. 109-111.
- Eroğlu, H., (1980). O<sub>2</sub>-NaOH Yöntemiyle Buğday (*Triticum aestivum* L.) Saplarından Kağıt Hamuru Elde Etme Olanaklarının Araştırılması, Doçentlik Tezi, KTÜ Orman Fakültesi, Trabzon.
- Eroğlu, H. (1981). Oksijen Alkali Yöntemiyle Odun Yongalarının Pişirilmesi ve Kağıt Hamurlarının Ağartılması. K.T.Ü., Orman Fakültesi Dergisi, Trabzon, 2:314–315.
- Eroğlu, H., (1983). Samandan Lif Hamuru ve Kağıt Üretiminde Karşılaşılan Sorunlar, K.T.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 6,1 (1983) 211-251.
- Eroğlu, H., (1987). Soda-Oxygen Anthraquinone Pulping of Wheat Straw, Nonwood Plant Fiber Pulping Progress Report, No. 17, Houston.
- Eroğlu, H., Usta, M., (2004). Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi Ders kitabı I ve II. Cilt, Esen Ofset Matbaacılık, İstanbul.
- Eroğlu, H., Usta, M., Kırcı, H., (1992). A Review of Oxygen Pulping Conditions of Some Non-Wood Plant Growing in Turkey, Tappi Pulping Conference, 215-22.
- FAOSTAT, (2012). Birleşmiş Milletler Dünya Tarım ve Gıda Örgütü İstatistikleri internet sitesi, <http://faostat.fao.org/site/626/default.aspx#ancor>: 27.05.2012.
- Gençer, A., (2003). Buğday Saplarından (*Triticum aestivum* L.) KOH-Hava yöntemiyle kağıt Hamuru Üretimi ve Atık Suların Gübre Olarak Kullanım Olanaklarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gençer, A., Eroğlu, H., Deniz, İ., (2005). Oksijen ve Havanın KOH ajanı Kullanılarak buğday Saplarından Kağıt Hamuru Üretimine Etkisi, ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi Cilt:7 Sayı:7, ss9-13

- Gençer, A., ve ark., (2012). Üretim Parametrelerinin Kağıt Hamuru Verimi ve Kappa Numarasına Etkisi., Bartın Orman Fakültesi Dergisi 2012, Cilt:14, Özel Sayı, s 59-68, Bartın.
- Gönteki E. (2006). Sahil Çamı (*Pinus pinaster*) Yongalarının Kraft Yöntemiyle Kağıt Hamuru Üretimine NaBH<sub>4</sub>'ün Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, ZKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, , Zonguldak.
- Gülsoy, S. K., (2009). Beyaz Çürüklük Mantarı *Criporios subvermispora* FP-90031-sp ile *Pinus Nigra* Arnold.' dan NaBH<sub>4</sub> ilaveli Biyolojik-Kraft Kağıt Hamuru Üretimi, Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Müh. Anabilim Dalı, Bartın.
- Gümüşkaya, E., Serin, Z., Ondaral, S., Ustaömer, D., (2003). Buğday (*Triticum aestevum* L.) Sapı Soda-Oksijen Kağıt Hamurunun Kimyasal ve Kristal Yapısı ile Optik Özellikleri Arasındaki İlişkiler, Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 1-2(14-20)
- Hafizoğlu, H. (1982). Orman Ürünleri Kimyası. KTÜ Orman Fakültesi, KTÜ Basımevi, Trabzon, 52:100–101.
- Hartler, N., (1959). Svensk Papperstiding, 62(13): 467-470.
- Hedjazi, S., ve ark. (2009). Alkaline sülfite-anthraquinone (AS/AQ) pulping of wheat straw and totally chlorine free (TCF) bleaching of pulps, Industrial crops and Products 29 p.27-36
- Huang, G., Zhang, C., Chen, Z., (2006). Pulping of Wheat Straw with Caustic Potash-Ammonia Aqueous Solutions and Kinetics, Chinese J. Chem. Eng., 14(6) 729-733
- İlyasoğlu, E., (2000). [www.netyorum.com](http://www.netyorum.com) (Prof. Dr. Eyüp İlyasoğlu) – 2000.10.05. Sayı 41
- İstek, A. and Özkan, İ., (2008). Effect of Sodium Borohydride on *Populus tremula* L. Kraft Pulping, Turkish Journal Agriculture and Forestry, 32, pp. 131-136.
- Jimenez, L., ve ark., (2002). Ethanol-acetone pulping of wheat straw. Influence of the cooking and the beating of the pulps on the properties of the resulting paper sheets, Bioresource Technology 83 (2002) 139-143.
- Kağıtçı, M.A. (1977). Kağıdın gelişimi, Eczacıbaşı Dergisi, 4:6-11.

- Kham, L., ve ark., (2005). Delignification of wheat straw using a mixture of carboxylic acids and peroxyacids, *Industrial Crops and Products* 21 (2005), 9-15
- Kalın, V., (2005). Tekstil Atıkları ve Pamuk Linterinden, Kağıt Hamuru ve Kağıt Üretim Koşullarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş
- Kırcı, H. (2000). Kâğıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları, KTÜ, Trabzon, s.1–269.
- Kırcı, H., (1996). Soda-Oksijen Yöntemiyle Göl Kamışından (*Phragmites communis* L.) Kağıt Hamuru Üretim Koşullarının Belirlenmesi, KTÜ Araştırma Fonu, No: 95.113.002.6, Trabzon.
- Kırcı, H., (2006). Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları, KTÜ Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No:86, Trabzon.
- Kün, E., (1988).Serin İklim Tahılları, İkinci Baskı, Ankara Üniversitesi, Ziraat fakültesi Yayınları, Yayın No: 1032, Ankara
- Lachenal, D. (1976). Mecanismos Reactionels des Constituantts du Bois Au Cours des Cuissons Soude-Oxygene. *Synthese Bibliographique*, Atip, 30(6):203-212.
- Lachenal, D., Wang, S.J., Sarkanen, K.V. (1984). Nonwood Plant Fiber Pulping Conference, Progress Report No. 14, pp.71.
- Lindholm, C.A.,(1993). Pulping Technology Lecture Notes, Vol:2, Helsinki University, Otoniemi, Finland.
- Mabee, W.E. ve D.N. Roy, (1999). The Use of Non-Wood Fibers in the Pulp and Paper Industry. Faculty of Forestry, University of Toronto, Canada
- Nelson, P. J., Irvine, G.M., (1992). Tearing Resistance In Soda-AQ and Kraft Pulps, Tappi Press, Vol. 75 No. 1, pp. 163-166.
- Örs., N., Behmenyar, G., Özdemir, S.S., Boyacı San, F.G., Bahar, T. (2002). "Hidrojen Üretimi ve Depolama", TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi, MKTAE.1.02.007.
- Özdemir, F. (2006). Ofis,Oluklu, Kuşe ve Gazete Atık Kağıtlarına Reçine ve Şap İlavesinin Kağıt Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması, Yüksek Lisans tezi. KSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü s.1-2. Kahramanmaraş

- Özpeker, Ö., (2001). Bor Yataklarının Değerlendirilmesi Türkiye Bor Yatakları, Workshop, İTÜ Maden Fakültesi, s. 57-68, İstanbul.
- Petterson, S. E. and Rydholm, S.A., (1961). Hemiceluloses and Paper Properties of Birch Pulps, Part 3, Svensk Papperstiding, 64(1): 4-17.
- Rao, N. J., Ray, A. K., Kumar, N., Arota, A. K., Mehrotta, A. (1990). Soda Oxygen Delignification of Rice Straw, Pulping Conference, Tappi Press, New Delhi, pp. 499-505.
- Rdyholm, S. A., (1965). Pulping Processes, First Edition, Interscience Publishers, London.
- Robert, A. (1974). O<sub>2</sub>-NaOH des Pates Cellulosiques, Revue Annual des Eleves Ingenieurs de L' EFP. Grenoble Synthese Bibliographique, s. 13–20.
- Saijonkari, K., and Pahkala, K., (2001). Non-Wood Plants as Raw Material for Pulp and Paper, Faculty of Agriculture and Forestry, University of Helsinki, Doctoral Dissertation, pp: 101.
- Singh, R.P., Bjorn, C.D., Rudra, P.S. (1979). Oxygen Bleaching, In. Ed, The Bleaching of Pulp, Second Edition, Technical Association of The Pulp and Paper Industry, Inc, Atlanta.
- Süzer, S., (2007). Buğday Tarımı, Yetiştirme Tekniği Bölüm Başkanlığı, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Edirne.
- Tank, T., Bostancı, Ş., Eroğlu, H., Enercan, S., (1985). Tütün Saplarının Kağıt Yapımında Değerlendirilmesi, Doğa Bilimleri Dergisi, D2, 9, 3.
- Temiz, S., (2006). Kraft-NaBH<sub>4</sub> Yöntemiyle Uludağ Göknarı (*Abies bornmuelleriana* mattf.) ve Kızılçam (*Pinus brutia* ten.) Odunlarından Kağıt Hamuru Üretim Koşullarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- Tosaka, K., Hayashi, J., (1987). Alkali-Oxygen Pulping of Rice Straw, International Oxygen Delignification Conferance, Atlanta, New Orleans, pp. 337-344.
- Tutuş, A., (1996). Kimyasal Termomekanik Yontemle Elde Edilen Kağıt Hamurunun (CTMP) Hidrojen Peroksit ile Ağartılması, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.

- Tutuş, A., (2000). Buğday (*Triticum aestivum* L.) Saplarından Kağıt Hamuru Üretiminde Kullanılan Soda-Oksijen, Soda-Antrakinin ve Soda Yöntemlerinin Silis Problemi ve Diğer Yönlerden Araştırılması, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Bartın.
- Tutuş, A., and Eroğlu, H., (2003). A Practical Solution to Silica Problem in Straw pulping, APPITA Journal, Vol:56, Number:2, pp. 111-115, Australia.
- Tutuş, A. ve Alma, M.H., (2005). Borlu Bileşiklerin Kağıt Hamuru Üretimi ve Ağartmada Kullanılması, I. Ulusal Bor Çalıştayı, Bildirileri Kitabı, s.399, Ankara.
- Tutuş, A., (2004). "Bleaching of wheat straw SOAQ pulps with Hydrojen Peroxide and Sodium Borohydride" Proceedings of the 2nd International Boron Symposium, Eskişehir, pp. 345-350.
- Tutuş, A., (2006). Pamuk Saplarından Kraft-Sodyumborhidrür ( $\text{NaBH}_4$ ) Yöntemiyle Kağıt Hamuru Üretimi, III. Uluslararası Bor Sempozyumu Bildirileri Kitabı, s.81-84, Ankara.
- Tutuş, A., Kırıcı, H., Alma, M.H., Deniz, İ., Karademir, A., (2009). Buğday Saplarından Kraft-Sodyumborhidrür Yöntemiyle Kağıt Hamuru Üretimi ve Oksijen-Sodyum Perborat Monohidrat ile Ağartılması, Araştırma Projesi, Sonuç Raporu, Proje No: Boren-2006-Ç-01, Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü, Ankara.
- Tutuş, A.,and Eroğlu, H., (2003). A Practical Solution to Silica Problem in Straw Pulping, APPITA Journal, Vol: 56, Number: 2, pp. 111-115, Australia.
- Upadhyaya, J., Chinnapadasan, S., Rajan, S., Singh, R., Duth, D., (1990). Studies On Alkali-Oxygen-Antraquinone Delignification of Bagasse, Pulping Conferance, Atlanta, New Orleans, pp. 337-344.
- URL-1 [http://yesilatlas.kesfetmekicinbak.com/sulak\\_alan/00034/](http://yesilatlas.kesfetmekicinbak.com/sulak_alan/00034/).
- URL-2 [http://www.tarimkutuphanesi.com/aniz\\_yanginlari\\_ve\\_nedenleri?\\_00157.html](http://www.tarimkutuphanesi.com/aniz_yanginlari_ve_nedenleri?_00157.html).
- URL-3 <http://www.cine-tarim.com.tr/dergi/arsiv41/sektorel03.htm>.
- URL-4 [www.erzurum-tarim.gov.tr/yayin/aniz.pdf](http://www.erzurum-tarim.gov.tr/yayin/aniz.pdf).
- URL-5 [http://www.ansiklopedika.org/Bor\\_\(element\)](http://www.ansiklopedika.org/Bor_(element)).
- URL-6 <http://www.alternaturk.org/bor.php>.

URL-7 <http://www2.ogu.edu.tr/~boram/BORNEDIR.html>.

Zhao, X., Ödberg, L., and Risinger, G., (1992). Beating of Wheat-Straw Pulp: Dissolved Carbonhydrates and Lignins, Fiber Sevelling and Fines generation; Tappi, 75, 1 (1992) 153-161.

## EK ÇİZELGELER

### 1. Buğday saplarından Soda-Oksijen-NaBH<sub>4</sub> Yöntemi ile Elde Edilen Kağıtların Dövme Kademelerine Göre Gösterdikleri Kalınlık ve Gramaj, Yoğunluk ve Hacimlilik, Fiziksel ve Optik Özelliklerine Ait Tablolar

Ek Çizelge 1. Buğday saplarından Soda-Oksijen-NaBH<sub>4</sub> yöntemi ile elde edilen kağıtların dövme kademelerine göre gramaj (gr/m<sup>2</sup>) değerleri

Pişirme No.	DÖVME KADEMELERİ		
	20±5 SR <sup>0</sup>	35±5 SR <sup>0</sup>	50±5 SR <sup>0</sup>
	x	x	x
1	68	75	70
2	70	66	66
3	69	69	63
4	69	68	71
5	72	69	68
6	73	70	69
7	66	65	66
8	71	72	70
9	72	71	69
10	71	69	69
11	71	69	69
12	68	67	64
13	70	68	67

Ek Çizelge 2. Buğday saplarından Soda-Oksijen-NaBH<sub>4</sub> yöntemi ile elde edilen kağıtların dövme kademelerine göre kalınlık(µm) değerleri

Pişirme No.	DÖVME KADEMELERİ		
	20±5 SR <sup>0</sup>	35±5 SR <sup>0</sup>	50±5 SR <sup>0</sup>
	x	x	x
1	105	98	81
2	101	90	77
3	104	93	79
4	103	95	83
5	109	94	83
6	108	97	88
7	101	91	86
8	112	98	88
9	118	99	87
10	116	100	91
11	116	94	94
12	102	93	84
13	111	103	87

Ek Çizelge 3. Buğday saplarından Soda-Oksijen-NaBH<sub>4</sub> yöntemi ile elde edilen kağıtların dövme kademelerine göre rutubet (%) değerleri

Pişirme No.	DÖVME KADEMELERİ		
	20±5 SR <sup>0</sup>	35±5 SR <sup>0</sup>	50±5 SR <sup>0</sup>
	x	x	x
1	6.25	6.59	6.60
2	6.41	6.54	6.63
3	6.52	6.52	6.53
4	6.10	6.55	6.48
5	6.23	6.61	6.67
6	6.41	6.46	6.61
7	6.52	6.49	6.69
8	6.46	6.42	6.72
9	6.24	6.41	6.83
10	6.55	6.27	6.76
11	6.87	6.66	6.42
12	6.71	6.48	6.27
13	6.66	6.73	6.32

Ek Çizelge 4. Buğday saplarından Soda-Oksijen-NaBH<sub>4</sub> yöntemi ile elde edilen kağıtların dövme kademelerine göre hacimlilik (cm<sup>3</sup>/gr) ve yoğunluk (gr/cm<sup>3</sup>) değerleri

Pişirme No.	DÖVME KADEMELERİ					
	20±5 SR <sup>0</sup>		35±5 SR <sup>0</sup>		50±5 SR <sup>0</sup>	
	Hacimlilik	Yoğunluk	Hacimlilik	Yoğunluk	Hacimlilik	Yoğunluk
1	1.49	0.67	1.34	0.75	1.27	0.79
2	1.50	0.66	1.39	0.72	1.24	0.81
3	1.49	0.67	1.34	0.75	1.27	0.79
4	1.50	0.66	1.39	0.72	1.24	0.81
5	1.51	0.66	1.36	0.74	1.26	0.80
6	1.49	0.67	1.37	0.73	1.29	0.77
7	1.54	0.65	1.41	0.71	1.29	0.78
8	1.59	0.63	1.35	0.74	1.26	0.79
9	1.36	0.61	1.38	0.73	1.28	0.78
10	1.63	0.61	1.44	0.69	1.32	0.76
11	1.62	0.62	1.37	0.73	1.36	0.74
12	1.49	0.67	1.41	0.71	1.32	0.76
13	1.50	0.66	1.36	0.74	1.28	0.78

Ek Çizelge 5. Buğday saplarından Soda-Oksijen-NaBH<sub>4</sub> yöntemi ile elde edilen kağıtların dövme kademelerine göre kopma uzunluğu (m) değerleri

Pişirme No.	DÖVME KADEMELERİ					
	20±5 SR <sup>0</sup>		35±5 SR <sup>0</sup>		50±5 SR <sup>0</sup>	
	x	s	x	s	x	s
1	4505	0.051	4881	0.065	5799	0.049
2	4241	0.088	4989	0.064	6021	0.063
3	5185	0.084	5559	0.086	6186	0.056
4	4931	0.046	5291	0.064	5525	0.075
5	5080	0.075	5322	0.045	5823	0.068
6	4599	0.069	5255	0.053	6002	0.048
7	5472	0.046	5608	0.096	5899	0.055
8	5220	0.087	5481	0.056	5952	0.065
9	5264	0.061	5783	0.042	6242	0.086
10	4690	0.054	5085	0.035	5616	0.101
11	5089	0.064	5819	0.057	5905	0.045
12	5451	0.085	5733	0.085	6244	0.069
13	5246	0.074	5496	0.058	5978	0.102

Ek Çizelge 6. Buğday saplarından Soda-Oksijen-NaBH<sub>4</sub> yöntemi ile elde edilen kağıtların dövme kademelerine göre patlama indisi (kPa.m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) değerleri

Pişirme No.	DÖVME KADEMELERİ					
	20±5 SR <sup>0</sup>		35±5 SR <sup>0</sup>		50±5 SR <sup>0</sup>	
	x	s	x	s	x	s
1	3.26	0.21	3.62	0.25	3.12	0.36
2	3.31	0.26	3.64	0.27	3.55	0.31
3	3.20	0.27	3.67	0.22	3.63	0.30
4	3.24	0.19	3.75	0.19	3.98	0.26
5	3.06	0.26	4.10	0.29	4.12	0.31
6	3.11	0.32	3.77	0.21	4.27	0.33
7	3.25	0.33	3.56	0.34	4.05	0.22
8	3.26	0.37	3.77	0.28	4.14	0.29
9	3.47	0.26	3.98	0.22	4.23	0.26
10	3.34	0.17	3.98	0.36	3.55	0.24
11	3.19	0.22	4.21	0.34	4.11	0.28
12	3.48	0.25	3.71	0.23	4.59	0.24
13	3.35	0.24	3.96	0.28	4.03	0.20

Ek Çizelge 7. Buğday saplarından Soda-Oksijen-NaBH<sub>4</sub> yöntemi ile elde edilen kağıtların dövme kademelerine göre yırtılma indisi (mN.m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>) değerleri

Pişirme No.	DÖVME KADEMELERİ					
	20±5 SR <sup>0</sup>		35±5 SR <sup>0</sup>		50±5 SR <sup>0</sup>	
	x	s	x	s	x	s
1	5.21	0.76	4.11	0.66	3.08	0.42
2	4.28	0.68	3.61	0.58	3.19	0.46
3	5.69	0.69	4.47	0.76	4.54	0.52
4	5.13	0.84	4.54	0.43	5.31	0.54
5	4.90	0.59	4.48	0.46	3.60	0.53
6	4.33	0.58	4.27	0.36	4.02	0.61
7	5.50	0.64	4.28	0.76	3.59	0.66
8	5.06	0.45	4.38	0.45	3.37	0.41
9	5.40	0.77	4.47	0.42	3.98	0.80
10	5.46	0.83	3.94	0.66	4.55	0.43
11	5.43	0.55	4.07	0.43	3.94	0.32
12	5.17	0.63	4.03	0.78	3.07	0.42
13	4.26	0.78	3.78	0.64	3.36	0.35

Ek Çizelge 8. Buğday saplarından Soda-Oksijen-NaBH<sub>4</sub> yöntemi ile elde edilen kağıtların dövme kademelerine göre parlaklık (ISO) değerleri

Pişirme No.	DÖVME KADEMELERİ					
	20±5 SR <sup>0</sup>		35±5 SR <sup>0</sup>		50±5 SR <sup>0</sup>	
	x	s	x	s	x	s
1	32.02	0.49	29.39	0.54	28.26	0.51
2	36.07	0.53	32.72	0.58	32.07	0.43
3	38.63	0.48	36.91	0.51	34.81	0.46
4	32.81	0.56	31.69	0.49	29.64	0.54
5	35.99	0.58	33.93	0.56	32.64	0.48
6	39.21	0.53	37.73	0.45	35.95	0.52
7	33.28	0.51	32.01	0.52	30.34	0.55
8	37.27	0.55	36.16	0.59	34.51	0.49
9	41.43	0.46	40.14	0.47	38.17	0.48
10	34.27	0.57	33.10	0.52	31.53	0.52
11	39.32	0.48	37.22	0.62	37.21	0.51
12	42.35	0.48	41.59	0.48	39.48	0.53
13	34.56	0.73	37.16	0.54	37.18	0.56

Ek Çizelge 9. Buğday saplarından Soda-Oksijen-NaBH<sub>4</sub> yöntemi ile elde edilen kağıtların dövme kademelerine göre sarılık (E313) değerleri

Pişirme No.	DÖVME KADEMELERİ					
	20±5 SR <sup>0</sup>		35±5 SR <sup>0</sup>		50±5 SR <sup>0</sup>	
	x	s	x	s	x	s
1	47.38	0.62	50.29	0.47	51.95	0.41
2	44.50	0.67	45.83	0.53	48.02	0.48
3	42.06	0.53	43.73	0.57	45.44	0.46
4	48.42	0.54	49.58	0.49	51.88	0.51
5	43.36	0.66	45.40	0.61	47.25	0.47
6	40.98	0.60	42.32	0.52	43.96	0.48
7	46.91	0.54	48.28	0.54	50.01	0.39
8	42.39	0.62	44.01	0.47	45.52	0.42
9	38.90	0.56	39.92	0.49	41.57	0.53
10	45.34	0.51	46.59	0.56	48.24	0.43
11	40.23	0.49	40.05	0.61	41.55	0.58
12	37.84	0.52	38.23	0.64	39.95	0.46
13	39.90	0.55	40.73	0.44	43.56	0.43

Ek Çizelge 10. Buğday saplarından Soda-Oksijen-NaBH<sub>4</sub> yöntemi ile elde edilen kağıtların dövme kademelerine göre opaklık (ISO) değerleri

Pişirme No.	DÖVME KADEMELERİ					
	20±5 SR <sup>0</sup>		35±5 SR <sup>0</sup>		50±5 SR <sup>0</sup>	
	x	s	x	s	x	s
1	94.97	0.92	94.46	0.83	88.32	0.61
2	93.75	0.94	91.30	0.85	85.59	0.69
3	93.39	0.85	91.02	0.88	84.41	0.58
4	94.18	0.95	92.61	0.84	89.18	0.68
5	95.38	0.91	93.10	0.87	88.94	0.66
6	93.91	0.88	92.15	0.76	82.93	0.54
7	93.80	0.88	92.27	0.81	90.27	0.57
8	93.89	0.84	92.70	0.77	89.20	0.51
9	93.42	0.96	93.42	0.86	88.19	0.66
10	95.12	0.89	93.79	0.85	91.21	0.61
11	94.18	0.87	90.56	0.88	85.69	0.58
12	91.78	0.95	89.79	0.80	87.83	0.53
13	90.78	0.75	88.63	0.80	87.46	0.56

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Mustafa ÇİÇEKLER  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 15.05.1987. Sarayönü/KONYA  
Medeni Hali : Bekar  
Telefon : 0 (344) 280 1746  
E-posta : [mcicekler@ksu.edu.tr](mailto:mcicekler@ksu.edu.tr)

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	KSÜ / Orman Endüstri Mühendisliği	2010-2012
Lisans	SDÜ / Orman Endüstri Mühendisliği	2005-2010
Lise	Sarayönü Anadolu Lisesi	2001-2005

### İş Denevimi

Yıl	Yer	Görev
2010-2011	Kereste Fabrikası	Üretim Sorumlusu
2011-	KSÜ	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil : İngilizce

### Yayınlar

#### Ulusal bildiriler

1. Tutuş. A., Çiçekler. M., Deniz. İ., 2011. “Yanmış Kızılçam Odunlarının Kağıt Hamuru ve Kağıt Üretiminde Kullanılması”. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu. s.1305-1314. KAHRAMANMARAŞ
2. Karademir. A., Varlıbaş. H., Çiçekler. M., Tutuş. A., İmamoğlu. S., 2011. “Beyaz Kağıt Üretiminde Dolgu Maddesi Tutunma Denemeleri”. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu. s.187-194. KAHRAMANMARAŞ

### **Uluslararası bildiriler**

1. Tutuş, A., **Çiçekler, M.**, Kazaskeroğlu, Y., Müdüroğlu, M., 2012. “Effects of Precipitated Calcium Carbonate (PCC) on Optical and Physical Properties of Paper”.8th International Minerals Symposium, p:147-152, İstanbul.
2. Tutuş, A., **Çiçekler, M.**, Karataş, B., 2011. “Pulp and Paper Production by Kraft-Sodium Borohydride method from Poppy Stems”. II. International Non-Wood Forest Products Symposium. p.183-190. ISPARTA

### **Diğer dergilerde yayınlanan makaleler**

1. Şahin, H.T., Filiz, M., Kaya, A.İ., Sütçü, A., Usta, P., **Çiçekler, M.**, Bozkurt, C., 'Ahşap esaslı malzemelerden formaldehit emisyonu ve etkileri'. Laminart. ISSN: 1303-037X. Nisan-Mayıs 2011. Sayı 73. 116-119.

### **Hobiler**

Yüzme. Futbol. Voleybol.