



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BÖCEK ARIZLI ULUDAĞ GÖKNAR ODUNUN
KAĞIT HAMURU VE KAĞIT ÜRETİMİNE
UYGUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASI**

ARİF CAVUNT

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2018

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BÖCEK ARIZLI ULUDAĞ GÖKNAR ODUNUN
KAĞIT HAMURU VE KAĞIT ÜRETİMİNE
UYGUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASI

ARİF CAVUNT

Bu tez,
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS
derecesi için hazırlanmıştır.

KAHRAMANMARAŞ 2018

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Arif CAVUNT tarafından hazırlanan “Böcek Arızlı Uludağ Gökmar Odunun Kağıt Hamuru ve Kağıt Üretimine Uygunluğunun Araştırılması” adlı bu tez, jürimiz tarafından 28/08/2018 tarihinde oy birliği ile Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Dr.Öğr. Üyesi Zehra ODABAŞ-SERİN (BİRİNCİ DANIŞMAN)

Orman Endüstri Müh.

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ (İKİNCİ DANIŞMAN)

Orman Endüstri Müh.

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Bilal ACEMİOĞLU (ÜYE)

Kimya Bölümü

Kilis 7 Aralık Üniversitesi

Prof. Dr. Hasan SERİN (ÜYE)

Orman Endüstri Müh.

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Dr.Öğr. Üyesi Ferhat ÖZDEMİR (ÜYE)

Orman Endüstri Müh.

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Doç.Dr. Mustafa ŞEKKELİ

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.

Arif CAVUNT

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

Proje No: 2017/1-62 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.

BÖCEK ARIZLI ULUDAĞ GÖKNAR ODUNUN KAĞIT HAMURU VE KAĞIT ÜRETİMİNE UYGUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASI (YÜKSEK LİSANS TEZİ)

ARİF CAVUNT

ÖZET

Bu çalışmada, sağlam ve böcek arızlı göknar (*Abies nordmanniana subsp. bornmulleriana*) odunlarından sodyum borhidrür (NaBH_4) ilaveli alkali sülfite yöntemine göre kağıt hamuru ve deneme kağıtları üretilmiştir. NaBH_4 oranının ve odun türünün hamur ve kağıtların fiziksel ve optik özellikler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Optimum pişirme koşullarını belirlemek için 4 adet pişirme yapılmıştır. Buna göre en uygun pişirme şartları %20 NaOH, %15 Na_2SO_3 , 120 dak pişirme süresi ve 160 °C pişirme sıcaklığında elde edilmiştir.

Sonuç olarak, ilave edilen NaBH_4 oranına bağlı olarak elenmiş hamur veriminin, hamur viskozitesinin ve polimerizasyon derecesinin arttığı, kappa numarasının azaldığı tespit edilmiştir. %1,3 NaBH_4 ilavesinde elenmiş verimde %12 ve kağıtların beyazlığında ise %10'luk bir artış sağlanmıştır. NaBH_4 ilavesiyle kağıtların patlama indisi değerleri azalırken parlaklık değerleri yükselmiştir. Genel olarak böcek arızlı göknar odunundan elde edilen hamurların elenmiş verim, viskozite ve polimerizasyon derecesi değerleri daha düşük tespit edilirken; bu hamurlardan üretilen kağıtların kopma uzunluğu ve patlama indisi sonuçları yüksek, yırtılma indisi ve opaklık değerleri daha düşük belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Göknar, alkali sülfite, sodyum borhidrür, verim, kağıt hamuru, kağıt

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ağustos / 2018

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Zehra ODABAŞ-SERİN

Sayfa sayısı: 52

**INVESTIGATION OF THE SUITABILITY OF ULUDAĞ FIR FOR INSECT
DAMAGED PULP AND PAPER PRODUCTION
(M.Sc. THESIS)
ARİF CAVUNT**

ABSTRACT

At this research, according to alkaline sulfite method with adding sodium borohydrate (NaBH_4), pulp and papers were produced from non-damaged and insect-damaged uludağ fir (*Abies nordmanniana subsp. bormulleriana*). The effect of NaBH_4 and wood type on physical and optical properties of pulp and papers was determined four cooking were done for determining optimum conditions. Accordingly, the best optimum cooking conditions were found as 20% NaOH , 15% Na_2SO_3 , 120 minutes cooking time, and 160 °C cooking temperature.

As a result, depending on added NaBH_4 rate, it was determined in pulps that screened pulp yield, viscosity, and polymerisation degree were increased but kappa number was decreased. When 1.3% NaBH_4 was added screened pulp yield and whiteness of paper were increased in order of 12% and 10%, respectively. With the addition of NaBH_4 the brightness values of papers where increased whereas burst index values were decreased.

Consuquently, it was concluded that screened pulp yield, viscosity, polymerisation degree of pulp produced from insect-damaged abies woods were lower than that of non-damaged wood. However, breaking length and burst index values of papers produced from insect-damaged wood were high but tear index and opacity values were determined lower than control samples.

Keywords: Abies, alkaline sulfite, sodium borohydrate, yield, pulp, paper

University of Kahramanmaraş Sütçü İmam
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Industry Engineering Dept., August/2018

Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Zehra ODABAŞ-SERİN

Page Numbers: 52

TEŞEKKÜR

“Böcek Arızlı Uludağ Göknař Odunun Kağıt Hamuru ve Kağıt Üretimine Uygunluğunun Araştırılması” adlı bu alışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu alışma süresince danışmanlığımı üstlenerek, çalışma boyunca destek ve ilgisini esirgemeyen her konuda yardımcı olan danışman hocalarım Sayın Dr.Öğr. Üyesi Zehra ODABAŞ-SERİN ve Prof.Dr. Ahmet TUTUŞ’a teőekkürlerimi sunarım.

KSÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi’ne bu çalışmada verdikleri destekten dolayı çok teşekkür ederim.

Benim için her Őeyden önemli olan, sevgi ve sabırlarını hiç esirgemeyen, maddi manevi hiçbir destekten kaçınmayan aileme sonsuz teşekkür ederim.

Arif CAVUNT

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
ÇİZELGELER DİZİNİ	VIII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	IX
1. GİRİŞ	1
1.1. Odunun Ana Bileşenleri	3
1.1.1. Selüloz	3
1.1.2. Hemiselüloz	3
1.1.3. Lignin	4
1.2. Alkali Sülfite (AS) Hamuru Üretimi Hakkında Genel Bilgiler	5
1.2.1. Sülfite pişirmesinin kimyası	6
1.2.1.1. Lignin reaksiyonları	6
1.2.1.2. Karbonhidrat reaksiyonları	7
1.2.2. Sülfite hamurunun özellikleri	8
1.2.2.1. Sülfite hamurunun kimyasal özellikleri	8
1.2.2.2. Sülfite hamurunun fiziksel özellikleri	9
1.3. Sodyum Borhidrit (NaBH ₄) Hakkında Genel Bilgiler	9
1.4. Gökmar Odunun Özellikleri ve Türkiye’de Gökmar Ağaçlarının Yayılışı	10
1.5. Böcek Arızlı Odunlar Hakkında Bilgi	11
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	12
2.1. Kağıt Hamuru ve Üretilen Kağıt Özellikleri ile İlgili Çalışmalar	12
2.2. Gökmar ve Böcek Arızlı Odunlar ile İlgili Çalışmalar	13
3. MATERYAL VE METOT	18
3.1. Materyal	19
3.1.1. Araştırma materyalinin temini ve hazırlanması	19
3.2. Metot	20

3.2.1. AS-NaBH ₄ yöntemiyle kağıt hamuru üretimi	20
3.2.2. Kâğıt hamurlarının dövülmesi ve deneme kâğıtlarının üretimi	20
3.2.3. Kağıt hamurunda ve deneme kağıtlarında uygulanan testler	21
3.2.3.1. Kağıt hamuruna uygulanan testler	21
3.2.3.1.1. Kappa numarası tayini	21
3.2.3.1.2. Viskozite ve polimerizasyon derecesinin tayini	22
3.2.3.2. Deneme kağıtlarına uygulanan fiziksel ve optik testler	22
3.2.3.2.1. Kopma uzunluğu	22
3.2.3.2.2. Yırtılma indisi	23
3.2.3.2.3. Patlama indisi	23
3.2.3.2.4. Optik özellikler	23
3.2.4. İstatistiksel değerlendirmede kullanılan yöntemler	24
4. BULGULAR	24
4.1. AS-NaBH ₄ Yöntemiyle Elde Edilen Kağıt Hamurlarının Özellikleri	24
4.2. Deneme Kağıtlarının Fiziksel ve Optik Özelliklerine Ait Bulgular	25
5. İRDELEME	26
5.1. AS-NaBH ₄ Yöntemiyle Elde Edilen Kağıt Hamur Özelliklerinin İrdelenmesi	26
5.1.1. Kağıt hamurların elenmiş verim değerleri üzerine nabh ₄ ve odun türünün etkisi	27
5.1.2. Kağıt hamurlarının kappa no üzerine NaBH ₄ ve odun türünün etkisi	28
5.1.3. Kağıt hamurların viskozite ve DP'si üzerine NaBH ₄ ve odun türünün etkisi	29
5.2. Deneme Kağıtlarının Fiziksel ve Optik Özelliklerinin İrdelenmesi	30
5.2.1. NaBH ₄ oranının ve odun türünün kopma uzunluğu üzerine etkisinin irdelenmesi	31
5.2.2. NaBH ₄ oranının ve odun türünün yırtılma indisi üzerine etkisinin irdelenmesi	32
5.2.3. NaBH ₄ oranının ve odun türünün patlama indisi üzerine etkisinin irdelenmesi	34
5.2.4. NaBH ₄ oranının ve odun türünün parlaklık üzerine etkisinin irdelenmesi	35
5.2.5. NaBH ₄ oranının ve odun türünün beyazlık (ISO) üzerine etkisinin irdelenmesi	37
5.2.6. NaBH ₄ oranının ve odun türünün ISO opaklığı (%) üzerine etkisinin irdelenmesi	38
6. SONUÇLAR	40
7. KAYNAKLAR	42
EK ÇİZELGELER	46
ÖZGEÇMİŞ	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Türkiye’de ormanlık alanın ülke genel alanına oranı.....	2
Şekil 1.2. Ladin odunu yongasından sülfite yöntemi ile kağıt hamuru üretiminde hamurun karbonhidrat bileşimindeki değişim.....	6
Şekil 1.3. NaBH ₄ ’ün aldehit keton gruplarını hidroksil grubuna indirgeme reaksiyonu...	8
Şekil 1.4. Gökmar kabuk böcekleri ve zarar verdiği ağaç.....	10
Şekil 3.1. Sağlam ve böcek arızlı uludağ gökmar örnekleri.....	17
Şekil 5.1. Hamurların elenmiş verim üzerine NaBH ₄ ve odun türünün etkisi.....	26
Şekil 5.2. Hamurların Kappa No üzerine NaBH ₄ ve odun türünün etkisi.....	28
Şekil 5.3. Hamurların viskozitesi üzerine NaBH ₄ ve odun türünün etkisi.....	29
Şekil 5.4. Hamurların DP’si üzerine NaBH ₄ ve odun türünün etkisi.....	30
Şekil 5.5. NaBH ₄ oranının ve odun türünün kopma uzunluğu üzerine etkisi.....	32
Şekil 5.6. NaBH ₄ oranının ve odun türünün yırtılma indisi üzerine etkisi.....	33
Şekil 5.7. NaBH ₄ oranının ve odun türünün patlama indisi üzerine etkisi.....	35
Şekil 5.8. NaBH ₄ oranının ve odun türünün parlaklık üzerine etkisi.....	36
Şekil 5.9. NaBH ₄ oranının ve odun türünün beyazlık üzerine etkisi.....	38
Şekil 5.10. NaBH ₄ oranının ve odun türünün opaklık üzerine etkisi.....	39

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1. Sağlam ve böcek arızlı uludağ göknar odun ve kabuğuna ait kimyasal özellikler	13
Çizelge 3.1. Ön denemelerde uygulanan pişirme şartları	18
Çizelge 3.2. Sağlam ve böcek arızlı göknar odunları için kullanılan pişirme koşulları	19
Çizelge 4.1. Sağlam göknar odunundan AS-NaBH ₄ yöntemiyle elde edilen hamurların verim ve bazı kimyasal özellikleri	23
Çizelge 4.2. Böcek arızlı göknar odunundan AS-NaBH ₄ yöntemiyle elde edilen hamurların verim ve bazı kimyasal özellikleri	24
Çizelge 4.3. Deneme kağıtlarının fiziksel ve optik özellikleri	25
Çizelge 5.1. Hamurların viskozite test sonuçları	29
Çizelge 5.2. Hamurların DP test sonuçları	30
Çizelge 5.3. Deneme kağıtlarının kopma uzunluk test sonuçları	31
Çizelge 5.4. Deneme kağıtlarının yırtılma indisi test sonuçları	33
Çizelge 5.5. Deneme kağıtlarının patlama indisi test sonuçları	34
Çizelge 5.6. Deneme kağıtlarının parlaklık (ISO) test sonuçları	36
Çizelge 5.7. Deneme kağıtlarının beyazlık (ISO) test sonuçları	37
Çizelge 5.8. Deneme kağıtlarının ISO opaklığı test sonuçları	39
Çizelge 6.1. AS- NaBH ₄ yöntemine göre optimum pişirme koşulları	40
Ek Çizelge 1. Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların fiziksel ve optik özellikleri	46
Ek Çizelge 2. Serbestlik derecesi 35 SR ^o olan hamurlardan üretilen kağıtların fiziksel ve optik özellikleri	47

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AS	: Alkali sülfid
Ca	: Kalsiyum
CED	: Bakır etilen daimin
Cm	: Santimetre
cm ³	: Santimetreküp
DP	: Polimerizasyon derecesi
G	: Gram
Ha	: Hektar
m ²	: Metrekare
m ³	: Metreküp
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
N	: Normalite
Na	: Sodyum
NaBH ₄	: Sodyum borhidrür
NH ₄	: Amonyum
°C	: Santigrad derece
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
SO ₂	: Sülfürdiokit
SR ^o	: Shopper riegler (serbestlik derecesi)
TAPPI	: Technical association of the pulp and paper industry

1. GİRİŞ

Günümüzde kağıt ve selüloz endüstrisi, hammadde darlığı, yüksek enerji maliyeti ve kirlenme gibi sorunlar ile karşı karşıyadır. Bu sektörde en çok karşılaşılan sorunlar hammadde temini ve düşük hamur verimidir. Bu yüzden son zamanlarda hamur veriminin yükseltilmesi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Bu endüstri kolu geçen yüzyıl içerisinde üretim faktörlerini bol ve ucuz temin etmiştir. Kaynakların rasyonel olarak kullanılması zorlukla mücadele için gereklidir. Odun hammaddesine olan talep hızlı nüfus artışı ile birlikte çok hızlı artmaktadır. Kağıtlık odun ihtiyacı ülkemiz için gelecekte önemli bir sorun haline gelecektir (Kırcı, 1996). Bu yüzden orman varlığımızın sürdürülebilir olması için kaynaklarımızın doğru yönde değerlendirilmesi gerekmektedir.

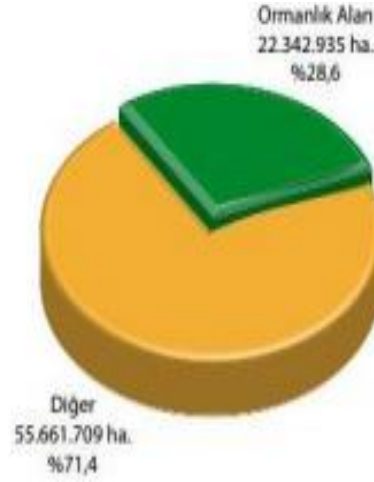
Düşük verim, hammadde yetersizliği, çevre kirliliğinin azaltılması, enerjinin daha ekonomik kullanılabilmesi, atıklarının değerlendirilmesi ve geri kazanma gibi konular günümüzde ve gelecekte kâğıt sektörünün karşılaştığı ve karşılaşılabileceği problemlerdir. Bu problemlerden her biri ayrı bir önem arz etmekle birlikte en fazla önem taşıyanlar arasında düşük verim ve hammadde yetersizliği bulunmaktadır.

Orman varlığımızın dünya genelinde %31'ini iğne yapraklı ve %69'unu yapraklı ağaçlar oluşturmaktadır. Görüldüğü üzere, yapraklı ağaç ormanları iğne yapraklı ormanlardan iki kat daha fazladır (Bozkurt ve Erdin, 1989). İğne yapraklı orman ağaçlarının kâğıt ve karton sanayisi açısından ayrı bir önemi bulunmaktadır (Rydholm, 1965).

Türkiye, topografik yapısı ve coğrafi konumundan dolayı zengin bitki örtüsüne sahiptir (Avşar, 2002). 1972 yılında bu zengin bitki örtüsü içerisindeki orman varlığımız 20.2 milyon hektar iken, 2015 yılında 22.3 milyon hektar olarak tespit edilmiştir. 2015 yılı verilerine göre Şekil 1.1'de görüldüğü üzere ormanlık alanlar, ülke alanının %28,6'sını kaplamaktadır. 1972'de artan orman varlığına bağlı olarak ormanlarımızdaki odun varlığı 0,9 milyar m³, 2003'de 1,2 milyar m³ iken 2015 yılında 1,6 milyar m³'e yükselmiştir. Pinaceae familyasından olan Gökmar (Abies) ağaç türü cinsi ülkemiz ormanlarında ikisi endemik olmak üzere 4 tür ile temsil edilmektedir. Ülkemizde gökmar ağaçları toplamda 548.781 ha'lık bir alanı kaplarken bu oran genel toplam orman alanımız içinde %2,62'lik bir payı oluşturmaktadır (Anonim, 2015).

Kimyasal hamur üretimi ile ilgili araştırmalarda ağırlık kazanan konuların başında verimlilik, sermaye ve çevre etkilerinin değerlendirilmesi gelmektedir. Odun hammaddesinin kimyasal hamur üretimine giren %50'sinden fazlası atık olarak ortaya

çıkılmaktadır. Bundan dolayı artan verim ile ilgili olarak yapılacak çalışmalar büyük önem kazanmaktadır.



Şekil 1.1. Türkiye’de ormanlık alanın ülke genel alanına oranı (Anonim, 2015)

Kimyasal hamur üretiminde verim artışı üç durumda gerçekleşmektedir. Bunlar: uzaklaştırılan lignin miktarının azaltılması, karbonhidrat kaybının azaltılması ya da bu iki faktörün kombinasyonu şeklinde olmaktadır (Ateş ve Kırıcı, 2001).

Bütün başarılı metotlar, soyulma reaksiyonuna katılmaması için polisakkaritlerin indirgen uç gruplarının modifikasyonuna dayalıdır. Bunlar; organik bir aside oksidasyon, bir aldotil grubuna indirgenme veya bir alkali stabil uç grubuyla süstitüsyon reaksiyonlarını içerir. Bu noktada sodyum borhidrür (NaBH_4) esaslı indirgenme reaksiyonları, geniş bir şekilde çalışılmıştır. Bu işlemde pişirme çözeltisine doğrudan NaBH_4 ilave edilir ve bu şekilde indirgenmenin başlaması, reaksiyon için gerekli ısıyı ortaya çıkarır. Verim artışı, hamur içeriğindeki hemiselüloz artışına bağlıdır (Kocurek, 1989; Ateş ve Kırıcı, 2001).

Son yıllarda orman ürünleri sanayisi diğer ürünlerle rekabet edebilmek için hammadde maliyetlerinin azaltılması yönünde araştırmalar yapmaktadır. Böcek tasallutu sonucu kuruyan ve akabinde atıl duruma geçtiği düşünülen ağaçların sürdürülebilir bir ekonomi için yeniden değerlendirilmesi büyük bir önem kazanmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye’de doğal olarak yayılış gösteren ve böcek tasallutu sonucu kuruyan Uludağ göknar (*Abies nordmanniana subsp. bornmulleriana*) ağaçlarından elde edilen odun hammaddesinin kağıt hamuru ve kağıt üretimine olan uygunluğu araştırılmıştır.

1.1. Odunun Ana Bileşenleri

Selüloz, hemiselüloz ve lignin odunun yapısında bulunan ana bileşenlerdir. Selüloz hücre çeperinin, iskeleti görevini görürken diğer yandan lignin ile hemiselüloz mikrofibrillerin arasını doldurarak hücre çeperine katı ve sağlam bir özellik kazandırmaktadır (Kırcı, 2000). Bu bileşenlere ilaveten çok küçük yapıda olan suda ve organik çözücülerden çözünen ekstraktif maddeler ile inorganik maddeler de odunun yapısında bulunmaktadır.

1.1.1. Selüloz

Bitkisel hücrelerin temelini oluşturan selüloz, canlı organizmalar tarafından üretilen önemli bir polimerdir (Fengel and Wegener, 1989). Doğrusal bir polimer olan selüloz birbirine 1-4-β glikozidik bağlar ile bağlanmış anhidroglukoz birimlerinden oluşmaktadır. Her bir glukoz ünitesi selüloz molekülünde 180° dönerek oksijen köprüsüyle birbirine bağlanmaktadır. Bu yüzden, bu molekül kimyasal ataklara karşı oldukça dirençli bir yapıya sahip olmaktadır.

Selüloz molekülü, glukoz anhidrit (C₆H₁₀O₅) birimlerinden oluşmaktadır. Demetler halinde birbiriyle birleşen selüloz zincirinde en küçük demet elementer fibril, sonra elementer fibrillerin bir araya gelmesiyle mikrofibriller meydana gelmektedir. Mikrofibrillerin bir araya gelmesiyle fibriller ve fibrillerin birleşmesiyle de lameller oluşmaktadır (Hafizoğlu, 1982).

Selüloz zincirlerindeki D-glukoz ünitelerinin sayısına polimerleşme derecesi (DP) denilmektedir. Pamuk selülozunda DP sayısı 15000'e kadar ulaşırken bozunmamış odun selülozunda bu oran 10000-12000 arasında değişmektedir (Fengel and Wegener, 1989). Kağıt hamurunda DP sayısının 800'ün altına düşmesi kağıt yapımı açısından istenmeyen bir durumdur.

1.1.2. Hemiselüloz

Hemiselülozlar düşük molekül ağırlığına sahip polisakkaritler olup, galaktoz, mannoz gibi altı karbonlu şekerler ile ksiloz ve arabinoz gibi beş karbonlu şekerler ayrıca glukuronik asit gibi diğer şeker türevlerinden oluşmaktadır. Odun türlerinin tamamında hemiselülozlar odun kuru ağırlığının %20-30'unu oluşturmaktadır (Hafizoglu, 1982). Hemiselülozların DP'si 50-200 arasındadır.

1.1.3. Lignin

Karbonhidrat olmayan lignin odun ağırlığının %20-30'ını oluşturmakta ve kompleks yapıya sahip olmaktadır. Bitkinin bünyesinde sağlamlık ve dayanıklılık kazandırmaktadır. Fenilpropan ünitelerinden oluşan lignin kompleks bir yapı ve yüksek molekül ağırlığına sahip olmaktadır. Lignin bitki içerisinde hücre duvarlarında ve bireysel hücreler arasında bulunmaktadır. Selüloz ve hemiselülozlar ile birlikte hücre duvarları içinde birleşerek hücreye dayanıklılık kazandırmaktadır. İğne yapraklı ağaçlarda %30 oranında, yapraklı ağaçların odununda ise %20 oranında lignin bulunmaktadır. Kimyasal yapısı tam olarak açıklanamadığından DP'si tam olarak bilinmemektedir (Lindholm, 1993; Kırıcı, 2000).

1.2. Alkali Sülfite Hamuru Üretimi Hakkında Genel Bilgiler

Sülfite yöntemi Amerikan bilim adamı B.C. Tilghman tarafından keşfedilmiştir. Tilghman, yüksek sıcaklık ve basınç altında sülfüröz asit içeren kalsiyum bisülfite çözeltilsinin odundaki lignini çözerek kağıt hamuru üretiminde kullanılabileceğini göstermiştir. Ancak pişirme çözeltilsinin oldukça aşındırıcı olması nedeniyle ilk yıllarda bu yöntemin ticari uygulamaya geçilmesini engellemiştir.

C.D. Ekman 1874 yılında İsveç'in Bergvik kentinde sülfite yöntemiyle çalışan ilk fabrikanın kurulmasına öncülük etmiştir. Ekman'ın geliştirdiği pişirme kazanının iç yüzeyi kurşunla kaplıydı ve pişirme kazanına bağlantılı bir ceketten buhar geçirilerek dolaylı yolla ısıtılıyordu.

Aynı yıllarda Almanya'da Mitscherlich, seramik kaplı pişirme kazanını geliştirdi. Bu modelde ısıtma işlemi kazanı dışarıdan kuşatan helezon şeklindeki serpantin borulardan buhar geçirilerek yapılmaktaydı. Birkaç yıl sonra Avusturya'da Ritter ve Kellner doğrudan buhar verilerek ısıtılan ve ticari üretim için uygun büyüklükte bir pişirme kazanı geliştirerek yöntemin gelişmesine katkıda bulunmuşlardır (Kırıcı, 2012).

Rakibi olan kraft (sülfat) yöntemi ile aynı yıllarda keşfedilmesine karşın, sülfite yönteminin daha önce uygulamaya geçirilmesi onun aşağıda sıralanan avantajlarından kaynaklanmaktadır:

- Hamur renginin ağartılmadan bile oldukça açık olması ve bu hali ile pek çok yerde değerlendirilebilmesi,

- Aynı hammadde kullanıldığında hamur veriminin kraft hamuruna göre yüksek olması,
- Pişirmede su, kireç ve kükürt gibi doğal, bol bulunan ve ucuz maddelerin kullanılması,
- Ağartılmasının kolay oluşu, basit ağartıcılar ile yüksek parlaklık derecesine kadar beyazlatılabilmesi.

Buna karşın sülfite yönteminin aşağıda sıralanan sakıncaları bulunmaktadır:

- Hamurun direnç özelliklerinin kraft yöntemine göre düşük olması,
- Pişirmede yalnızca belirli odun türlerinin kullanılması,
- Pişirme süresinin oldukça uzun olması,
- Pişirmede kullanılan kimyasal maddelerin atık pişirme çözeltilerinden geri kazanılmasının zor olması,
- Geri kazanma ve arıtma sistemi olmayan tesislerden boşaltılan atıkların yoğun su kirlenmesine neden olması (Kırcı, 2006).

Modern kraft geri kazanma fırınının II. Dünya Savaşının sonlarına doğru geliştirilmesi, buna ilave olarak klordioksit gibi etkili ağartıcıların keşfi ve ticari olarak üretiminin yaygınlaşması sülfite yönteminin geçmişteki çekiciliğini azaltmıştır. Gerçekten de 1940'lı yıllardan bu yana dünyada sülfite yöntemiyle kağıt hamuru üreten fabrikaların kapasitesinde dikkate değer bir artış görülmemekle birlikte, geçen son 60 yıl içerisinde kraft hamuru üretim kapasitesi 10 kat artmıştır. Kraft yönteminin bu hızlı gelişimi karşısında sülfite yöntemi ile çalışan fabrikalarda yöntem üzerinde aşağıda bazı iyileştirmeler yapılarak rekabete dayanmaya çalışılmıştır (Rydholm, 1965):

Sülfite yöntemi ile kağıt hamuru üretimi her ne kadar eski önemini kaybetmiş gibi görünse de, bu üretim tarzı selüloz türevleri endüstrisinde kullanılacak, alfa selüloz içeriği yüksek hamurların (çözünür hamur) üretiminde halen önemini koruyan bir teknolojidir (Kırcı, 2006).

Ülkemizde Cumhuriyet döneminde açılan ilk kağıt hamuru fabrikası 1938 yılında İzmit'te kurulmuş olup ülke ihtiyaçları için uzun süre sülfite yöntemi ile kağıt hamuru üretimi yapmıştır. Ancak miktar ve kalite açısından yeterli odun hammaddesi bulmada sıkıntılar yaşanması, üretilen hamurun kalite ve fiyat açısından kraft hamuru ile rekabet edememesi

ve fabrikanın çevreyi aşırı ölçüde kirletmesi gerekçesi ile yakın geçmişte bu fabrikanın faaliyetine son verilmiştir (Kırcı, 2006).

1.2.1. Sülfite pişirmesinin kimyası

Sülfite pişirme çözeltisinin odun bileşenleri ile olan reaksiyonu, pişirmenin yapıldığı pH düzeyine bağlıdır. Genel olarak ifade edilirse düşük pH seviyelerinde sülfonlanma ve karbonhidrat bozunma reaksiyonları hızlıdır. pH nötr noktaya doğru yaklaştıkça daha seçici bir delignifikasyon meydana gelmekle birlikte, sülfonlanma hızı yavaşlamaktadır. Aşağıda sülfite pişirmesi ortamında meydana gelen lignin ve karbonhidrat reaksiyonlarına kısaca değinilmiştir (Kırcı, 2012).

1.2.1.1. Lignin reaksiyonları

Sülfite pişirme ortamında cereyan eden lignin reaksiyonları üç ana grup altında incelenebilir:

1. Sülfonlanma reaksiyonu
2. Hidroliz reaksiyonu
3. Kondenzasyon reaksiyonları

Orijinal lignin yapısının başkalaşması ve bozunmasında sülfonlanma ve hidroliz reaksiyonlarının büyük payı vardır. Lignin, sülfonlanma ile daha hidrofil bir yapıya bürünürken, takip eden hidroliz reaksiyonu ile daha küçük boyutlu moleküllere parçalanmaktadır. Bir lignin yapısının sülfite pişirme çözeltisi içerisinde çözünebilmesi için lignin molekülünü oluşturan fenil propan birimlerinin en az 1/3'ünün sülfonlanması gerekir. (Gullichsen, 1999; Kırcı 2012).

Sülfite pişirmesinde ortamın sıcaklığı önemli bir faktördür. Sıcaklığın artışı pişirme çözeltisinin pH derecesini artırır, ligninin çözünmesini ve karbonhidratların bozunmasını hızlandırır. Sıcaklığın bu etkisi pişirme çözeltisinin Ca yerine NH₄ ve Na gibi bazlarla hazırlanması halinde azalır. Sodyum bazlı pişirme çözeltisi ile 160°C sıcaklıkta yapılabildiği göre, 170°C sıcaklıkta ve pH 4,5 civarında yapılan pişirmelerde lignin ayrılması 3-4 kat daha yüksektir (Kırcı, 2006).

Pişirme çözeltisi içerisindeki bisülfite iyonu konsantrasyonu azaldıkça lignin kondenzasyon reaksiyonlarının oluşma riski vardır. Bunun dışında lignin kondenzasyonuna neden olan diğer faktörler ise:

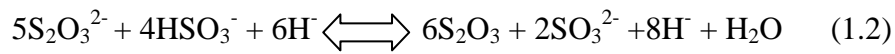
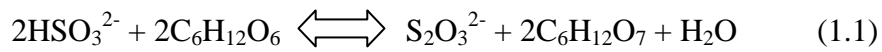
1. Sülfite pişirme çözeltisinin emprenye işlemi aşamasında (pişirmenin başlangıcında) yonga içersine yeterince girememesi,
2. Pişirme çözeltisi içersindeki tiyosülfat konsantrasyonunun (özellikle pişirme işleminin sonuna doğru) artışıdır (Kırcı, 2012).

Lignin kondenzasyon reaksiyonları ile çözelti fazına geçen lignin fragmentleri yeniden birleşip, hamur üzerine çökmeye meylederek koyu renkli bir hamur oluşumuna neden olur veya delignifikasyon reaksiyonları ile eşzamanlı gelişerek delignifikasyon hızını düşürürler. Sonuçta kalıntı lignin oranı yüksek, ağartılması güç olan heterojen kalitede bir hamur elde edilir. Hamurun renginin koyulaşması bağlı SO_2 'nin konsantrasyonu yüksek tutularak büyük ölçüde önlenir. Sülfite pişirmesinde pişirmenin sonuna doğru bağlı SO_2 konsantrasyonunun %0,5'in altına düşmesi kondenzasyon riskini artırır (Kırcı, 2012).

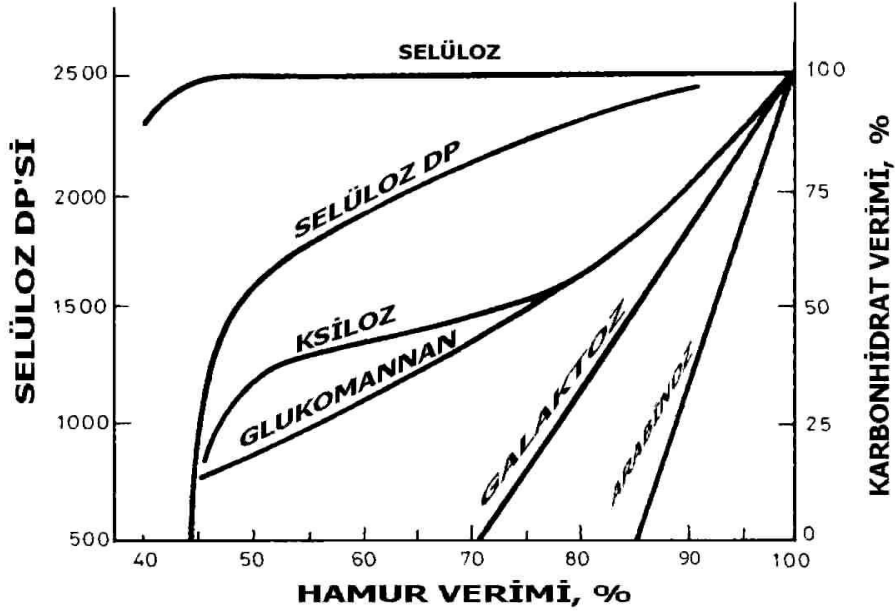
1.2.1.2. Karbonhidrat reaksiyonları

Sülfite pişirmesinde karbonhidratlar üzerinde gözlenen hidroliz reaksiyonları önemlidir. Pişirme ortamında hem selüloz hem de hemiselülozlar bozunmaya uğrar. Selülozun aksesibilitesi düşük olduğundan hemiselülozlara göre daha az hidrolize uğrar. Hemiselülozların hidrolizi kuvvetli alkali ortamda yapılan kraft pişirmelerine göre daha düşük seviyede gerçekleşir. Şekil 1.2'de sülfite pişirmesi sırasında hidrolize bağlı karbonhidrat kaybı ve selülozun DP'sindeki değişim gösterilmiştir (Kırcı, 2012).

Pişirme ortamında karbonhidratlarla bisülfite iyonlarının verdiği ve tiyosülfat iyonu oluşumu ile sonuçlanan aşağıda gösterilen reaksiyonlar da meydana gelmektedir.



Bu ikincil zararlı reaksiyonlar bisülfite iyonlarını gereksiz yere tüketip pişirme ortamının pH derecesinin düşmesine neden olduğu gibi meydana gelen tiyosülfat iyonları lignin kondenzasyon reaksiyonlarından sorumludur (Kırcı, 2006).



Şekil 1.2 Ladin odunu yongasından sülfite yöntemi ile kağıt hamuru üretiminde hamurun karbonhidrat bileşimindeki değişim (Gullichsen, 1999; Kırıcı 2012)

1.2.2. Sülfite hamurunun özellikleri

Sülfite hamurunun kimyasal ve fiziksel özellikleri aşağıda sırasıyla ele alınmıştır.

1.2.2.1. Sülfite hamurunun kimyasal özellikleri

Sülfite yönteminde pişirme koşullarını değiştirerek özellikleri bir hayli farklı olan hamur üretmek mümkündür. Genel olarak ifade edilirse ağartılmadan kullanılacak yüksek verimli bir sülfite hamurunda %10-15, ağartılarak kullanılacak iğne yapraklı ağaç hamurlarda %3-5, yapraklı ağaç hamurlarında ise %1-3 arasında kalıntı lignin bulunur.

Farklı pişirme koşullarının uygulanması hemiselüloz ayrılmasını veya tutunmasını etkilemektedir. Asit sülfite pişirmesi sırasında hemiselülozların büyük bir bölümü hamurdan ayrılırken, selülozun DP'si önemli ölçüde düşmektedir. İğne yapraklı ağaç odunundan üretilen sülfite hamurunda kalan hemiselülozlar galaktoz ve arabinoz uç grupları uzaklaşmış mannan ve ksilanlardır (Kırıcı, 2006).

1.2.2.2. Sülfite hamurunun fiziksel özellikleri

Sülfite pişirmesinin farklı pH alanında uygulanması ve pişirme koşullarının değiştirilmesiyle opaklık ve direnç özellikleri başta olmak üzere özellikleri birbirinden farklı olan hamur türleri imal etmek mümkündür. Hamurun kullanım yeri ve özelliklerini etkileyen bir diğer değişken kullanılan odun türüdür. İğne yapraklı ağaç odunlarına göre yapraklı ağaç odunu türlerinden elde edilen sülfite hamurları direnç özelliklerinin düşük

olmasıyla bilinir. Bu nedenle opaklığı yüksek kağıtların imali için uzun lifli hamurlar ile karıştırılarak kullanılır.

Geleneksel pişirme tarzı ile elde edilen kağıtlık sülfite hamuru orta derecede sağlamlık özelliklerine sahip olması, dövülebilme özelliklerinin iyi oluşu ile tanınır. Oluşturdukları kağıtların patlama dirençleri yüksektir. Ticari kağıtlık sülfite hamuru ayrıca açık rengi ve opaklığının yüksek oluşu ile bilinir (Kırcı, 2012).

1.3. Sodyum Borhidrür (NaBH₄) Hakkında Genel Bilgiler

Türkiye bor madenleri bakımından Dünya çapında söz sahibi olup dünyada toplam bor rezervinin % 64'üne sahiptir (Karakoç, 2004). Her geçen gün bor bileşiklerinin önemi daha da artmaktadır. Son yıllarda NaBH₄, hidrojen taşıma ortamı olarak büyük bir önem kazanmış olup mevcut kullanım alanları aşağıda verilmiştir:

- Selüloz ağartma,
- Metal yüzeylerde temizlik işlemi,
- Metal yüzey işlemleri ve fotoğrafçılıkta değerli metal kazanımı,
- Özellikli arıtım kimyasalları,
- Ağır metalleri atık sulardan uzaklaştırma olarak sıralanabilmektedir.

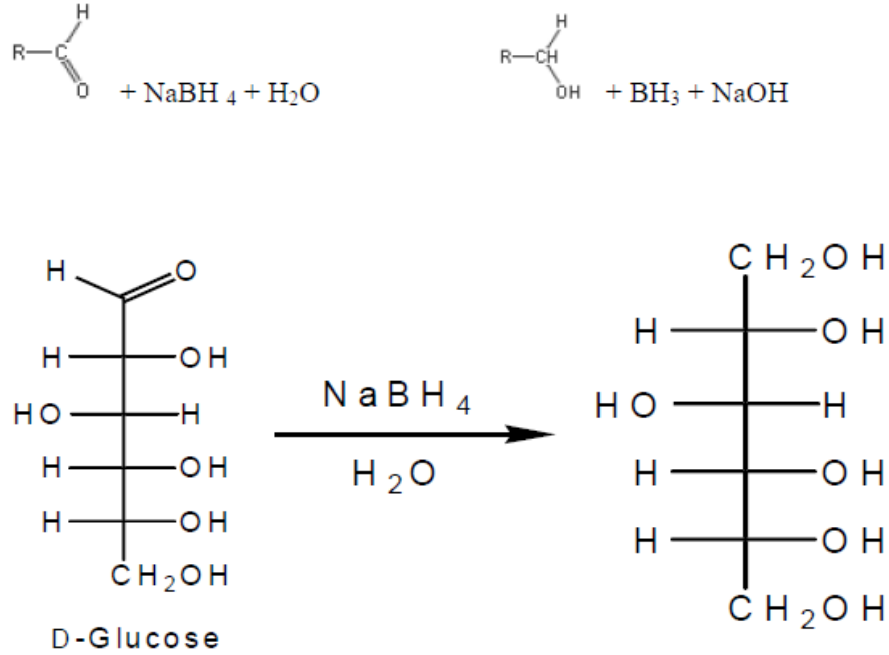
Avrupa'daki kağıt endüstrisi NaBH₄'ün en önemli tüketicisidir (Örs vd., 2002). Kağıt hamuru üretimi ile ilgili çalışmalarda indirgen kimyasal maddeler olarak NaBH₄ ve sodyum perborat kullanıldığı bildirilmiştir. Bunların sudaki çözeltileri biraz alkalen olup bu koşullarda oldukça stabil olmaktadır (Hafızoğlu, 1982).

Alkalen koşullarda karbonil içeren molekül zincirlerinin kolaylıkla depolimerize olduğundan viskozite ve depolimerizasyon derecesinin bilinmesi önemlidir. Ayrıca borhidrür indirgenmesiyle alkalen çözeltilerde selülozun uç grupları da indirgenerek soyulma reaksiyonlarına karşı stabil hale gelmektedir (van Lierop, 1996).

Ligninin renk gruplarına etkisi nedeniyle NaBH₄, lignini koruyucu ağartma elemanı olarak kullanılmaktadır (Leary, 1994). NaBH₄ katalizör olarak sülfate pişirmesine ilave edildikten sonra karbonhidratların indirgen uç gruplarını soyulma reaksiyona karşı koruyarak kağıt hamurunun elenmiş verimini ve bundan dolayı da kağıdın fiziksel direnç özelliklerini artırdığı tespit edilmiştir.

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

Geniş bir ölçüde NaBH₄ esaslı indirgenme reaksiyonları çalışılmıştır (Aurell, 1963). Bu süreçte doğrudan NaBH₄ pişirme çözeltisine ilave edilmekte ve bu yolla indirgenmenin başlaması, reaksiyon için gerekli ısıyı ortaya çıkarmaktadır. Hamur içeriğindeki hemiselüloz artışı verim artışını etkilemektedir (Kocurek, 1989; Ateş ve Kırcı, 2001). NaBH₄ güçlü bir indirgen olmakta, Şekil 1.3'deki reaksiyonda görüldüğü gibi pişirme sırasında selüloz zincirinin indirgen ucundaki karbonil grubunu hidroksil grubuna indirgeyerek muhtemel soyulma reaksiyonunu durdurmaktadır. Bu yolla, pişirme esnasında verimde meydana gelen azalma önlenmektedir.



Şekil 1.3. NaBH₄'ün aldehit keton gruplarını hidroksil grubuna indirgeme reaksiyonu

Görülen reaksiyon sadece selülozda değil hemiselülozda da meydana gelmektedir. Pişirme esnasında soyulma reaksiyonu sıcaklığın 80–100°C'ye ulaşmasıyla başlamaktadır. Monomerler sıcaklığın 150°C'yi geçmesiyle bu kez zincir alkali hidrolize maruz kalmaktadır (Hafizoğlu, 1982). Soyulma reaksiyonunda indirgen uçtan birer birer koparken, alkali hidrolizde ise zincirin ortasından soyulma reaksiyonuna göre daha büyük kopmalar meydana gelmektedir (Hafizoğlu, 1982).

1.4. Gök nar Odunun Özellikleri ve Türkiye’de Gök nar Ağaçlarının Yayılışı

Gök nar (*Abies*), Gymnospermae’lerin Coniferae sınıfının Pinaceae familyasına ait bir ağaç türüdür. Türkiye’ye özgü bir endemik takson olan Uludağ gök narı (*Abies bornmülleriana Mattf*), ünlü botanikçi Bornmüller’in adını almıştır. Bu ağaç türü uygun koşullarda 30-40 m boya ulaşan birinci sınıf orman ağacıdır. Uludağ gök narının genel yayılış alanı Kızılıрмаğın denize döküldüğü yer ile Uludağ arasında kalan Batı Karadeniz Bölgesi ile Kocaeli havzası olmaktadır. 1100-1800 m yükseltiler arasında yayılmakla birlikte, bazen ise 2000 m civarında üst orman sınırına ulaşmaktadır (Yaltırık ve Efe, 2000; Anşin ve Özkan, 1997).

Uludağ gök narının genç sürgünleri çıplak, tomurcukları ise reçinelidir. Ayrıca diri ve öz odun renk farkı yok, odun rengi sarımsı beyaz ile gri beyaz ve yıllık halka sınırları belirgindir. İlkbahar odunundan yaz odununa geçiş yavaştır. Öz ışınları çok ince olmasından dolayı makroskopik olarak görülmemektedir. Bu ağaç türünde doğal reçine kanalı bulunmamaktadır. Odunu yumuşak ve oldukça hafiftir. Traheid çapı 25-65 m, uzunluğu 3400-4600 m, öz ışınları tek sıralı ve homojendir. Karşılaşma yeri geçitleri 2-4 adet ve taxodioid tiptedir. Kenar hücrelerinde dikdörtgen kesitli kristaller bulunmaktadır. Yaz odununda piceoid tipte geçite rastlanabilmektedir (Aytuğ, 1959).

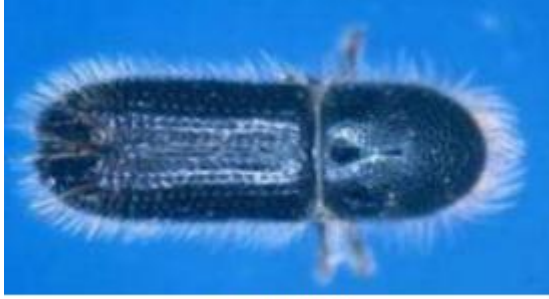
Genellikle yapılarda doğrama malzemesi olarak gök nar türlerinin odunları kullanılmaktadır. Döşeme ve tavan kaplama tahtası, iskele ve kalıp malzemesi, mobilya iç kısımları, hatta hafif ve reçinesiz olmasından dolayı ambalaj sanayisinde kullanılabilir. Emprenye edilebilme güçlüğü sebebiyle çit, maden tel ve elektrik direği olarak kullanımı pek tercih edilmemektedir. Renginin açık ve yeknesak olması sebebiyle yonga levhaların dış yüzeylerinde de kullanılabilir. Bunlardan başka oyuncak malzemesi, müzik aletleri, döküm modelciliği gibi küçük el sanatlarında da bu türlerden yararlanılmaktadır. Bütün bu kullanım yerlerinin dışında en fazla yararlandığı bir başka alan ise kağıt ve selüloz sanayisidir (Bozkurt, 1979; Özdemir, 2004).

1.5. Böcek Arızlı Odunlar Hakkında Bilgi

Ağaçlara arız olan böcekler, tomrukların gövde ve kabuklarında oluşturdukları delikler ve parçalanmalar kereste sanayisinde büyük ekonomik kayıplara sebep olmaktadır (Sarıkaya ve Avcı, 2006). Orman Genel Müdürlüğü’nün (OGM) verilerine göre Türkiye’de 2008

yılında böcek zararından dolayı kereste kaybı 1.245.060 m³ iken bu oran 2012 yılında 78.629 m³ olarak bildirilmiştir (Anonim, 2012).

Büyük Gökmar Kabuk Böceği (*Pityokteines curvidens* (Germar, 1824)) ve Küçük Gökmar Kabuk Böceği (*Pityokteines spinidens* (Reitter, 1894)) zararlı kabuk böcekleri arasında yer almakta ve ağaçlara ciddi zararlar vermektedir. Bu zararlı böcek türleri özellikle Gökmar ağaçlarını tercih etmekte ve önemli boyutta ekonomik kayıplara sebebiyet vermektedirler (Knizek, 1998; Sarıkaya ve Avcı, 2011).



P. curvidens



P. spinidens



Böcek tahribatına uğramış Gökmar ağacı

Şekil 1.4. Gökmar kabuk böcekleri ve zarar verdiği ağaç (URL1, 2016; URL2, 2016)

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Kağıt Hamuru ve Üretilen Kağıt Özellikleri ile İlgili Çalışmalar

Rydholm (1965), huş odunundan kraft yöntemiyle kağıt hamuru üretimi esnasında pişirme çözeltisine %2 NaBH₄ ilave edildiğinde toplam hamur veriminin %52,6'dan %59,2'ye yükseldiğini bildirmiştir.

Türkoğlu (2004), kraft yöntemi ile üretilen kâğıt hamurunun soda-oksijen-borhidrür yöntemiyle delignifikasyonu sırasında çözeltiye %0,1 oranında NaBH₄ ilave edildiğinde hamurun elenmiş veriminin % 88,52 olduğunu, %0,3 oranında NaBH₄ ilave edildiğinde % 89,47 olduğunu, %0,5 oranında NaBH₄ ilave edildiğinde % 90,98 olduğunu tespit etmiştir.

Tutuş (2004), buğday saplarından kraft yöntemi ile kağıt hamuru üretimi sırasında pişirme çözeltisine %1.5 oranında NaBH₄ ilave edildiğinde hamur veriminin %2.95 oranında %1 NaBH₄ ilavesi ile %3.83 oranında arttığını tespit etmiştir.

Gönteki (2006), sahil çamı yongalarından kraft-NaBH₄ ilaveli pişirme yönteminde pişirme çözeltisine ilave edilen NaBH₄ oranı arttıkça hamurların elenmiş verimlerinin arttığını, kappa numaralarının azaldığı tespit etmiştir. Ayrıca bu hamurlardan yapılan kağıtların fiziksel ve optik özelliklerinde iyileşmeler olduğunu bildirmiştir.

Yapılan bir çalışmada buğday saplarından kraft-NaBH₄ yöntemi ile üretilen kağıt hamurlarının iki kademeli oksijen+sodyum perborat monohidrat ile ağartılması araştırılmış ve ISO parlaklık %68.41, sarılık 39.41, beyazlık %78.55 ve opaklık değeri %95.25 olarak belirlenmiştir (Tutuş, vd., 2009).

Hedjazi ve ark. (2009), alkali sülfite-antrakinon (AS/AQ) yöntemine göre buğday saplarından kağıt hamuru üretmiş ve toplam hamur veriminin soda ve soda-AQ yöntemine göre yaklaşık %8 daha fazla olduğunu belirtmiştir.

Tutuş (2006), pamuk sapları kullanarak modifiye kraft yöntemiyle kağıt hamuru üretiminde NaBH₄'ün hamur verimi üzerine etkisini araştırmıştır. Optimum hamur üretim koşullarını belirlemek için 11 adet pişirme denemesi yapmıştır. En yüksek elenmiş hamur verimi, ekonomiklikte göz önüne alındığında; sülfidite %20, aktif alkali oranı %30, sıcaklık 140 °C, pişirme süresi 100 dakika, NaBH₄ oranı %1 ve çözelti/sap oranı 4/1 olarak alınmış 10 nolu pişirme deneyinde elde etmiştir. Sonuç olarak NaBH₄'ün elenmiş hamur verimini ortalama %7 oranında artırdığını tespit etmiştir.

Yapılan bir çalışmada titrek kavak kullanılarak kraft yöntemiyle kâğıt hamuru üretiminin gerçekleştirildiği bir çalışmada pişirme ortamına %1'den %3'e artan oranda NaBH₄ ilavesi edilmesiyle verimde %1,73'lük bir artış olduğu tespit edilmiştir (İstek ve Özkan, 2008).

Güçlü bir indirgeyici olan NaBH₄, aldehit ve ketonlarla uyum sağlayarak reaksiyona girebilir. Kraft pişirme yönteminde pişirme ortamına ilave edilen % 0,5 NaBH₄ ile hamur verimi %3'e kadar artmaktadır. Verim kaybı pişirmenin başında ve sonunda yoğun olarak gerçekleşir. Bu nedenle verimi iyileştirmek için pişirmenin başında ve sonunda müdahale edilebilir. Uç gruplarda meydana gelecek soyulma reaksiyonu engellenerek minimuma indirilebilir (Lachenal, 2003).

Tutuş ve arkadaşları (2011), haşhaş saplarının kimyasal bileşenlerini ve lif morfolojisini belirleyerek kâğıt hamuru üretimine uygunluğunu araştırmışlardır. Soda kâğıt hamuru üretim yönteminde pişirme çözeltilisine %0.3, %0.5, %0.7 oranlarında NaBH₄ ilave edilmiş ve NaBH₄'ün hamur verimi ve elde edilen kâğıtların fiziksel ve optik özellikleri üzerine etkisini tespit etmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada örtü ve tepe yangınına maruz kalmış kızılçam odunlarının kâğıt hamuru ve kâğıt üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışma sonucunda örtü ve tepe yangınına maruz kalmış ve kabuğun sadece dış kısmı yanmış kızılçam odunlarının kimyasal ve morfolojik özelliklerinin kâğıt hamuru ve kâğıt üretimine uygun olduğu tespit edilmiştir (Tutuş vd., 2012).

Tutuş ve arkadaşları (2014a), geven otunun kâğıt hamuru ve kâğıt üretimine uygunluğunu araştırdıkları bir çalışmada, geven otunun kimyasal ve morfolojik özelliklerini belirlemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre geven otunun kâğıt endüstrisinde hammadde olarak değerlendirilebileceği kanaatine varılmıştır.

Kahramanmaraş ekolojik koşullarında yetişen Trabzon Hurması bitkisinin kâğıt hamuru ve kâğıt üretiminde değerlendirilebilme olanağının araştırıldığı bir çalışmada pişirmeye NaBH₄ ilavesinin kâğıt hamurunun toplam verimini %11.16 oranında arttırdığı tespit edilmiştir (Tutuş vd., 2014b).

Tutuş ve arkadaşları (2016), kayısı odunu yongalarından kâğıt hamuru ve kâğıt üretim koşullarının belirlenmesini amaçlamışlardır. Optimum pişirme parametrelerini belirlemek için kayısı odunu yongalarından NaBH₄ ilaveli Kraft yöntemiyle 12 adet pişirme deneyi yapmışlardır. Sonuçlara göre optimum değerler %0.5 NaBH₄ kullanılan ve pişirme süresi 170 dakika olan pişirmeden elde ettiklerini bildirmişlerdir.

2.2. Gökmar ve Böcek Arızlı Odunlar ile İlgili Çalışmalar

Dikilitaş ve Öztürk (2005), böcek tasallatuna uğramış ağaçların kabukları kaldırıldığında, tomrukların yanal yüzeylerinde böceklerin sebep olduğu izlerin (ana ve larva yolları) olduğunu ve bunların tomruklarda ciddi bir imaj sorununa sebep olduğunu ve müşterilerin bu tür emvale yönelik taleplerinin olumsuz etkilediğini bildirmiştir.

Öztürk ve arkadaşları (2008), böcek arızlı tomrukların satış fiyatlarının çok düşük olduğunu ve ülke ekonomisinde önemli oranda gelir kayıplarına sebep olduğunu ifade etmiştir.

Semli (1989), kabuk böceklerinin üremesini azaltan veya arttıran faktörlerin etkisine göre tek ağaç öldürücü veya meşçere tahripçisi olarak ortaya çıkabileceğini belirtmiştir. Sekonder olarak belirtilen kabuk böceklerinin orman meşçerelerini tahrip ettiklerinden orman böcekleri arasında büyük ekonomik öneme sahip grubu oluşturduğunu vurgulamıştır. Ayrıca, üreme dönemlerinde tamamen sekonder davranan kabuk böceklerinin, genç erginlerin olgunluk veya yaşlı erginlerin regenerasyon yiyimleri sırasında primer karakter olarak tamamen sağlam olan ağaçları da büyük ölçüde tahrip ettiklerini ifade etmiştir.

Kanat ve Laz (2005), yaptıkları çalışmada 2000-2003 yılları arasında Andırın, Gökşun ve Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüklerindeki Toros Gökmar (*Abies cilicica* Carr.) ormanlarında zararlı olan *Pityokteines curvidens* (Germ.) (Büyük Gökmar Kabuk böceği)'in yoğunluğunu incelemiştir. Gökmar ağaçlarında kambiyumda zarar yapan ve hektarda yaklaşık 3-4 ağacı kuruttuğu gözlenen Büyük Gökmar Kabuk böceği'nin yoğunluğunu incelemek amacıyla feromon tuzakları kullanılmıştır. Araştırma sonuçları fazla miktarda ürediğinde primer zararlı olabilen ve sağlam ağaçlarda da zarar yapan bu türün, tercihen kalın kabuklu gökmar ağaçlarında yaşadığı tespit edilmiştir. Ağaçların üst kısımlarından aşağıya doğru zarar yapmakta olan bu böcek çoğu kez *Pissodes piceae* (Ill.) ve *Cryphalus piceae* (Ratz.) ile birlikte rastlandığı göz önüne alındığında gökmar ormanları için son derece tehlikeli olduğunu göstermiştir.

Böcek arızlı odunların, odun plastik kompozit (Ayrılmış vd., 2015; Güleç ve Kaymakçı, 2016) ve yonga levha (Nemli vd., 2018) üretiminde değerlendirilmesine ilişkin çeşitli çalışmalar mevcuttur.

Yıldırım (2014), böcek tasallatuna uğramış uludağ göknar (*Abies bornmülleriana*) ağacının odun ve kabuk kısmının kimyasal bileşenlerini analiz etmiş ve sağlam ağaç örnekleriyle karşılaştırmıştır. Analiz sonuçlarına ait değerler Çizelge 2.1.'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Sağlam ve böcek arızlı uludağ göknar odun ve kabuğuna ait kimyasal özellikler

Kimyasal analizler	ODUN		KABUK	
	Sağlam	Böcek arızlı	Sağlam	Böcek arızlı
Holoselüloz	73.70 (3.94)	71.77 (0.43)	55.79 (1.05)	60.46 (0.40)
α -Selüloz	47.57 (3.84)	44.06 (0.24)	41.10 (0.74)	43.96 (0.03)
Lignin	30.91 (0.29)	30.89 (0.69)	29.04 (0.15)	37.26 (1.01)
Toluen/Aseton/Etil alkol çöz.	1.48 (0.31)	0.63 (0.25)	15.49 (1.28)	5.23 (2.53)
Sıcak su çözünürlüğü	3.95 (0.72)	3.57 (0.42)	17.48 (1.56)	6.49 (0.56)
Soğuk su çözünürlüğü	2.23 (0.28)	1.99 (0.28)	12.84 (1,57)	2,37 (0.37)
%1 NaOH çözünürlüğü	12.94 (0.48)	13.12 (0.48)	40.60 (2.11)	32.09 (4.21)
Kül	0.44 (0.03)	0.49 (0.05)	4.88 (0.81)	3.42 (0.11)

* Standart sapma değerleri parantez içinde gösterilmiştir.

Ataç (2009), öz ve diri odun uludağ göknarını kullanarak kraft yöntemine göre kağıt hamuru üretmiştir. Öz ve diri oduna ait hamur özelliklerini sırasıyla kappa no 39.80-46.40 ve elenmiş verim %48.08-%44.21 bulmuştur. Bu hamurlardan üretilen deneme kağıtlarına ait patlama, yırtılma, gerilme, kopma, parlaklık ve opaklık özelliklerini ise öz ve diri odunda sırayla 6.90-6.58, 0.95-0.96, 1.81-1.94, 116.16-121.14, 14.80-16.44, 98.37-98.22 olarak tespit etmiştir.

Kızılçam kullanılan bir çalışmada kraft yöntemine %2 NaBH₄ ilave edilerek kappa numarası kontrol örneğine göre 31.8'den 27.8'e ve %4 oranla ilave edildiğinde 27.2'ye düştüğü görülmüştür (Çöpür ve Tozluoğlu, 2008).

Odabaş-Serin ve Güleç (2014), böcek arızlı Doğu Karadeniz Göknar (*Abies nordmanniana* ssp. *nordmanniana*) odunu ve kabuğunun kimyasal özelliklerini belirleyerek sağlam göknar örnekleriyle karşılaştırmıştır. Böcek arızlı ağaçların hem odun hemde kabuğundaki karbonhidrat miktarının azaldığını buna karşılık inorganik madde miktarının arttığını, ekstraktif madde oranının böcekli ağaçların odun kısmında yüksek, kabuk kısmında ise düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada uludağ göknar (*Abies bornmuelleriana* Mattf.) odunun kimyasal bileşenleri belirlenmiştir. Buna göre holoselüloz % 67.19, selüloz % 51.78, alfa-selüloz % 43.66, lignin % 28.14, kül % 0.34, % 0.36 kül, alkol-benzen çözünürlüğü % 1.60, % 1' lik

NaOH çözünürlüğü %11.43, sıcak su çözünürlüğü % 2.20 ve soğuk su çözünürlüğü % 1.24 bulunmuştur (Temiz, 2006).

Bir başka çalışmada Kraft-NaBH₄ yöntemiyle uludağ göknar (*Abies bornmuelleriana* Mattf.) odunlarından kağıt hamuru üretim koşulları araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre en uygun pişirme şartları her iki odun türü içinde %18 aktif alkali, %25 sülfidite, 90 dakika pişirme süresi, 170°C pişirme sıcaklığında ve %2 NaBH₄ ilave edilerek bulunmuştur. Bu koşullarda göknar odunu kullanılarak elde edilen hamurun elek verimi %46.32, kappa numarası 28.5, viskozitesi 1102 cm³/g, kopma uzunluğu 5.76 km, patlama indisi 3.94 kPa.m²/g, yırtılma indisi 8.19 mN.m²/g, ve parlaklık değeri 22.36 olarak belirlenmiştir. Özetle NaBH₄ ilaveli kraft pişirmelerinde hamur veriminin arttığı, delignifikasyonun artmasıyla lignin miktarının azaldığı, elek artığında önemli miktarlarda azalma olduğu, viskozitesinde ve parlaklık değerlerinde artış olduğu buna karşın direnç özelliklerinde çok az azalmalar görüldüğü belirlenmiştir (Temiz, 2006).

Tank (1964), “Türkiye Göknar Türlerinin Kimyasal Bileşimleri ve Selüloz Endüstrisinde Değerlendirme İmkanları” adlı çalışmasında göknar odununun temel odun bileşenlerine, lif özelliklerine ve çeşitli pişirmelere yer vermiştir.

Uçar ve Yılgör (1995), tarafından yapılan bir çalışmada, yaklaşık 300 yıl bir tatlı su gölünde kalmış bir *Abies bornmülleriana* odunu ve yakındaki bir ormandan alınan ikinci bir dikili örnek incelenmiş ve sonuçta odunun anatomik yapı, kimyasal bileşim ve mekanik davranışı bakımından çok az farklılıklar bulunmuştur.

Özdemir (2004), yaptığı çalışmada Anadolu Göknar türleri (Uludağ Göknarı, Doğu Karadeniz Göknarı, Kazdağı Göknarı, Toros Göknarı) odunlarının kimyasal özelliklerini incelemiş, temel odun bileşenleri açısından bakıldığında türler arasında çok belirgin bir farklılık bulunamamıştır. Her türe ait odundaki polisakkarit bileşimlerinin belirlenmesi amacıyla %77’lik sülfürik asitle hidroliz yöntemi uygulanmıştır. Bu uygulama sonucunda elde edilen toplam polisakkarit miktarına bakıldığında, en yüksek değer %67 ile *Abies cilicica* subsp. *isaurica*’da belirlenirken en düşük değer %65,8 ile *Abies cilicica* subsp. *cilicica*’da olduğu gözlemlenmiştir.

Hafizoğlu ve Usta (2004), Toros Göknar odununun odun ve kabuğun kimyasal bileşenleri ile ilgili yaptıkları çalışmada, soğuk su çözünürlüğünde diri odunun % 2, öz odunun % 2.6, iç kabuğun % 5.7, dış kabuğun % 9, sıcak su çözünürlüğünde diri odunun % 4, öz odunun % 4.4, iç kabuğun % 8.6, dış kabuğun % 10.6 olarak tespit etmişlerdir. Alkol-benzen

çözünürlüğünde; diri odunun % 4, öz odunun % 5.5, iç kabuğun % 16.5, dış kabuğun % 14.5 olarak % 1'lik NaOH çözünürlüğünün; diri odunda % 7.5, öz odunda % 11.1, iç kabukta % 39.5, dış kabukta % 41.1 tespit etmişlerdir. Selülozu diri odunda % 52.2, öz odunda % 50.2, iç kabukta % 41.7, dış kabukta % 38.7 olarak, α -selülozun diri odunda % 41.7 öz odunda % 44.9 olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca ligninde diri odunda % 28.6, öz odunda % 27.0, iç kabukta % 31.6, dış kabukta % 36.9 olarak, kül miktarında ise diri odunda % 0.4, öz odunda % 0.3, iç kabukta % 2.9 ve dış kabukta % 4.0 olarak tespit etmişlerdir.

Aydın ve ark. (2006), göknar odunun basınç direncini 32,3 MPa, eğilme direncini 53,3 MPa ve eğilmede elastikiyet modülünü 5713 MPa bulmuşlardır.

Yapılan bir çalışmada titrek kavak kullanılarak NaBH_4 ilaveli kraft yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurlarının viskozite değerlerinde sodyum borhidrür katkısıyla çok az miktarda iyileşme olduğu belirlenmiştir. Kullanılan NaBH_4 oranı arttıkça da kontrol örneğinde belirlenen 1027 g/cm^3 değeri %1 oranda NaBH_4 ilavesiyle 1071 g/cm^3 , %3 oranda NaBH_4 ilavesiyle 1115 g/cm^3 'e yükselmiştir (İstek ve Özkan, 2008).

Çöpür ve Tozluoğlu, (2007), tarafından yapılan kızılçam odunlarından kraft, polisülfite, kraft-AQ ve kraft- NaBH_4 yöntemlerinin karşılaştırılması başlıklı çalışmada kraft pişirme çözeltisine %2 ve %4 oranında NaBH_4 ilave edildiğinde elenmiş hamur verimi artmış, hamurun kappa numarası ve elek artığı oranı azalmıştır. %4 NaBH_4 ilavesi ile kağıdın optik özelliklerinde parlaklık değeri %66.6 oranında arttığı tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada pamuk sapsarı kullanılarak modifiye kraft yöntemine göre yapılan pişirmeye NaBH_4 ilavesinin hamur verimine olan etkisi araştırılmıştır. En yüksek elenmiş hamur verimi ve ekonomiklik göz önüne alındığında en uygun hamur pişirme şartlarının sülfidite %20, aktif alkali oranı %30, pişirme sıcaklığı 140°C , pişirme süresi 100 dakika, NaBH_4 oranı %1 ve çözelti/sap oranı 4/1 olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra pişirmeye NaBH_4 ilavesinin elenmiş hamur verimini ortalama %7 oranında arttırdığı belirlenmiştir (Tutuş, 2006).

Ayata (2008), Okaliptüs'ün kraft- NaBH_4 yöntemiyle kâğıt hamuru üretiminde NaBH_4 hamuru verimi üzerine etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak NaBH_4 elenmiş hamur verimini ortalama %5 oranında arttırdığı tespit edilmiştir.

Ezici (2010), pamuk sapsarından (*Gossypium hirsutum* L.) kraft sodyum yöntemiyle kâğıt üreterek, NaBH_4 'ün hamur verimi elde edilen kâğıtların fiziksel ve optik özelliklerine

etkisini incelemiştir. Sonuç olarak kraft yöntemine göre kraft -sodyum borhidrür yönteminde verim % 15,66 daha yüksek tespit edilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma materyalinin temini ve hazırlanması

Tez kapsamında Türkiye-Bolu ilinin Aladağ bölgesinden (Rakım 1940 m, koordinatlar 728836 4556758) temin edilen *Pityokteines curvidens* zararına maruz kalmış (böcekli odun) ve kalmamış (sağlam odun, kontrol) *Abies nordmanniana subsp. bornmulleriana* Mattf. (Uludağ Gökmarı) ağaçları kullanılmıştır. Ağaçların ortalama çapları 31 cm'dir. Böcek arızlı ağaçlar, kırmızı atak aşamasında olup yaşı (böcek bulaşmasından sonra geçen süre) sıfır olarak tespit edilmiştir. Bu örneklere ait resimler Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Sağlam ve böcek arızlı uludağ gökmar örnekleri (Yıldırım, 2014)

Tomruklar kesildikten sonra KSÜ, Orman Fakültesi, Kağıt Laboratuvarına nakil edilmiştir. Tomruklardan yonga elde etmek için örnekler önce şerit testere ile 2-3 cm kalınlığında tekerleklere bölünmüştür. Kabuklarından ayrılan disklerin çürük, budak vb. kusur

içermemesi için dikkatlice gözden geçirilmiştir. Laboratuvar ortamında kurumaya bırakılan disklerden daha sonra yongalar elde edilmiştir.

3.2. Metot

Sağlam ve böcek arızlı göknar odun yongaları kullanarak Alkali sülfite (AS) - NaBH_4 yöntemine göre kağıt hamuru üretimi ve bu hamurlardan deneme kağıtları yapılarak uygulanan analizler aşağıda sırasıyla verilmiştir.

3.2.1. AS- NaBH_4 yöntemiyle ön denemeli kağıt hamuru üretimi

Yapılan ön denemelerde sağlam göknar odun yongaları kullanılarak Alkali sülfite - NaBH_4 yöntemiyle kağıt hamuru elde etmek için optimum pişirme şartları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla Çizelge 3.1’de verilen pişirme şartları sırasıyla denenmiştir. Her pişirmede elde edilen hamur özelliklerine bakılarak optimum koşullar tespit edilmeye çalışılmıştır. Buna göre tez kapsamında 4 nolu pişirme esas alınarak; %20 NaOH, %15 Na_2SO_3 , pişirme süresi 120 dak, pişirme sıcaklığı 160 °C, çözelti/yonga oranı: 5/1, ve maksimum sıcaklığa çıkış süresi 50 dakika olarak sabit alınmıştır.

Çizelge 3.1. Ön denemelerde uygulanan pişirme şartları

Pişirme No	PİŞİRME ŞARTLARI					Verim (%)
	NaOH (%)	Na_2SO_3 (%)	NaBH_4 Oranı (%)	Süre (dak)	Sıcaklık (°C)	
1	20	30	-	100	150	Pişirme gerçekleşmedi
2	20	15	0,3	100	150	Pişirme gerçekleşmedi
3	25	15	-	120	160	Elenmiş verim %42,75
4	20	15	-	120	160	Elenmiş verim %49,61

Not: NaOH ve Na_2SO_3 miktarları Na_2O cinsinden hesaplanmıştır. Çözelti/Yonga Oranı: 5/1, maksimum sıcaklığa çıkış süresi: 50 dakika olarak sabit alınmıştır.

Literatürde kağıt hamuru üretimi sırasında yapılan sodyum borhidrür (NaBH_4) ilavesinin yongaların pişmesine olumlu katkılar yaptığı bildirilmiştir. Bu nedenle tez kapsamında yapılan alkali sülfite pişirmelerine tam kuru odun ağırlığına oranla % 0, 0.3, 0.5, 0.7 ve 1.3 olmak üzere 5 farklı konsantrasyonda NaBH_4 ilave edilmiştir. AS - NaBH_4 ilavesi %0,7'den %1,3'e çıkarılmıştır. %0,9 ve %1,1 NaBH_4 ilavesinde elde edilen kağıt hamurların verimi fiziksel ve optik özelliklerinde belirgin farklılık olmadığından %1,3'e NaBH_4 ilave yapılmıştır. Buna göre Çizelge 3.2.'de görüldüğü üzere hem sağlam hem de böcek arızlı göknar yongalarından 5'er olmak üzere toplamda 10 adet pişirme yapılmıştır.

Çizelge 3.2. Sağlam ve böcek arızlı göknar odunları için kullanılan pişirme koşulları

Deney Kodu		Na ₂ SO ₃	NaOH	NaBH ₄	Sıcaklık	Süre
Sağlam Odun	Böcekli Odun	Oranı (%)	Oranı (%)	Oranı (%)	(°C)	(dak)
S1	B1	20	15	0	160	120
S2	B2	20	15	0.3	160	120
S3	B3	20	15	0.5	160	120
S4	B4	20	15	0.7	160	120
S5	B5	20	15	1.3	160	120

Pişirme işlemi 15 lt kapasiteli, elektrik ile ısıtılan otomatik ısı kontrollü dakikada 4 devir yapan ve 25 kg/cm² basınca dayanıklı laboratuvar tipi döner kazanda yapılmıştır. Doldurma ve boşaltma elle yapılmış olup her pişirmede 600 gr tam kuru göknar yongası kullanılmıştır. Pişirme öncesi (beyaz çözelti) ve sonrası kazandan alınan çözeltinin (siyah çözelti) pH derecesi ölçülmüştür. Pişen materyal 150 mesh'lik elek üzerinde bol su ile siyah çözelti uzaklaşmaya kadar yıkanmıştır. Bu işlemden sonra hamur, 10 dakika süreyle laboratuvar tipi lif açıcıda disintegre edilmiş ardından yarık açıklığı 0,15 mm olan vakumlu elekte elenerek pişmeyen kısımlardan ayrılmıştır. Elek üzerinde kalan kısım tartılarak tam kuru yonga ağırlığına oranla elek artığı miktarı belirlenmiştir. Elenen kısım ise rutubet dağılımının homojen olması için %20-25 kuru madde kalana kadar sıkılmıştır. Yapılan her bir pişirme hamuru ayrı polietilen torbalara koyulmuş ve rutubetin dengelenmesi için ağzı kapalı olarak 24 saat bekletilmiştir. TAPPI T 264 cm-07 standardına göre hamurun rutubeti belirlenmiş ve elenmiş verim hesaplanmıştır.

3.2.2. Kâğıt hamurlarının dövülmesi ve deneme kâğıtlarının üretimi

Göknar odunlarından AS - NaBH₄ yöntemiyle elde edilen hamurlardan deneme kağıdı üretimi öncesinde 10 L hacimli karıştırıcıda % 0,4 kesafette ayarlanarak serbestlik tayinleri ISO 5267-1 (Anonim, 1999) metoduna göre Schopper-Riegler aletinde yapılmıştır. Pişirme sonrası dövme işlemine uğratılmayan (20±5 SR^o) hamurdan yeterli miktarda ayrıldıktan sonra geri kalan hamurlar 35±5 SR^o ve 65±5 SR^o serbestlik derecesine kadar Hollander'de dövme işlemine tabii tutulmuştur. Her bir hamurun dövme derecesi (20±5, 35±5 ve 65±5 SR^o) için Rapid Köthen RK-21 laboratuvar tipi kağıt makinesinde 70±3 g/m² ağırlığında 10'ar adet deneme kağıdı yapılmıştır.

3.2.3. Kağıt hamurunda ve deneme kağıtlarında uygulanan testler

Aşağıda kağıt hamurlarına ve deneme kağıtlarına uygulanan testler ayrı başlıklar altında ele alınmıştır.

3.2.3.1. Kağıt hamuruna uygulanan testler

Çalışma kapsamında üretilen kağıt hamurları üzerinde kapa numarası, viskozite ve polimerizasyon derecesi belirlenmiştir. Bu tayinlere ilişkin bilgiler aşağıda sırasıyla verilmiştir.

3.2.3.1.1. Kappa numarası tayini

Kağıt hamurunun kapa numarası tayini TAPPI T 236 om-99 standardına göre yapılmıştır. Kapa numarası belli şartlar altında 1 gram tam kuru kağıt hamurunun tükettiği 0,1 N $KMnO_4$ (Potasyum permanganat) çözeltisinin ml. olarak miktarıdır. Genel bir kural olarak, kapa numarasının 0,13 faktörü ile çarpılması sonucu bulunan değer % olarak hamurda kalan Klason ligninini göstermektedir. Bu sebeple Kapa numarası kağıt hamurunun delignifikasyon oranı ve hamurun ağartılabilirlik derecesi hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Bu deney her hamur örneği için iki kez tekrarlanmış olup sonuçların ortalaması alınmıştır.

3.2.3.1.2. Viskozite ve polimerizasyon derecesinin tayini

Polimerizasyon derecesi, selüloz molekülünü meydana getiren glikoz ünitelerinin sayısı olup DP olarak kısaltılmaktadır. Kağıt hamuru pişirme ve ağartma işlemleri sonucu DP azalmaktadır. Kağıt hamurunda polimerleşme derecesinin (DP) aşırı azalması liflerin bireysel sağlamlığını, sonuçta o hamurdan yapılan kağıdın direnç özelliklerinin düşürecektir (Kırcı, 2006). Viskozite değeri selülozun polimerizasyon derecesi (DP) ile ilişkili olup dolaylı olarak hamurun direnç özelliklerini de etkileyen önemli bir faktördür. Özellikle kağıdın gerilmesi ve yırtılması ile ilgili direnç değerleri viskozite artışıyla paralel olarak artmaktadır (Clark, 1978).

Kağıt hamurlarının viskozite tayini SCAN-C 15:62 standardına göre uygun yapılarak hamur, 0,5 M bakiretilendiamin (CED) çözeltisinde çözündürüldükten sonra pipet tipi viskozimetre yardımıyla bağıl viskozitesi belirlenmiş, bu değer daha sonra Martin'in formülüne göre düzenlenen tablo yardımıyla cm^3/g olarak gerçek viskoziteye dönüştürülmüştür. Aşağıdaki formülde görüldüğü üzere viskozite değeri ile hamurun polimerizasyon derecesi arasında bir bağıntı vardır:

$$DP^{0.905} = 0,75 \times \text{Viskozite} \quad (3.1)$$

Formülde yer alan viskozite SCAN cm 15:88 viskozitesi olup birimi cm^3/g 'dir.

3.2.3.2. Deneme kağıtlarına uygulanan fiziksel ve optik testler

Testlere tabii tutulacak olan deneme kağıtları KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında TAPPI T 402 om-88 standardına (Anonim, 1992) göre sıcaklığı 23 ± 1 ve bağıl nemi $\% 65 \pm 1$ olan şartlarda 24 saat süreyle kondisyonlandıktan sonra aşağıda verilen standartlara göre ilgili özellikleri tespit edilmiş ve fiziksel testlere tabii tutulmuştur.

1. Gramaj : TAPPI T 410 om-98
2. Kalınlık, yoğunluk ve hacimlilik : TAPPI T 411 om-97
3. Deneme kağıtlarının kesimi : TAPPI T 220 om-88
4. Rutubet : TAPPI T 412 om-94

3.2.3.2.1. Kopma uzunluğu

Kopma uzunluğu değeri TAPPI T 494 om-92 standardına göre belirlenmiştir. Frank aleti kullanılarak kağıt şeritlerin (100 mm uzunluk ve 15 mm genişlik) kopma direnci kg cinsinden belirlenmiş ve aşağıdaki formül yardımıyla kopma uzunluğu km biriminden hesaplanmıştır (Eroğlu ve Usta, 2004).

$$\text{Kopma Uzunluğu} = [1000 \times \text{Kopma Direnci} / (\text{Gramaj} \times 15)] \quad (3.2)$$

3.2.3.2.2. Yırtılma indisi

Üretilen deneme kağıtlarının yırtılma indisi değerinin belirlenmesinde TAPPI T 414 om-98 (Anonim, 1992) standardından faydalanılmıştır. 62x100 mm boyutlarında kesilen kağıt örnekleri dörtlü olarak Elmendorf aletinde yırtılma işlemi tabii tutulmuştur. Kadranda okunan değer aşağıda verilen formül yardımı ile yırtılma indisine dönüştürülmüştür.

$$\text{Yırtılma indisi (mN.m}^2/\text{g)} = [(\text{Okunan değer} \times 16 \times 0,0980665) / (\text{kağıt adedi} \times \text{gramaj})] \quad (3.3)$$

3.2.3.2.3. Patlama indisi

Patlama indisi değerinin belirlenmesinde TAPPI T 403 om-97 standardı kullanılmıştır. İlgili alette kg/cm^2 cinsinden patlama direnci belirlendikten sonra aşağıdaki formül yardımıyla patlama indisi $\text{kPa.m}^2/\text{g}$ olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Patlama İndisi} = [(\text{Patlama Direnci (kgf}/\text{cm}^2) \times 98.06) / \text{gramaj}] \quad (3.4)$$

3.2.3.2.4. Optik özellikler

Deneme kağıtlarının optik özelliklerinin belirlenmesinde Datacolor Elrepho spektroskopik alet kullanılmıştır. ISO parlaklık (%), ISO beyazlık (%) ve ISO opaklık (%) ölçümleri standart test metotları esas alınarak yapılmıştır.

3.2.4. İstatistiksel değerlendirmede kullanılan yöntemler

Tez kapsamında elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS paket programından faydalanılmıştır. Sağlam ve böcek arızlı göknar odunlarından üretilen kağıt hamurları ve bu hamurlardan elde edilen kağıt test sonuçları arasında fark olup olmadığı %95 güven aralığında ($p<0.05$) tek yönlü varyans analizi (One-Way Anova) ile belirlenmiştir. Varyans analizi sonucunda gruplar arasında istatistiksel anlamda fark bulunması durumunda Duncan testi uygulanmıştır.

4. BULGULAR

Çalışma kapsamında sağlam ve böcek arızlı uludağ göknar odunları kullanılmak suretiyle farklı konsantrasyonlarda NaBH_4 ilaveli alkali sülfid (AS) yöntemine göre üretilen kâğıt hamurlarının ve deneme kâğıtlarına ait bazı test sonuçları aşağıda sırasıyla verilmiştir.

4.1. AS - NaBH_4 Yöntemiyle Elde Edilen Kâğıt Hamurlarının Özellikleri

Sağlam ve böcek arızlı göknar yongalarından AS - NaBH_4 yöntemi kullanılarak üretilen kâğıt hamurların elenmiş verim, elek artığı, toplam verim, kappa numarası, hamur viskozitesi ve DP değerleri ile beyaz ve siyah çözelti pH değerleri Çizelge 4.1. ve Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Sağlam göknar odunundan AS- NaBH_4 yöntemiyle elde edilen hamurların verim ve bazı kimyasal özellikleri

Pişirme No	PİŞİRME ŞARTLARI					Beyaz Çöz. PH	Siyah Çöz. PH	Elenmiş Verim (%)	Elek Artığı (%)	Toplam Verim (%)	Kappa Numarası	Hamur Viskozitesi (gr/cm ³)	DP
	NaOH Oranı (%)	Na ₂ SO ₃ Oranı (%)	NaBH ₄ Oranı (%)	Süre (dak.)	Sıcaklık (°C)								
S1	20	15	-	120	160	12,48	12,92	49,61	0,002	49,63	52,0	742 (3,8)	1080 (6,0)
S2	20	15	0,3	120	160	13,01	13,27	51,56	0,041	51,60	51,1	799 (2,2)	1173 (3,5)
S3	20	15	0,5	120	160	13,37	13,67	53,84	0,018	53,86	48,0	865 (2,7)	1281 (4,4)
S4	20	15	0,7	120	160	13,40	13,63	54,82	0,005	54,83	46,9	871 (4,0)	1290 (6,5)
S5	20	15	1,3	120	160	13,25	13,59	55,40	0,007	55,41	46,0	865 (1,8)	1280 (3,0)

Not: NaOH ve Na₂SO₃ miktarları Na₂O cinsinden hesaplanmıştır. Çözelti/Yonga Oranı: 5/1, maksimum sıcaklığa çıkış süresi: 50 dakika olarak sabit alınmıştır.

Çizelge 4.2. Böcek arızlı göknar odunundan AS-NaBH₄ yöntemiyle elde edilen hamurların verim ve bazı kimyasal özellikleri

Pişirme No	PİŞİRME ŞARTLARI					Beyaz Çöz. PH	Siyah Çöz. PH	Elenmiş Verim (%)	Elek Artığı (%)	Toplam Verim (%)	Kappa Numarası	Hamur Viskozitesi (gr/cm ²)	DP
	NaOH Oranı (%)	Na ₂ SO ₃ Oranı (%)	NaBH ₄ Oranı (%)	Süre (dak.)	Sıcaklık (°C)								
B1	20	15	-	120	160	12,48	12,52	48,70	0,054	48,75	50,3	773 (1,0)	1131 (1,6)
B2	20	15	0,3	120	160	12,93	13,06	49,04	0,027	49,06	49,7	742 (3,6)	1081 (5,8)
B3	20	15	0,5	120	160	13,05	13,17	50,32	0,019	50,34	48,6	792 (4,1)	1162 (6,6)
B4	20	15	0,7	120	160	13,39	13,02	53,09	0,045	53,13	48,6	755 (2,8)	1102 (4,6)
B5	20	15	1,3	120	160	13,45	13,73	54,75	0,055	54,81	46,3	778 (2,3)	1138 (3,6)

Not: NaOH ve Na₂SO₃ miktarları Na₂O cinsinden hesaplanmıştır. Çözelti/Yonga Oranı: 5/1, maksimum sıcaklığa çıkış süresi: 50 dakika olarak sabit alınmıştır.

4.2. Deneme Kağıtlarının Fiziksel ve Optik Özelliklerine Ait Bulgular

Farklı oranlarda NaBH₄ ilavesi yapılarak sağlam ve böcek arızlı göknar odunlarından AS yöntemine göre üretilen hamurlar, dövme işlemine uğratılmadan yada 35 ile 65 SR^o serbestlik derecesine kadar dövülerek deneme kağıtları oluşturulmuştur. Literatürde 50 SR^o ve üzeri serbestlik derecesine kadar dövülen hamurlardan elde edilen kağıt özelliklerine yer verilmektedir. Bu nedenle tez kapsamında serbestlik derecesi 65 SR^o olan kağıtların fiziksel ve optik özelliklerine ait sonuçlara yer verilmiştir. Dövülmemiş ve 35 SR^o serbestlik derecesine kadar dövülen hamurdan üretilen deneme kağıtlarına ait fiziksel ve optik sonuçlar Ek Çizelge 1 ve 2’de gösterilmiştir.

AS - NaBH₄ yöntemine göre sağlam ve böcek arızlı göknar odunlarından serbestlik derecesi 65 SR^o olan hamurlardan üretilen kağıtların kopma uzunluğu, yırtılma indisi, patlama indisi, parlaklık, beyazlık ve opaklık test sonuçlarına ait bulgular Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Deneme kağıtlarının fiziksel ve optik özellikleri

Pişirme No	PİŞİRME ŞARTLARI					Kopma Uzunluğu (km)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Patlama indisi (kPa.m ² /g)	Parlaklık (ISO)	Beyazlık (ISO)	ISO Opaklığı (%)
	NaOH Oranı (%)	Na ₂ SO ₃ Oranı (%)	NaBH ₄ Oranı (%)	Süre (dak.)	Sıcaklık (°C)						
S1	20	15	-	120	160	7,41 (0,43)	4,75 (0,04)	4,13 (0,26)	20,86 (0,42)	31,46 (0,22)	98,63 (0,15)
S2	20	15	0,3	120	160	6,52 (0,09)	5,41 (0,25)	3,51 (0,12)	22,47 (0,43)	33,47 (0,36)	98,32 (0,24)
S3	20	15	0,5	120	160	6,62 (0,16)	6,35 (0,03)	3,52 (0,12)	22,45 (0,27)	33,34 (0,31)	98,36 (0,34)
S4	20	15	0,7	120	160	6,58 (0,05)	6,01 (0,00)	3,78 (0,05)	21,19 (0,77)	31,97 (0,76)	98,69 (0,12)
S5	20	15	1,3	120	160	6,63 (0,14)	5,38 (0,03)	3,77 (0,18)	22,99 (0,37)	34,51 (0,35)	98,25 (0,22)
B1	20	15	-	120	160	7,65 (0,37)	5,47 (0,11)	4,73 (0,16)	20,51 (0,57)	31,01 (0,38)	98,16 (0,20)
B2	20	15	0,3	120	160	6,77 (0,17)	4,31 (0,06)	3,47 (0,13)	22,43 (0,43)	32,82 (0,42)	98,32 (0,24)
B3	20	15	0,5	120	160	7,07 (0,42)	4,29 (0,01)	3,73 (0,27)	21,87 (0,70)	32,23 (0,67)	98,35 (0,16)
B4	20	15	0,7	120	160	6,66 (0,08)	4,35 (0,06)	3,33 (0,09)	22,27 (0,66)	32,98 (0,47)	98,09 (0,64)
B5	20	15	1,3	120	160	7,77 (0,20)	5,47 (0,03)	3,96 (0,11)	22,49 (0,50)	34,10 (0,49)	97,30 (0,34)

Not: NaOH ve Na₂SO₃ miktarları Na₂O cinsinden hesaplanmıştır. Çözelti/Yonga Oranı: 5/1, maksimum sıcaklığa çıkış süresi: 50 dakika olarak sabit alınmıştır.

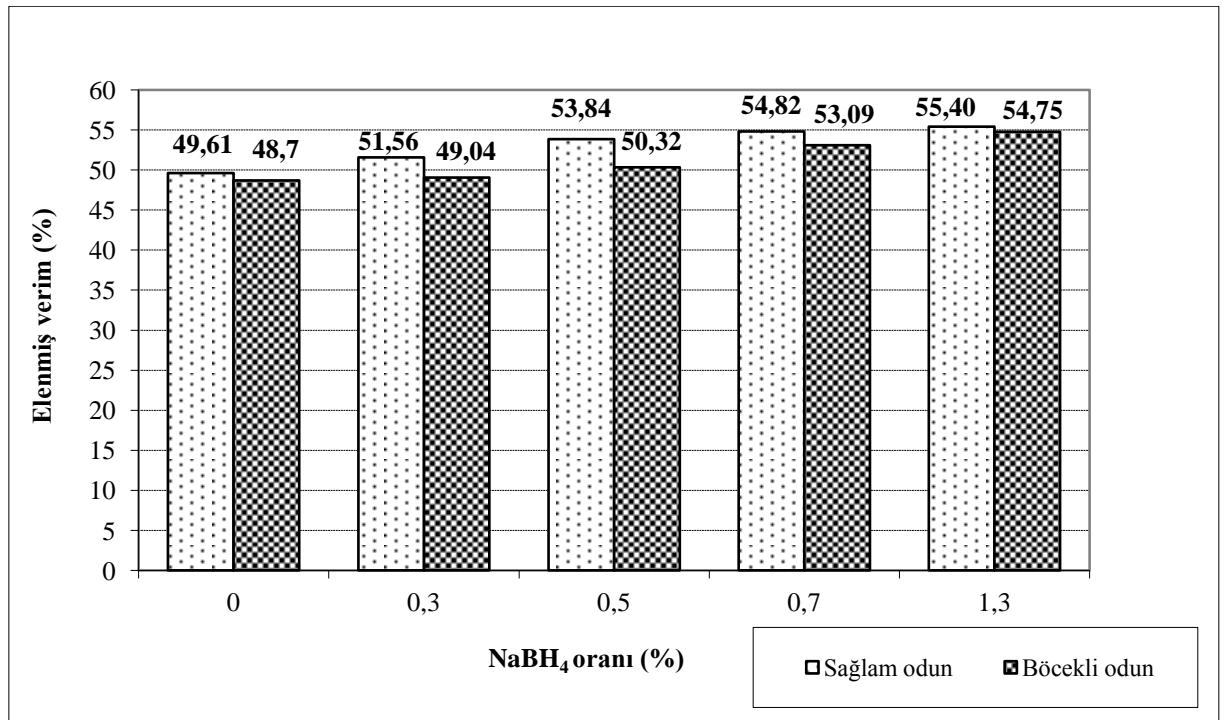
5. İRDELEME

5.1. AS - NaBH₄ Yöntemiyle Elde Edilen Kağıt Hamur Özelliklerinin İrdelenmesi

Sağlam ve böcek arızlı göknar odunlarının AS - NaBH₄ yöntemi kullanılarak üretilen kağıt hamurlarının özellikleri Çizelge 4.1 ve 4.2’de verilmiştir. Bu özelliklere ait irdelemeler aşağıda sırasıyla ele alınmıştır.

5.1.1. Kağıt hamurların elenmiş verim değerleri üzerine NaBH₄ ve odun türünün etkisi

Sağlam ve böcek arızlı göknar odunları kullanılarak AS yöntemine göre % 0, 0,3, 0,5, 0,7 ve 1,3 NaBH₄ ilavesiyle yapılan pişirmelerde hamurların elenmiş verim sonuçları Çizelge 4.1 ile 4.2’de ve Şekil 5.1’de verilmiştir. Aşağıdaki şekilden görüldüğü üzere NaBH₄ oranı arttıkça hamurların elenmiş verimleri artmıştır. Pişirme ortamına ilave edilen NaBH₄’ün delignifikasyon işlemini olumlu yönde etkilediği görülmektedir. En yüksek verim artışı %1,3 NaBH₄ ilavesinde elde edilmiş olup bu oran sağlam ve böcek arızlı odun hamurunda sırasıyla %55,40 ve %54,75’dir. %1,3 NaBH₄ ilaveli pişirmeler elenmiş verim bakımından kıyaslandığında iki odun hamuru arasında %1,19’luk bir farkın olduğu ve sağlam odun kullanılarak gerçekleştirilen pişirmelerde yüksek verim elde edildiği görülmektedir. Genel olarak her iki odun türü içinde %1,3 NaBH₄ ilavesinde kontrole göre %12 ‘lik bir verim artışı sağlanmıştır.



Şekil 5.1. Hamurların elenmiş verim üzerine NaBH₄ ve odun türünün etkisi

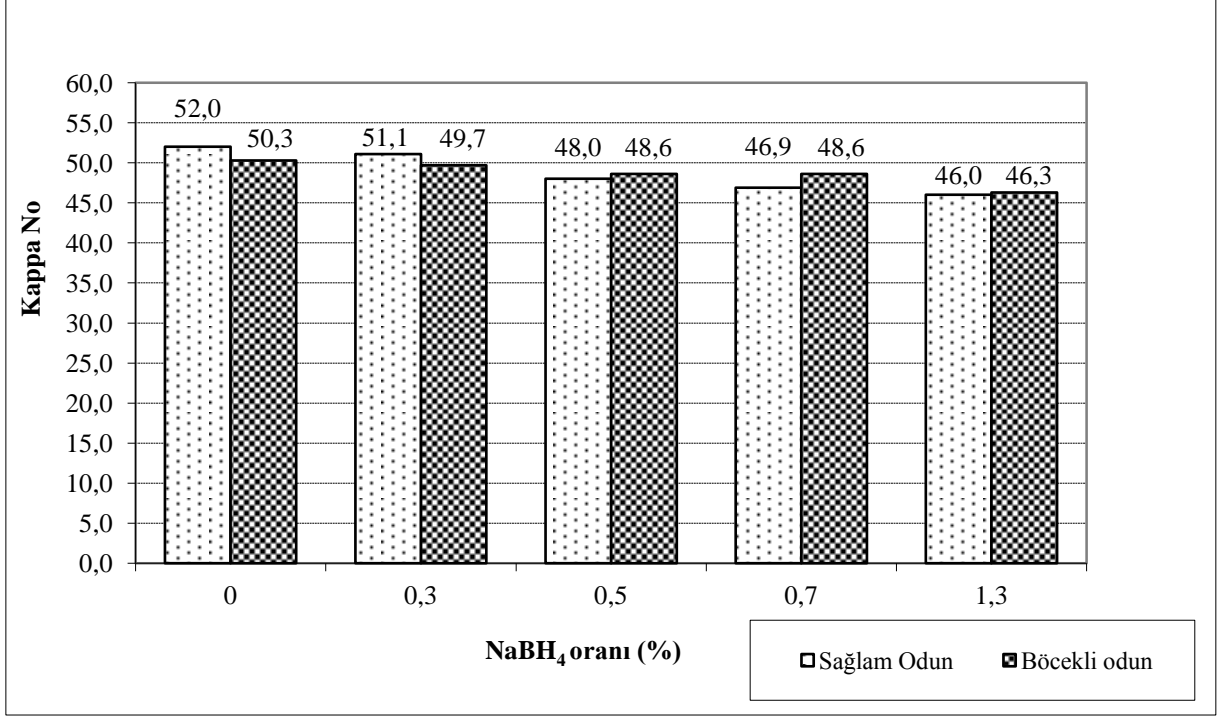
Yapılan bir çalışmada titrek kavak kullanılarak kraft yöntemiyle kâğıt hamuru üretiminin gerçekleştirildiği bir çalışmada pişirme ortamına %1'den %3'e artan oranda NaBH₄ ilavesi edilmesiyle verimde %1,73'lük bir artış olduğu tespit edilmiştir (İstek ve Özkan, 2008).

Şekil 5.1. incelendiğinde genel olarak böcek arızlı odundan üretilen hamurlara ait elenmiş verim değerlerinin sağlam göknar hamurlarına göre daha düşük olduğu görülmektedir. Yıldırım (2014) tam kuru odun yoğunluğunu sağlam göknar odununda 0,36 gr/cm³ ve böcek arızlı göknar odununda 0,31 gr/cm³ tespit etmiştir. Düşük yoğunluğa sahip böcek arızlı odunlardan üretilen kâğıt hamurlarının elenmiş verimlerinin de düşük olması beklenen bir durumdur.

5.1.2. Kağıt hamurlarının kappa no üzerine NaBH₄ ve odun türünün etkisi

AS - NaBH₄ yöntemine göre sağlam ve böcek arızlı göknar odunlarından üretilen hamurlara ait kappa numarası değerleri Çizelge 4.1 ile 4.2'de ve Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Sonuçlara göre pişirmelere ilave edilen NaBH₄ oranı arttıkça hamurların kappa numaralarında azalmalar meydana gelmiştir. %1,3 NaBH₄ ilavesinde en düşük kappa numarası elde edilmiş olup %0 NaBH₄ ile karşılaştırıldığında bu azalma sağlam odun hamurunda %11,5 ve böcek arızlı odun hamurunda %7,9'dur.

Sağlam odun hamurunun genel ortalama kappa numarası değeri 48,8 iken bu değer böcek arızlı odun hamurunda 48,7'dir. Buna göre böcek arızlı odun hamurunun kappa numarası değeri sağlam odun hamurundan daha düşük olmaktadır.



Şekil 5.2. Hamurların kappa no üzerine NaBH₄ ve odun türünün etkisi

Yapılan bir çalışmada kızılçam odunu kullanarak kraft yöntemiyle yapılan pişirmeye %2 ve %4 oranında NaBH₄ ilave edildiğinde kappa numarası kontrol pişirmesine göre sırasıyla %12,6 ve %14,5 azalmıştır (Çöpür ve Tozluoğlu, 2008).

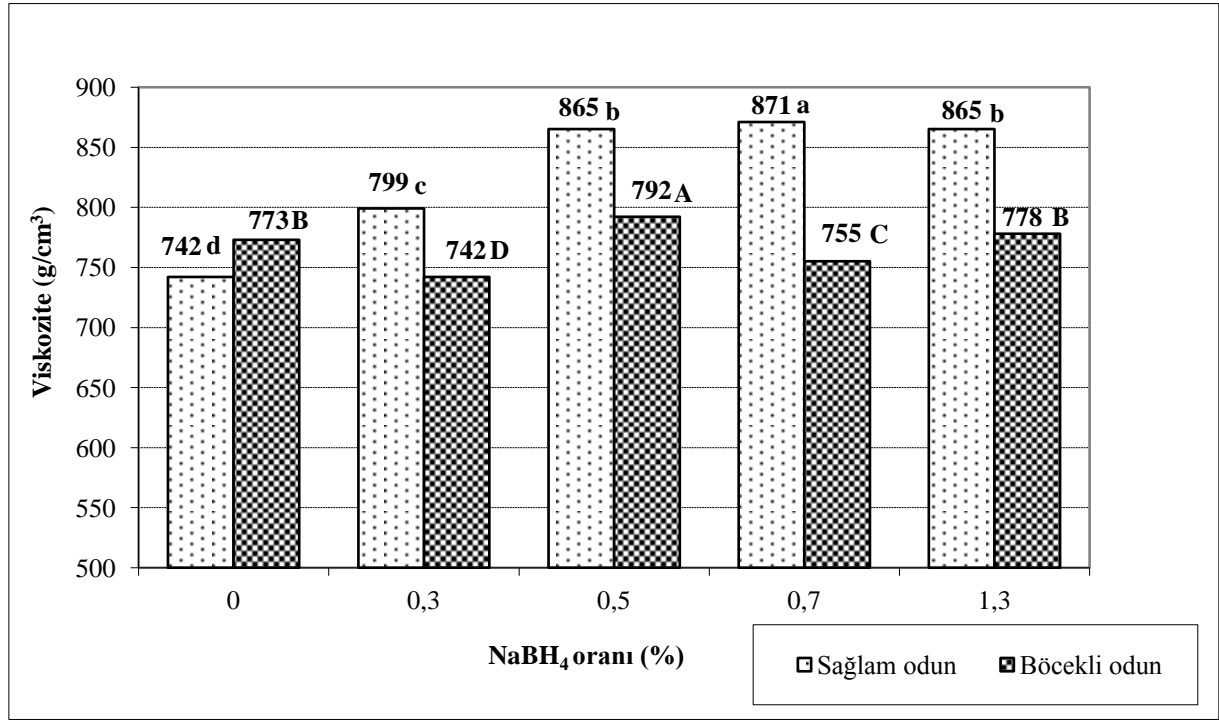
5.1.3. Kağıt hamurların viskozite ve DP'si üzerine NaBH₄ ve odun türünün etkisi

Sağlam ve böcek arızlı göknar odunları kullanılarak AS-NaBH₄ yöntemine göre yapılan pişirmelere ait hamurların viskozite sonuçları Çizelge 4.1, 4.2, 5.1 ve Şekil 5.3'de; DP sonuçları ise Çizelge 4.1, 4.2, 5.2 ve Şekil 5.4'de verilmiştir. Sağlam ve böcek arızlı odunlardan üretilen hamurların viskozite değerlerine ayrı ayrı %95 güven aralığında uygulanan Anova varyans analiz sonuçlarına göre gruplar arasında istatistiksel anlamda fark bulunmuştur (p=0,000). Viskozite ve DP değerlerine uygulanan Duncan test analizine göre en yüksek viskozite ve DP değeri sırasıyla sağlam odun hamurunda 871 gr/cm³ ve 1290 ile % 0,7 NaBH₄ ve böcek arızlı odun hamurunda ise 792 gr/cm³ ve 1162 ile % 0,5 NaBH₄ ilaveli pişirmelerde tespit edilmiştir.

Çizelge 5.1. Hamurların viskozite test sonuçları

Piştirme No	NaBH ₄ (%)	Ortalama Viskozite (g/cm ³)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer	Duncan testi*
S1	-	742	3,8	738	746	D
S2	0,3	799	2,2	797	801	C
S3	0,5	865	2,7	863	868	B
S4	0,7	871	4,0	867	875	A
S5	1,3	865	1,8	863	866	B
B1	-	773	1,0	773	774	B
B2	0,3	742	3,6	739	746	D
B3	0,5	792	4,1	788	797	A
B4	0,7	755	2,8	752	758	C
B5	1,3	778	2,3	776	780	B

* % 95 güven aralığında

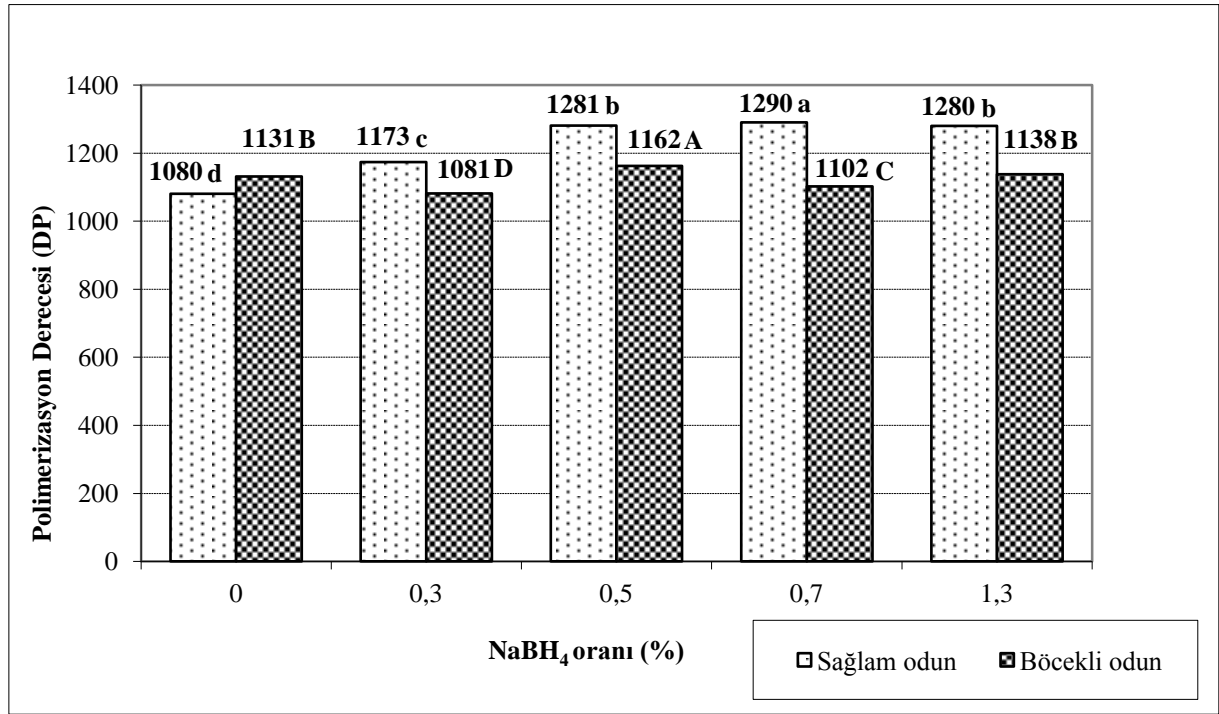


Şekil 5.3. Hamurların viskozitesi üzerine NaBH₄ ve odun türünün etkisi

Çizelge 5.2. Hamurların DP test sonuçları

Piştirme No	NaBH ₄ (%)	Ortalama DP	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer	Duncan testi*
S1	-	1080	6,0	1074	1086	D
S2	0,3	1173	3,5	1170	1177	C
S3	0,5	1281	4,4	1276	1285	B
S4	0,7	1290	6,5	1284	1297	A
S5	1,3	1280	3,0	1277	1283	B
B1	-	1131	1,6	1130	1133	B
B2	0,3	1081	5,8	1075	1087	D
B3	0,5	1162	6,6	1155	1069	A
B4	0,7	1102	4,6	1097	1106	C
B5	1,3	1138	3,6	1135	1142	B

* % 95 güven aralığında



Şekil 5.4. Hamurların DP'si üzerine NaBH₄ ve odun türünün etkisi

Kağıt hamuru piştirme işlemi sırasında kullanılan kimyasal maddeler ve piştirme sıcaklığı gibi faktörler selüloz zincirinin kısalmasına dolayısıyla hamurun DP'nin azalmasına neden olmaktadır. Piştirmeye katalizör olarak NaBH₄'ün ilave edilmesi karbonhidratların indirgen uç gruplarını soyulma reaksiyona karşı koruyarak kağıt hamurunun viskozite ve DP değerinin yüksek olmasını sağlamaktadır.

Şekil 5.3 ve 5.4 incelendiğinde genel olarak böcek arızlı odun hamurunun viskozite ve DP değerlerinin sağlam odun hamurundan düşük olduğu görülmektedir.

5.2. Deneme Kağıtlarının Fiziksel ve Optik Özelliklerinin İrdelenmesi

Farklı oranlarda NaBH_4 ilavesi yapılarak sağlam ve böcek arızlı odunlardan AS – NaBH_4 yöntemine göre üretilen hamurların 65 SR^o serbestlik derecesine kadar dövülmesi sonucu elde edilen kağıtlara ilişkin bazı fiziksel ve optik özellikler aşağıda sırasıyla ele alınmıştır.

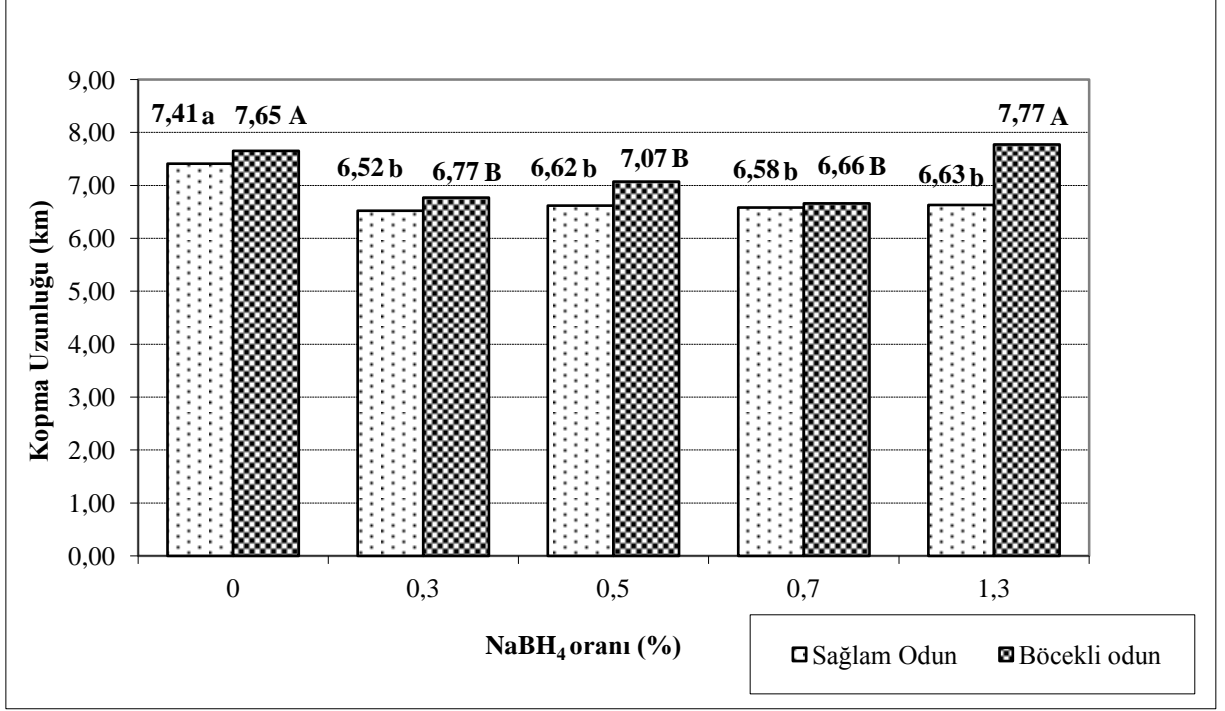
5.2.1. NaBH_4 oranının ve odun türünün kopma uzunluğu üzerine etkisinin irdelenmesi

Sağlam ve böcek arızlı odunlardan üretilen ve serbestlik derecesi 65 SR^o olan hamurlardan elde edilen kağıtların kopma uzunluk değerleri Çizelge 4.3, 5.3 ve Şekil 5.5’de verilmiştir. Bu değerlere ayrı ayrı %95 güven aralığında uygulanan Anova varyans analiz sonuçlarına göre gruplar arasında istatistiksel anlamda fark bulunmuştur ($p=0,000$). Duncan test analizine göre en yüksek kopma uzunluğu değeri sırasıyla sağlam odun hamurunda 741 km ile kontrol pişirmesinde, böcek arızlı odun hamurunda ise 765 km ile kontrol ve 777 km ile %1,3 NaBH_4 ilaveli pişirmeden elde edilen kağıt örneklerinde tespit edilmiştir.

Çizelge 5.3. Deneme kağıtlarının kopma uzunluk test sonuçları

Piştirme No	NaBH_4 (%)	Ortalama Kopma Uzunluğu (km)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer	Duncan testi*
S1	-	7,41	0,43	7,04	8,00	a
S2	0,3	6,52	0,09	6,42	6,65	b
S3	0,5	6,62	0,16	6,43	6,77	b
S4	0,7	6,58	0,05	6,53	6,65	b
S5	1,3	6,63	0,14	6,47	6,79	b
B1	-	7,65	0,37	7,31	8,04	A
B2	0,3	6,77	0,17	6,61	6,97	B
B3	0,5	7,07	0,42	6,60	7,53	B
B4	0,7	6,66	0,08	6,60	6,76	B
B5	1,3	7,77	0,20	7,50	7,98	A

* % 95 güven aralığında



Şekil 5.5. NaBH₄ oranının ve odun türünün kopma uzunluğu üzerine etkisi

Şekil 5.5. incelendiğinde genel olarak böcek arızlı hamurlardan üretilen kağıtların kopma uzunluğunun daha yüksek olduğu görülmektedir. Daha önce yapılan bir çalışmada sağlam uludağ göknar odun liflerinin elastikiyet katsayısının 40,97 olduğu ve ‘rijit lif kategorisinde’ yer aldığı buna karşın böcek arızlı göknar odun liflerinin ise 51,66 değeri ile “esnek lif” kategorisinde olduğu tespit edilmişti (Yıldırım, 2014). Kopma direnci ile elastiklik katsayısı arasında pozitif bir ilişki olduğu ve elastiklik değeri yükseldikçe kopma direncinin yükseldiği bildirilmiştir (Kırcı, 2000). Böcek arızlı odun liflerinin esnekliğinden dolayı bu liflerden üretilen kağıtların kopma uzunluk değerleride yüksek bulunmuştur.

5.2.2. NaBH₄ oranının ve odun türünün yırtılma indisi üzerine etkisinin irdelenmesi

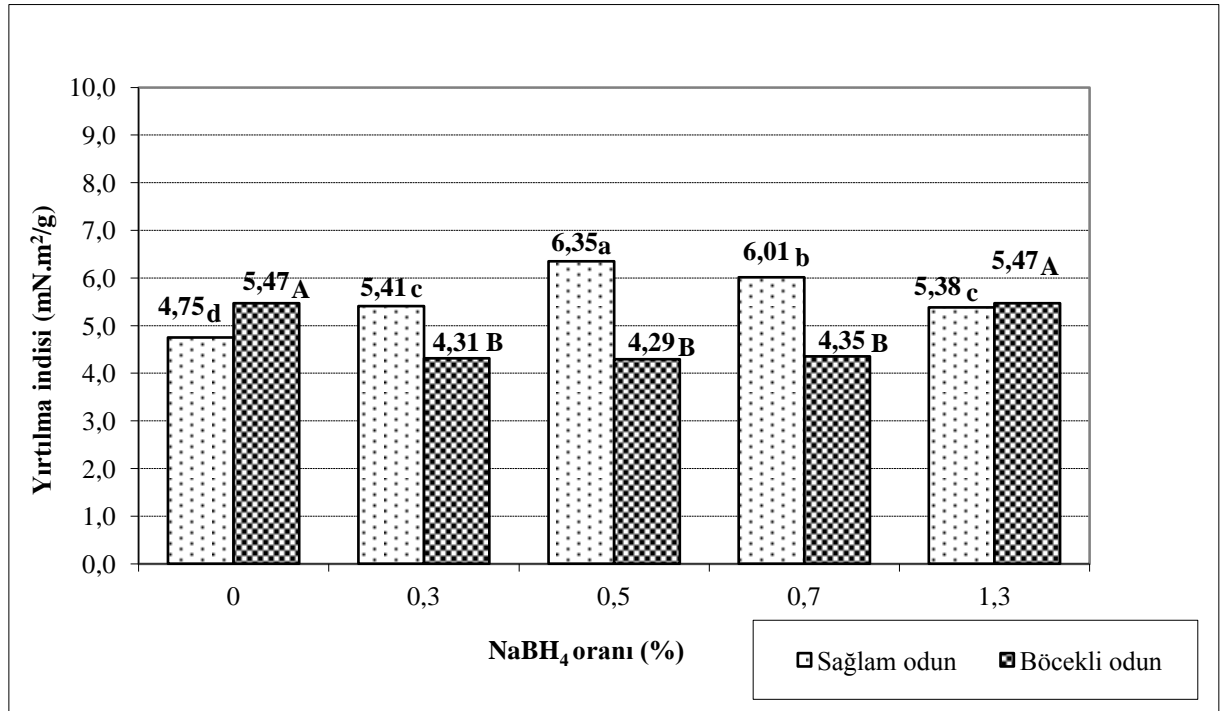
Alkali sülfite - NaBH₄ yöntemine göre hem sağlam hem de böcek arızlı göknar odunlarından serbestlik derecesi 65 SR^o olan hamurlardan üretilen deneme kağıtlarının yırtılma indisi değerleri Çizelge 4.3, 5.4 ve Şekil 5.6’da gösterilmiştir. Bu değerlere ayrı ayrı %95 güven aralığında uygulanan Anova varyans analiz sonuçlarına göre gruplar arasında istatistiksel anlamda fark bulunmuştur (p=0,000). Yırtılma indisi değerlerine uygulanan Duncan test analizine göre sağlam odun hamurunda en yüksek yırtılma indisi 6,01 mN.m²/g ile 0,5 NaBH₄ ilaveli pişirmede elde edilmiştir. Böcek arızlı odun hamurunda 5,47 mN.m²/g değeri ile hem kontrol hem de %1,3 NaBH₄ ilaveli pişirmeden

elde edilen kağıt örneklerinde en yüksek yırtılma indisi tespit edilmiştir. Duncan analiz sonuçlarına göre böcekli odun yongaları kullanılarak yapılan pişirmelere %0,3, 0,5 ve 0,7 NaBH₄ ilavesinin üretilen kağıtların yırtılma indisleri üzerine olan etkisi farklı olmamıştır. Aynı durum kağıtların kopma uzunluk sonuçlarında da görülmüştür.

Çizelge 5.4. Deneme kağıtlarının yırtılma indisi test sonuçları

Piştirme No	NaBH ₄ (%)	Ortalama Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer	Duncan testi*
S1	-	4,75	0,04	4,71	4,80	d
S2	0,3	5,41	0,25	5,39	5,44	c
S3	0,5	6,35	0,03	6,32	6,38	a
S4	0,7	6,01	0,00	6,01	6,02	b
S5	1,3	5,38	0,03	5,35	5,41	c
B1	-	5,47	0,11	5,36	5,57	A
B2	0,3	4,31	0,06	4,26	4,37	B
B3	0,5	4,29	0,01	4,29	4,30	B
B4	0,7	4,35	0,06	4,29	4,40	B
B5	1,3	5,47	0,03	5,44	5,51	A

* % 95 güven aralığında



Şekil 5.6. NaBH₄ oranının ve odun türünün yırtılma indisi üzerine etkisi

Şekil 5.6'da görüldüğü üzere böcek arızlı odun hamurundan elde edilecek kağıtların yırtılma indisi değerleri daha düşüktür.

5.2.3. NaBH₄ oranının ve odun türünün patlama indisi üzerine etkisinin irdelenmesi

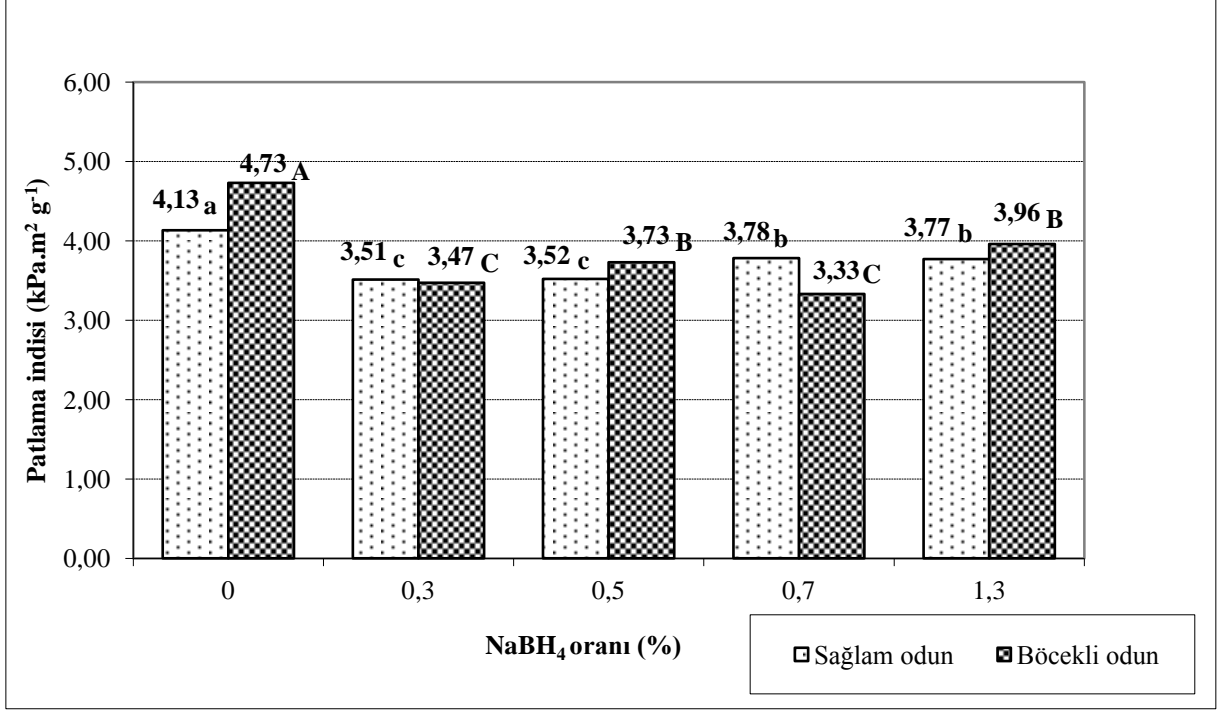
Sağlam ve böcek arızlı odunlardan üretilen hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indisi değerleri Çizelge 4.3, 5.5 ve Şekil 5.7’de verilmiştir. Bu değerlere ayrı ayrı %95 güven aralığında uygulanan Anova varyans analiz sonuçlarına göre gruplar arasında istatistiksel anlamda fark bulunmuştur (Sağlam odundan üretilen kağıtlarda p=0,001, ve böcek arızlı odundan üretilen kağıtlarda p=0,000). Duncan test analizine göre en yüksek patlama indisi değeri her iki odun türünde NaBH₄ ilavesiz AS yöntemiyle üretilen hamurdan elde edilen deneme kağıtlarında tespit edilmiş ve bu değer sırasıyla 4,13 kPa.m²/g ve 4,73 kPa.m²/g olarak bulunmuştur. Pişirmeye NaBH₄ katılınca kağıtların patlama indisi değerleri azalmıştır.

Şekil 5.7. incelendiğinde genel olarak böcek arızlı odun hamurundan üretilen kağıtların patlama indisi değerleri daha yüksektir. Bunun nedeni böcek arızlı liflerin esnek lif yapısı göstermesinden ileri gelmektedir (Yıldırım, 2014).

Çizelge 5.5. Deneme kağıtlarının patlama indisi test sonuçları

Piştirme No	NaBH ₄ (%)	Ortalama Patlama indisi (kPa.m ² /g)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer	Duncan testi*
S1	-	4,13	0,26	3,80	4,34	a
S2	0,3	3,51	0,12	3,39	3,67	c
S3	0,5	3,52	0,12	3,43	3,70	c
S4	0,7	3,78	0,05	3,71	3,84	b
S5	1,3	3,77	0,18	3,53	3,95	b
B1	-	4,73	0,16	4,57	4,93	A
B2	0,3	3,47	0,13	3,28	3,59	C
B3	0,5	3,73	0,27	3,40	3,98	B
B4	0,7	3,33	0,09	3,22	3,45	C
B5	1,3	3,96	0,11	3,84	4,10	B

* % 95 güven aralığında



Şekil 5.7. NaBH₄ oranının ve odun türünün patlama indisi üzerine etkisi

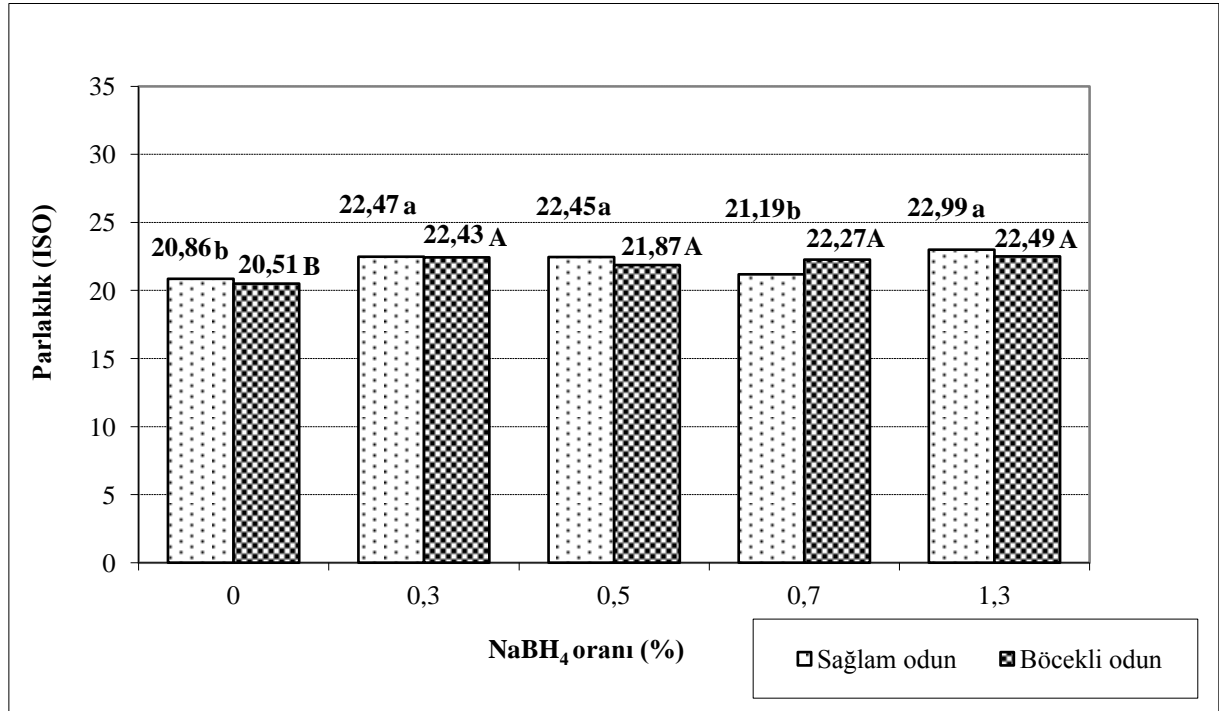
5.2.4. NaBH₄ oranının ve odun türünün parlaklık üzerine etkisinin irdelenmesi

Alkali sülfite - NaBH₄ yöntemine göre hem sağlam hem de böcek arızlı göknar odunlarından üretilen hamurlardan elde edilen deneme kağıtlarının parlaklık değerleri Çizelge 4.3, 5.6 ve Şekil 5.8’de verilmiştir. Bu değerlere ayrı ayrı %95 güven aralığında uygulanan Anova varyans analiz sonuçlarına göre gruplar arasında istatistiksel anlamda fark bulunmuştur (p=0,000). Parlaklık değerlerine uygulanan Duncan test analizine göre kağıt hamuru pişirmesine NaBH₄ ilavesi her iki odun türü kağıtlarının parlaklığını artırmıştır. Ekonomiklik göz önüne alındığında hem sağlam hem de böcek arızlı göknar odunlarından AS yöntemiyle yapılan pişirmeye % 0,3 oranında NaBH₄ ilave etmek ideal olacaktır. Pişirmeye % 0,3 NaBH₄ ilave edildiğinde kağıtların parlaklığında ortalama % 8 - 9 oranında bir artış sağlanacaktır.

Çizelge 5.6. Deneme kağıtlarının parlaklık (ISO) test sonuçları

Piştirme No	NaBH ₄ (%)	Ortalama Parlaklık (ISO)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer	Duncan testi*
S1	-	20,86	0,42	20,27	21,36	B
S2	0,3	22,47	0,43	22,01	22,96	A
S3	0,5	22,45	0,27	22,20	22,84	A
S4	0,7	21,19	0,77	20,43	22,15	B
S5	1,3	22,99	0,37	22,50	23,49	A
B1	-	20,51	0,57	19,72	21,31	B
B2	0,3	22,43	0,43	21,89	22,93	A
B3	0,5	21,87	0,70	20,68	22,50	A
B4	0,7	22,27	0,66	21,47	22,86	A
B5	1,3	22,49	0,50	21,72	23,08	A

* % 95 güven aralığında



Şekil 5.8. NaBH₄ oranının ve odun türünün parlaklık üzerine etkisi

Şekil 5.8'de görüldüğü üzere buna göre böcek arızlı odun hamurundan elde edilecek kağıtların parlaklık değeri sağlam odun örneklerine göre yakın bir değerde olmuştur.

5.2.5. NaBH₄ oranının ve odun türünün beyazlık (ISO) üzerine etkisinin irdelenmesi

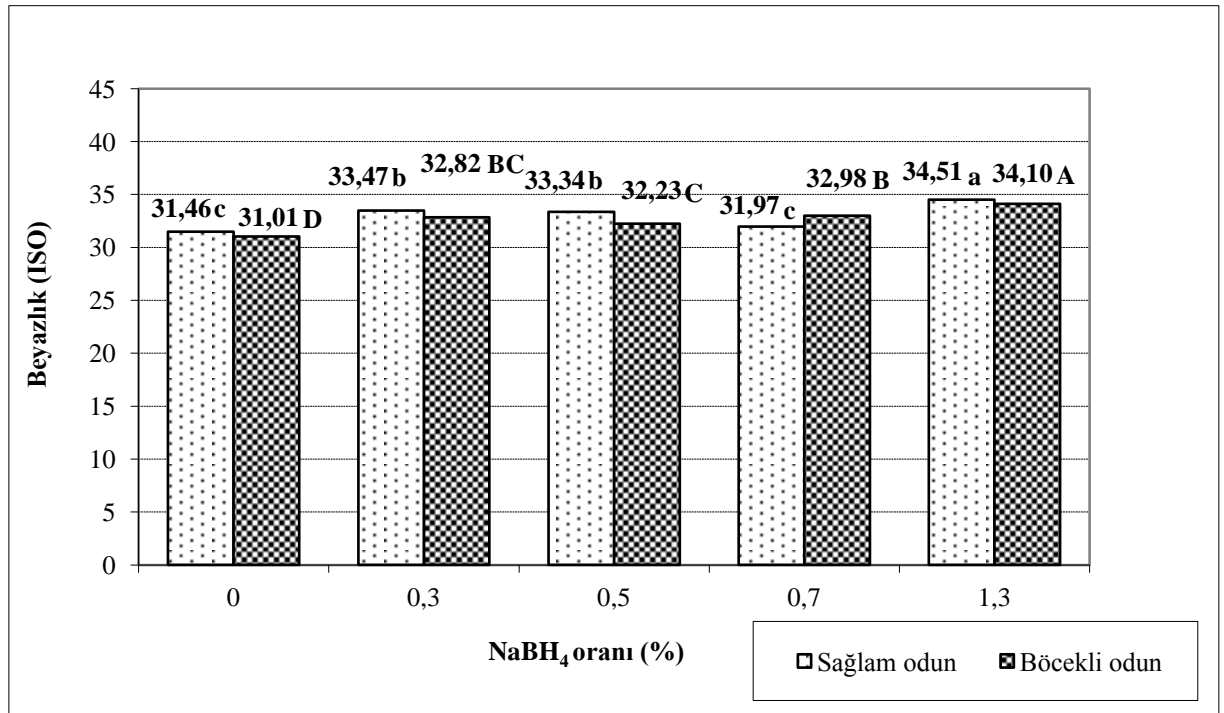
Sağlam ve böcek arızlı odunlardan üretilen hamurlardan elde edilen kağıtların beyazlık değerleri Çizelge 4.3, 5.7 ve Şekil 5.9'da verilmiştir. Bu değerlere ayrı ayrı %95 güven aralığında uygulanan Anova varyans analiz sonuçlarına göre gruplar arasında istatistiksel

anlamda fark bulunmuştur ($p=0,000$). Duncan test analizine göre en yüksek beyazlık değeri her iki odun türünde %1,3 NaBH_4 ilaveli pişirmelerden elde edilen kağıtlarda tespit edilmiştir. Bu değer sağlam ve böcek arızlı göknar odunundan elde edilen kağıtlarda sırasıyla 34,51 ve 34,10 olup kontrol örneklerine göre kağıtların beyazlığında ortalama %10'luk bir artış elde edilmiştir.

Çizelge 5.7. Deneme kağıtlarının beyazlık (ISO) test sonuçları

Piştirme No	NaBH_4 (%)	Ortalama Beyazlık (ISO)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer	Duncan testi*
S1	-	31,46	0,22	31,27	31,83	c
S2	0,3	33,47	0,36	33,07	33,86	b
S3	0,5	33,34	0,31	32,99	33,82	b
S4	0,7	31,97	0,76	31,17	32,93	c
S5	1,3	34,51	0,35	34,00	34,93	a
B1	-	31,01	0,38	30,43	31,48	D
B2	0,3	32,82	0,42	32,24	33,27	BC
B3	0,5	32,23	0,67	31,08	32,75	C
B4	0,7	32,98	0,47	32,20	33,42	B
B5	1,3	34,10	0,49	33,49	34,82	A

* % 95 güven aralığında



Şekil 5.9. NaBH_4 oranının ve odun türünün beyazlık üzerine etkisi

5.2.6. NaBH₄ oranının ve odun türünün ISO opaklığı (%) üzerine etkisinin irdelenmesi

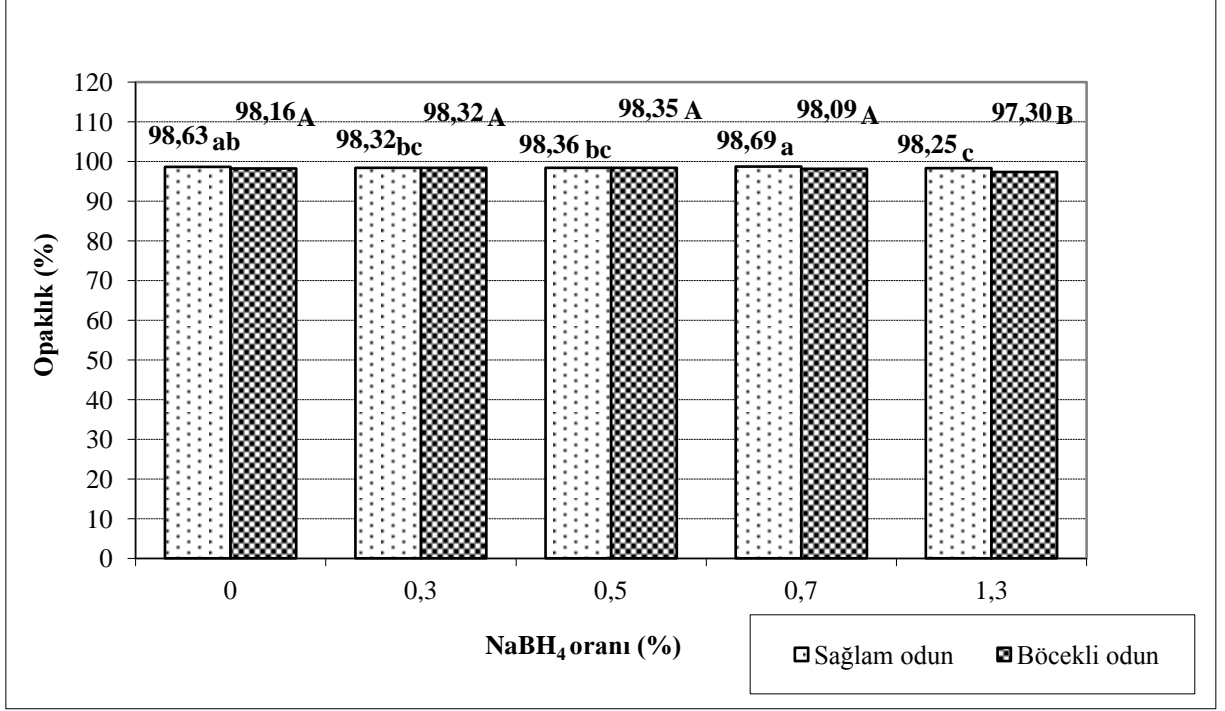
Işık geçişini engelleme veya yansıtma olarak tanımlanan opaklık baskı ve zarf kağıtları için önemli bir özelliktir. Kağıt tarafından ışığın geçirilme derecesi, iki taraflı baskı yapabilmeye ve zarf içinde bulunanların dışardan görünmemesi açısından önemlidir (Eroğlu ve Usta, 2004).

Alkali sülfite - NaBH₄ yöntemine göre hem sağlam hem de böcek arızlı göknar odunlarından üretilen hamurlardan elde edilen deneme kağıtlarının opaklık değerleri Çizelge 4.3, 5.8 ve Şekil 5.10'da verilmiştir. Bu değerlere ayrı ayrı %95 güven aralığında uygulanan Anova varyans analiz sonuçlarına göre gruplar arasında istatistiksel anlamda fark bulunmuştur (Sağlam odundan üretilen kağıtlarda p=0,022; böcek arızlı odundan üretilen kağıtlarda p=0,001). Opaklık değerlerine uygulanan Duncan test analizine göre en düşük opaklık değeri her iki odun türünde %1,3 NaBH₄ ilavesinde elde edilmiştir. Böcek arızlı odun kullanarak AS yöntemine göre yapılan pişirmelere %0, 0,3, 0,5 ve 0,7 NaBH₄ ilave etmek bu hamurlardan üretilen kağıtların opaklık değerlerinde istatistiksel olarak bir farka neden olmamıştır.

Çizelge 5.8. Deneme kağıtlarının ISO opaklığı test sonuçları

Pişirme No	NaBH ₄ (%)	Ortalama ISO Opaklığı (%)	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer	Duncan testi*
S1	-	98,63	0,15	98,52	98,89	ab
S2	0,3	98,32	0,24	98,08	98,66	bc
S3	0,5	98,36	0,34	97,98	98,82	bc
S4	0,7	98,69	0,12	98,55	98,83	a
S5	1,3	98,25	0,22	97,99	98,53	c
B1	-	98,16	0,20	97,86	98,42	A
B2	0,3	98,32	0,24	97,98	98,63	A
B3	0,5	98,35	0,16	98,24	98,62	A
B4	0,7	98,09	0,64	97,28	98,70	A
B5	1,3	97,30	0,34	96,84	97,74	B

* % 95 güven aralığında



Şekil 5.10. NaBH₄ oranının ve odun türünün opaklık üzerine etkisi

6. SONUÇLAR

Böcek zararı sonucu kuruyup kesilen uludağ göknar ağaçlarından elde edilen tomrukların yüzeylerinde, böceklerden kaynaklı izler olumsuz fiziksel görünüşe sebep vermektedir. Bundan dolayı bu tür ürünlerin satış fiyatı da düşük olmakta ve ülke ekonomisine önemli maddi kayıplara neden olmaktadır. Böcek arızlı odunların kağıt endüstrisinde kullanma potansiyelinin bilinmesi büyük bir önem arz etmektedir.

Sağlam ve böcek arızlı göknar odunları kullanarak AS – NaBH₄ yöntemine göre yapılan kağıt hamuru pişirmesinde optimum üretim koşulları aşağıdaki çizelgede verilmiştir:

Çizelge 6.1. AS- NaBH₄ yöntemine göre optimum pişirme koşulları

NaOH oranı (%)	: 20
Na ₂ SO ₃ oranı (%)	: 15
NaBH ₄ oranı (%)	: 0.5
Piştirme süresi (dk)	: 120
Piştirme sıcaklığı (°C)	: 160
Çözelti/Yonga oranı	: 5/1
Tam kuru hammadde miktarı (gr)	: 600

*Genel olarak AS pişirmesine NaBH₄ ilave edildiğinde hamurların elenmiş verimleri artmaktadır. Piştirme sırasında %1,3 oranında NaBH₄ kullanıldığında hem sağlam hem de böcek arızlı göknar hamur veriminde %12'lik bir artış sağlanmıştır.

* AS pişirmesine %0, 0.3, 0.5, 0.7 ve 1.3 artan bir oranda NaBH₄ ilave edilmesi hamurların Kappa Numarasının giderek azalmasına sebep olmuştur. En düşük kappa numarası %1,3 NaBH₄ ilavesinde elde edilmiş olup %0 NaBH₄ ile karşılaştırıldığında bu azalma sağlam odun hamurunda %11,5 ve böcek arızlı odun hamurunda %7,9'dur. Ancak ekonomiklik dikkate alındığında %0.5 NaBH₄ ilavesi optimal değer olarak kabul edilebilir.

*Yüksek bir viskozite ve DP eldesi için AS pişirmesine sağlam göknar odunu kullanıldığında % 0,7 NaBH₄ ve böcek arızlı göknar odunu kullanıldığında ise % 0,5 NaBH₄ ilave edilmelidir. Bu oranlar kullanıldığında kontrole göre viskozite ve DP değerlerinde sırasıyla sağlam göknar hamurunda %17,4 ile %19,4 ve böcek arızlı göknar hamurunda ise %2,6 ile %2,7 oranında artış elde edilmiştir. Genel olarak böcek arızlı odun hamurunun viskozite ve DP değerleri sağlam odun hamuruna göre daha azdır.

*Böcek arızlı odun yongalarından AS- NaBH₄ yöntemine göre üretilen kağıt hamurlarından elde edilen deneme kağıtlarının kopma uzunluk ve patlama değerleri daha yüksek tespit edilmiştir.

* NaBH₄ ilavesi her iki odun türüne ait kağıtların ISO parlaklığını artmıştır. Ekonomiklik göz önüne alındığında hem sağlam hem de böcek arızlı göknar odunlarından AS yöntemine göre yapılan pişirmeye % 0,3 oranında NaBH₄ ilave etmek idealdir. Pişirmeye % 0,3 NaBH₄ ilave edildiğinde kağıtların parlaklığında ortalama % 8 - 9 oranında bir artış sağlanmıştır. Böcek arızlı odun hamurundan elde edilecek kağıtların parlaklık değeri kontrol örneklerine göre çok yakın bir değerde olmuştur.

* Kağıtlardan yüksek bir beyazlık bekleniyorsa AS pişirmesine her iki odun türü için %1,3 oranında NaBH₄ ilave edilmelidir. AS pişirmesine %1,3 NaBH₄ ilave edildiğinde elde edilecek kağıtların beyazlığı ortalama olarak %10 oranında artmaktadır.

* En düşük opaklık değeri her iki odun türünde %1,3 NaBH₄ ilavesinde elde edilmiştir. Ancak ekonomiklik göz önüne alındığında %0.5 NaBH₄ ilavesi optimal değer olarak kabul edilebilir.

Sonuç olarak böcek arızlı odunlardan üretilen kağıtların optik özellikleri sağlam odun göknarından üretilen kağıtlara göre önemsiz bir oranda düşük tespit edilmiştir. Böcek arızlı odun ihtiva eden kağıtların kopma uzunluğu ve patlama indisi değerlerinin yüksek oluşu avantajlı bir durumdur. Buna göre böcek arızlı göknar odunu, kağıt endüstrisinde değerlendirme potansiyeline sahiptir.

KAYNAKLAR

- Anonim, 1992. TAPPI Test Methods 1992-1993, Tappi Press, Atlanta, Georgia, USA.
- Anonim, 1999. ISO-5267-1, Pulps - Determination of drainability, Part 1. Schopper-Riegler method, Second edition.
- Anonim, 2012. Orman Genel Müdürlüğü 2008-2012 yılları arasında Türkiye'nin olağanüstü ormancılık gelir raporu, Ankara/Türkiye.
- Anonim, 2015. Türkiye Orman Varlığı 2015. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, 36 sayfa, Ankara, Türkiye.
- Anonim, ISO/DIS, 1997. 2470; Paper, board and pulp–measurement of blue reflection factor (ISO brightness) Beuth-Verlag, 10772, Berlin.
- Anşin. R. ve Özkan. Z.C., 1997. Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta). K.T.Ü. Basımevi, 2. Baskı, Trabzon.
- Ataç, Y., 2009. Bazı yapraklı ve iğne yapraklı ağaçların öz ve diri odunlarının kağıt özellikleri yönünden incelenmesi. Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 109s, Bartın.
- Ateş, S., Kırcı, H., 2001. Kraft Pişirmelerinde Verim ve Delignifikasyonu İyileştirme Çalışmaları. Gazi Üniversitesi, Kastamonu Orman Fakültesi, Kastamonu Eğitim Dergisi, Kastamonu, s.197–206.
- Aurell, R., Hartler, N., 1963. Sulphate Cooking With the Addition of Reducing Agents-Part II, TAPPI J. 46(4):209-215.
- Avşar, M.D., 2002. Kahramanmaraş-Başkonuş Dağında Varlığı oldukça azalan odunsu taksonlar ve alınabilecek silvikültürel önlemler, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, DOA Dergisi, Sayı 8, 16s.
- Ayata, Ü., 2008, Okalıptüs (*Eucalyptus camaldulensis* ve *Eucalyptus grandis*)'ün odun özellikleri ve kağıt endüstrisinde kullanımının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, KSÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, 90 s., Kahramanmaraş.
- Aydın, S., Yardımcı, Y.M., Ramyar, K., 2006. Mechanical Properties of Four Timber Species Commonly Used in Turkey. Turkish J. Eng. Env. Sci. 31, 19-27, Tübitak.
- Ayrılmış, N., Kaymakçı, A., Güleç, T., 2015. Potential use of decayed wood in production of wood plastic composite. Industrial Crops and Products, 74, 279-284.
- Aytuğ, B., 1959. Türkiye Gökmar Türleri Üzerine Morfolojik Esaslar ve Anatomik Araştırmalar. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A. Cilt 9, sayı 2, 165-200.
- Bozkurt, Y., 1979. Ağaç Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 2481, Orman Fakültesi Yayın No: 260, İstanbul.
- Clark, J.A., 1978. Pulp Technology, Mille Freeman Publications, Inc. California
- Çöpür, Y, ve Tozluoğlu, A., 2007. The effect of AQ and NaBH₄ on bio-kraft delignification (*Criporios subvermispora*) of brutia pine chips, International Biodeterioration & Biodegradation, 128,pp. 126-131.
- Çöpür, Y. and Tozluoğlu, A., 2008. A Comparison of Kraft, PS, Kraft-AQ and Kraft-NaBH₄ pulps of Brutia Pine, Bioresource Technology,, 99, 909-913.

- Dikilitaş, K., Öztürk, A., 2005. Artvin Orman Bölge Müdürlüğünde Ladin emvali pazarlanmasında karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri, Ladin Semp., 20-22 Ekim 2005, KTÜ Orman Fak. Bildiriler Kitabı I. Cilt, 635-644, Trabzon.
- Eroğlu, H., Usta, M., 2004. Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi Ders kitabı I ve II. Cilt, Esen Ofset Matbaacılık, İstanbul.
- Ezici, A.C., 2010, Pamuk saplarından (*Gossypium hirsutum* L.) kraft-sodyumborhidrür yöntemiyle kağıt hamuru ve kağıt üretim koşullarının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.S.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, 67 s., Kahramanmaraş.
- Fengel, D., and Wegener, G., 1989. Wood Chemistry, Ultrastructure, Reactions, Walter de Gruyter inc. Berlin, Germany, pp. 1–20.
- Gönteki, E., 2006. Sahil Çamı (*Pinus pinaster*) Yongalarının Kraft Yöntemiyle Kağıt Hamuru Üretimine NaBH₄'ün Etkisi, Z.K.U., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak.
- Gulichsen, J., Fogelholm, C. J., 1999. Chemical Pulping, Vol:1, Printed by Fapet Oy, Helsinki, Finland.
- Güleç, T., Kaymakçı, A., 2016. Böcek tahribatına uğramış göknar odunlarının odun plastik kompozit üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması, Kastamonu Üni., Orman Fakültesi Dergisi, 16(2), 559-567.
- Hafizoğlu, H., 1982. Orman Ürünleri Kimyası Cilt I. Odun Kimyası, KTÜ Orman Fakültesi, KTÜ Basımevi, Yayın No. 52, 245s.
- Hafizoğlu, H., Usta, M., 2004. Chemical composition of coniferous wood species occurring in Turkey. Kurzororiginalia-Brief Originals. Holz als Roh- und Werkstoff 63: 83–85.
- Hedjazi, S.,Kordsachia, O., Patt, R., Latibari, A.J., Tschirner, U., 2009. Alkaline sülfite-anthraquinone (AS/AQ) pulping of wheat straw and totally chlorine free (TCF) bleaching of pulps, Industrial Crops and Products, Vol. 29(1), pp.27-36.
- İstek, A. ve Özkan, İ., 2008. Effect of Sodium Borohydride on *Populus tremula* L. Kraft Pulping, Turk J..Agric. For., 32, 131-136.
- Kanat, M., Laz, B., 2005. Kahramanmaraş Göknar Ormanlarında *Pityokteines curvidens* (Germ.)'in Feromon Tuzaklarına Yakalanma Sonuçları, KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi, 8(2), 62-69, Kahramanmaraş.
- Karakoç, K., 2004. Osmanlı'dan Günümüze Maden Mevzuatı ve Bor Madenciliği Özelleştirme ve Bor Politikaları Üzerine Düşünceler. Tütüncü Madencilik Ltd. Şti., Bursa, s.1–14.
- Kırcı, H., 1996. Soda- Oksijen Yöntemiyle Göl Kamışından (*Phragmites communis* L.) Kağıt Hamuru Üretim Koşullarının Belirlenmesi, K.T.Ü Araştırma Fonu, No: 95.113.002.6, Trabzon.
- Kırcı, H., 2000. Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları. KTÜ Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No:63, Trabzon, Türkiye.
- Kırcı, H., 2006. Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları, KTÜ Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No:86, Trabzon.
- Kırcı, H., 2012. Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları Serisi, Geliştirilmiş 5. Baskı, KTÜ Orman Fakültesi, Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Anabilim Dalı

- Yayımları, 259s., Trabzon.
- Knížek, M., 1998. A new species of *Pityokteines* (Coleoptera: Scolytidae) from Turkey, *Klapalekiana*, 34, 189–193.
- Kocurek, M., 1989. Pulp and Paper Manufacture (Third Edition), Volume 5. Alkaline Pulping, TAPPI, Atlanta, 637pg.
- Lachenal, D., 2003. Reasons for Yield Losses During Kraft Cooking, Possible Strategies for Yield Increase, EFPG (Ecole Française de Papeterie et des Industries Graphiques).
- Leary, G., 1994. Recent Progress in Understanding and Inhibiting the Light-Induced Yellowing of Mechanical Pulps.” *Journal of Pulp and Paper Science*, 20(6), 154-160.
- Lindholm, C.A., 1993. Pulping Tecnology Lecture Notes. Vol:1, Helsinki University, Otoniemi, Finland. pp.15-29.
- Nemli, G., Ayan, E., Ay, N., Tiryaki, S., 2018. Utilization potential of waste wood subjected to insect and fungi degradation for particleboard manufacturing. *Eur.J.Wood Prod.*,76: 759-766.
- Odabaş-Serin, Z., Güleç, T., 2014. Effects of *Pityokteines curvidens* on the chemical composition of *Abies nordmanniana ssp. nordmanniana*, 2nd Symposium of Turkey Forest Entomology and Pathology, 7-9 April 2014, Antalya/Turkey.
- Örs, N., Behmenyar, G., Özdemir, S.S., Boyacı San, F.G., Bahar, T., 2002. "Hidrojen Üretimi ve Depolama", TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi, Proje No: MKTAE.1.02.007.
- Özdemir, H., 2004. Anadolu Gökmar Türleri (*Abies spp.*) Odunlarının Kimyasal Karakterizasyonu, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 83s.
- Öztürk, A., Kayacan, B., Dikilitaş,K., 2008. Effects of bark beetles on timber sales: A preliminary study in Artvin regional forest directorate, *Journal of DOA*, Vol.14, pp.119-130.
- Rydholm, L.J., 1965, Pulping Processes, Interscience Publishers, London, U.K.
- Sarıkaya O., Avcı M., 2006. Kabuk Böceklerine Karşı Ormanlarımızda Alınabilecek Koruyucu Önlemler, *Orman Mühendisliği Dergisi*, 43(1-2-3).
- Sarıkaya O., Avcı M., 2011. Türkiye Gökmar Ormanlarında Yeni Bir Tür: *Pityokteines marketae* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae). *Orman Mühendisliği Dergisi*, 43 (1-2-3), 26-27.
- Scan Test Methods, Scandinavian Pulp, Paper and Board Commitee, Stockholm, Sweden, 1989.
- Tank, T., 1964. Türkiye Gökmar Türlerinin Kimyasal Bileşimleri ve Selüloz Endüstrisinde Değerlendirme İmkanları, Doktora Tezi İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü., İstanbul.
- TAPPI T 220 om-88, 1988. Physical testing of pulp handsheets, Technical Association of the Pulp & Paper Industry.
- TAPPI T 403 om-97, 1997. Bursting Strength of Paper, Technical Association of the Pulp

& Paper Industry.

- TAPPI T 410 om-98, 1998. Grammage of Paper And Paperboard (weight Per Unit Area), Technical Association of the Pulp & Paper Industry.
- TAPPI T 411 om-97, 1997. Thickness (caliper) of paper, paperboard, and combined board, Technical Association of the Pulp & Paper Industry.
- TAPPI T 412 om-94, 1994. Moisture in pulp, paper and paperboard, Technical Association of the Pulp & Paper Industry.
- TAPPI T 414 om-98, 1998. Internal Tearing Resistance of Paper (Elmendorf-Type Method), Technical Association of the Pulp & Paper Industry.
- TAPPI T 494 om-92, 1992. Tensile properties of paper and paperboard (using constant rate of elongation apparatus), Technical Association of the Pulp & Paper Industry.
- Temiz, S., 2006, Kraft-NaBH₄ yöntemiyle uludağ göknarı (*Abies bornmuelleriana* Mattf.) ve kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odunlarından kağıt hamuru üretim koşullarının belirlenmesi, Abant Baysal İzzet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 113 sayfa, Düzce.
- Tutuş, A., 2006. Pamuk Saplarından Kraft-Sodyumborhidrür (NaBH₄) Yöntemiyle Kağıt Hamuru Üretimi, III. Uluslararası Bor Sempozyomu Bildirileri Kitabı, s.81-84, Ankara.
- Tutuş, A., 2004, Buğday Saplarından Soda-Oksijen-Antrakinin (SOAQ) Yöntemiyle Elde Edilen Hamurların Hidrojen Peroksit ve Sodyum Borhidrür ile Ağartılması, II. Uluslararası Bor Sempozyumu, 23-25 Eylül, Eskişehir, Türkiye, 345-350.
- Tutuş, A., 2006. Pamuk Saplarından Kraft-Sodyumborhidrür (NaBH₄) Yöntemiyle Kağıt Hamuru Üretimi, III. Uluslararası Bor Sempozyomu 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., Çiçekler, M., and Karataş, B., 2011. Pulp and Paper Production by Soda-Sodium Borohydride method from Poppy Stems. II. International Non-Wood Forest Products Symposium. 8-10 September. Isparta/Turkey.
- Tutuş, A., Çiçekler, M., ve Deniz, İ., 2012. Yanmış Kızılçam Odunlarının Kağıt Hamuru ve Kağıt Üretiminde Kullanılması. KSÜ Mühendislik Bil. Der. Özel sayı, 90-95.
- Tutuş, A., Çiçekler, M., Özdemir, A., ve Altaş, A., 2014. Geven Otunun (*Astragalus membranaceus*) Kağıt Hamuru ve Kağıt Üretiminde Değerlendirilmesi. III. Uluslararası Odun Dışı Orman Ürünleri Sempozyumu. 8-10 Mayıs. Kahramanmaraş/Türkiye.
- Tutuş, A., Çiçekler, M., Özdemir, F., ve Yılmaz, U., 2014. Kahramanmaraş Koşullarında Yetişen Trabzon Hurma Ağacı (*Diospyros kaki*)'nin Kağıt Hamuru ve Kağıt Üretiminde Değerlendirilmesi. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu. 22-24 Ekim. Isparta/Türkiye.
- Tutus, A., Cicekler, M., ve Ayaz, A., 2016. Kayısı (*Prunus armeniaca L.*) Odunu Yongalarının Kağıt Hamuru ve Kağıt Üretiminde Değerlendirilmesi. Türkiye

Ormancılık Dergisi. 17(1): 61-67.

Türkoğlu, T., 2004. Kraft Hamurunun Soda-Oksijen-Borhidrür Yöntemi İle Delignifikasyonu, Yüksek Lisans Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, 135s, Zonguldak.

Uçar, G. ve Yılgör, N., 1995. Chemical and Technological Properties of 300 years Waterlogged Wood, Holz als Roh-und Werkstoff, 53, 129-132.

URL1,2016.http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/15_01_02_f7fae.pdf.

URL2, <http://ormuh.org.tr/arsiv/files/Orman%20zararlilari%20ve%20mucadelesi.pdf>. 2016.

Van Lierop, B., Skothos, A., Liebergott, N., 1996. The technology of chemical pulp bleaching, Chapter 5., Ozone delignification, 323-340, Pulp Bleaching: Principles and Practice (Eds: Carlton W. Dence and Douglas W. Reeve, Atlanta pp.868

Yaltırık, F., Efe, A., 2000. Dendroloji Ders Kitabı, II. Baskı, İstanbul, 975-404-594-1.

Yıldırım, M., 2014. Bolu - Aladağ bölgesinde büyük göknar kabuk böceğinden (*Pityokteines curvidens*) zarar görmüş uludağ göknar odununun bazı kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi. KSÜ, Orman Fakültesi, Lisans Tezi, Kahramanmaraş.

EK ÇİZELGELER

Sağlam ve böcek arızlı göknar odunları kullanılarak AS - NaBH₄ yöntemiyle elde edilen dövülmemiş ve 35 SR⁰ serbestlik derecesine kadar dövülen hamurlardan üretilen deneme kağıtlarına ait kopma uzunluğu, yırtılma indisi, patlama indisi, parlaklık, beyazlık ve ISO opaklığı test sonuçları aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Ek Çizelge 1. Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların fiziksel ve optik özellikleri

Pişirme No	PİŞİRME ŞARTLARI					Kopma Uzunluğu (km)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Patlama indisi (kPa.m ² /g)	Parlaklık (ISO)	Beyazlık (ISO)	ISO Opaklığı (%)
	NaOH Oranı (%)	Na ₂ SO ₃ Oranı (%)	NaBH ₄ Oranı (%)	Süre (dak.)	Sıcaklık (°C)						
S1	20	15	-	120	160	3,25 (0,09)	5,63 (0,10)	2,01 (0,15)	22,55 (0,13)	33,78 (0,14)	99,52 (0,46)
S2	20	15	0,3	120	160	3,31 (0,12)	8,69 (0,06)	2,05 (0,11)	25,44 (0,15)	37,47 (0,11)	99,40 (0,21)
S3	20	15	0,5	120	160	3,23 (0,06)	7,55 (0,12)	2,01 (0,08)	25,22 (0,10)	37,02 (0,16)	98,96 (0,19)
S4	20	15	0,7	120	160	2,81 (0,10)	8,08 (0,04)	2,06 (0,08)	23,45 (0,07)	34,97 (0,10)	99,15 (0,23)
S5	20	15	1,3	120	160	2,77 (0,06)	8,17 (0,02)	1,97 (0,09)	25,21 (0,23)	37,30 (0,21)	99,10 (0,33)
B1	20	15	-	120	160	3,46 (0,11)	7,53 (0,22)	2,11 (0,04)	24,94 (0,11)	36,78 (0,12)	99,43 (0,11)
B2	20	15	0,3	120	160	4,25 (0,14)	7,93 (0,06)	2,19 (0,12)	27,93 (0,07)	39,43 (0,35)	99,55 (0,14)
B3	20	15	0,5	120	160	5,14 (0,26)	7,05 (0,25)	2,27 (0,10)	26,38 (0,34)	37,55 (0,41)	99,30 (0,18)
B4	20	15	0,7	120	160	4,56 (0,15)	6,58 (0,02)	2,31 (0,07)	27,21 (0,10)	38,60 (0,14)	99,44 (0,18)
B5	20	15	1,3	120	160	4,81 (0,18)	8,45 (0,16)	2,51 (0,09)	27,55 (0,24)	40,12 (0,30)	98,89 (0,34)

Not: NaOH ve Na₂SO₃ miktarları Na₂O cinsinden hesaplanmıştır. Çözelti/Yonga Oranı: 5/1, maksimum sıcaklığa çıkış süresi: 50 dakika olarak sabit alınmıştır.

Ek Çizelge 2. Serbestlik derecesi 35 SR^o olan hamurlardan üretilen kağıtların fiziksel ve optik özellikleri

Pişirme No	PİŞİRME ŞARTLARI					Kopma Uzunluğu (km)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Patlama indisi (kPa.m ² /g)	Parlaklık (ISO)	Beyazlık (ISO)	ISO Opaklığı (%)
	NaOH Oranı (%)	Na ₂ SO ₃ Oranı (%)	NaBH ₄ Oranı (%)	Süre (dak.)	Sıcaklık (°C)						
S1	20	15	-	120	160	7,43 (0,16)	6,05 (0,08)	3,40 (0,14)	20,83 (0,42)	31,72 (0,28)	98,55 (0,26)
S2	20	15	0,3	120	160	7,04 (0,10)	6,33 (0,00)	3,45 (0,15)	22,82 (0,19)	34,12 (0,14)	98,52 (0,06)
S3	20	15	0,5	120	160	6,59 (0,11)	5,93 (0,10)	3,63 (0,06)	23,09 (0,40)	34,14 (0,53)	98,51 (0,39)
S4	20	15	0,7	120	160	6,49 (0,17)	6,98 (0,07)	3,77 (0,08)	21,59 (0,36)	32,40 (0,32)	99,05 (0,25)
S5	20	15	1,3	120	160	6,55 (0,05)	6,12 (0,02)	3,56 (0,08)	22,95 (0,49)	34,38 (0,36)	98,09 (0,06)
B1	20	15	-	120	160	7,60 (0,24)	4,88 (0,02)	4,63 (0,14)	20,34 (0,19)	31,29 (0,18)	98,16 (0,15)
B2	20	15	0,3	120	160	6,88 (0,14)	6,45 (0,08)	3,69 (0,18)	24,13 (0,10)	34,62 (0,12)	98,52 (0,09)
B3	20	15	0,5	120	160	7,56 (0,13)	5,77 (0,11)	3,98 (0,16)	22,24 (0,19)	32,89 (0,11)	98,55 (0,37)
B4	20	15	0,7	120	160	7,01 (0,11)	4,97 (0,14)	4,24 (0,08)	22,24 (0,13)	33,06 (0,24)	98,47 (0,41)
B5	20	15	1,3	120	160	7,98 (0,10)	4,76 (0,02)	4,01 (0,11)	23,43 (0,39)	35,37 (0,30)	98,04 (0,34)

Not: NaOH ve Na₂SO₃ miktarları Na₂O cinsinden hesaplanmıştır. Çözelti/Yonga Oranı: 5/1, maksimum sıcaklığa çıkış süresi: 50 dakika olarak sabit alınmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Arif CAVUNT
Uyruğu : T.C
Doğum tarihi ve yeri : 22.01.1987 / Adana
Medeni hali : Bekar
e-posta : arifcavunt@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	KSÜ, Orman Endüstri Bölümü	2018
Lisans	KSÜ, Orman Endüstri Bölümü	2013
Lise	Adana Anafartalar Anadolu Lisesi	2004

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınları

Odabaş-Serin, Z., Ateş, N., Cavunt, A. (2017). Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) saplarının kağıt hamuru ve kağıt üretimine uygunluğunun değerlendirilmesi. Turkish Journal of Forestry, 18(2), 155-159.

Hobiler

Kitap okuma, Basketbol oynama, Yüzme