

**T.C.**  
**BARTIN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**ORMAN ÜRÜNLERİ KİMYASI VE TEKNOLOJİSİ BİLİM DALI**

**BAZI BOR BİLEŞİKLERİNİN SARIÇAM YONGALARINDAN ÜRETİLEN  
KRAFT KAĞIT HAMURU VE KAĞIT ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HAZIRLAYAN**  
**SÜLEYMAN KUŞTAŞ**

**DANIŞMAN**  
**YRD. DOÇ. DR. SEZGİN KORAY GÜLSOY**

**BARTIN-2014**

**T.C.**  
**BARTIN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**ORMAN ÜRÜNLERİ KİMYASI VE TEKNOLOJİSİ BİLİM DALI**



**DANIŞMAN**  
**YRD. DOÇ. DR. SEZGİN KORAY GÜLSOY**

**BARTIN-2014**

## KABUL VE ONAY

Süleyman KUŞTAŞ tarafından hazırlanan “BAZI BOR BİLEŞİKLERİNİN SARIÇAM YONGALARINDAN ÜRETİLEN KRAFT KAĞIT HAMURU VE KAĞIT ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ” başlıklı bu çalışma, 04.08.2014 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy çokluğu/oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.


Başkan : Prof. Dr. İlhan DENİZ



Üye : Doç. Dr. Ayben KILIÇ PEKGÖZLÜ



Üye : Yrd.Doç. Dr. Sezgin Koray GÜLSOY (Danışman)



Bu tezin kabulü Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun .../.../..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Doç. Dr. Selma ÇELİKAY

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **BEYANNAME**

Bartın Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Yrd. Doç. Dr. Sezgin Koray GÜLSOY danışmanlığında hazırlamış olduğum “BAZI BOR BİLEŞİKLERİNİN SARIÇAM YONGALARINDAN ÜRETİLEN KRAFT KAĞIT HAMURU VE KAĞIT ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ” adlı Yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

04 /08/ 2014

Süleyman KUŞTAŞ

## ÖN SÖZ

Bu çalışma 2013 – 2014 yılları arasında Bartın Üniversitesi Bartın Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Orman Ürünleri Kimyası Anabilim Dalı'nda değerli hocam Yrd. Dr. Sezgin Koray GÜLSOY yönetiminde hazırlanmıştır.

Bu tezde jüri üyesi olma nezaketini gösteren, tezin incelenerek hataların düzeltilmesinde değerli vakitlerini harcayan sayın hocalarım Prof.Dr. İlhan DENİZ'e ve Doç.Dr. Ayben KILIÇ PEKGÖZLÜ'ye şükranlarımı sunarım. Araştırmalarımın yürütülmesinde, değerli görüş ve tavsiyeleriyle çalışmaya yön veren, gerekli kaynakların temininde yardımlarını esirgemeyen kıymetli hocalarımız Doç. Dr. Ayben KILIÇ PEKGÖZLÜ, Yrd. Doç Dr. Sezgin Koray GÜLSOY ve Yrd. Doç Dr. Ayhan GENÇER' e teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca, Bartın Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Bilim Dalındaki arkadaşlarım Şaduman TÜFEK ERENTÜRK, Ufuk ÖZGÜL ve Hülya GÜL' e araştırmalarımında yardımcı olduğu için teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini eksik etmeyen değerli aileme sonsuz teşekkür ederim.

Süleyman KUŞTAŞ

## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

## BAZI BOR BİLEŞİKLERİNİN SARIÇAM YONGALARINDAN ÜRETİLEN KRAFT KAĞIT HAMURU VE KAĞIT ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Süleyman KUŞTAŞ

Bartın Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Bilim Dalı

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Sezgin Koray GÜLSOY

BARTIN-2014, Sayfa: XVII+96

Bu çalışmada, sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) yongalarından pişirme koşulları sabit alınıp  $\text{NaBH}_4$ ,  $\text{KBH}_4$ , Etibor-48, Etidot-67 ve kolemanit oranları %2 ve %4 alınarak yapılan kraft, kraft- $\text{KBH}_4$ , kraft- $\text{NaBH}_4$ , kraft-Etibor 48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen kağıt hamuru ve kağıtların özellikleri tespit edilmiştir. Ayrıca, tüm kağıt hamurlarının lif süspansiyonlarına %0,75 oranında katyonik nişasta (KN) ilave edilerek KN'nın farklı bor bileşiği ve oranında elde edilen kağıtların sağlamlık ve optik özelliklerine etkileri belirlenmiştir.

Hamurların kappa numaraları karşılaştırıldığında %2  $\text{KBH}_4$ , %2  $\text{NaBH}_4$ , %2 ve %4 Etibor-48 ilaveli pişirmeler hariç diğer pişirmelerden elde edilen hamurların kappa numarasının kontrol örneğinden daha yüksek değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Hamurların viskozite değerleri karşılaştırıldığında tüm bor bileşiği ilaveli pişirmelerden elde edilen hamurların viskozite değerlerinin kontrol örneğinden daha düşük değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, tüm bor bileşiği ilavelerinin kağıt hamurlarının elenmiş ve toplam verimlerinde artışlara neden olduğu tespit edilmiştir.

Kontrol ve bor bileşimi ilaveli kağıt hamurlarının lif süspansiyonlarına %0,75 oranında KN ilave edildiğinde bu ilavenin kağıtların yırtılma indisi ve parlaklık değerlerinde azalışa, patlama indisi, kopma indisi, TEA ve uzama değerlerinde ise artışa neden olduğu görülmüştür. Ayrıca, KN ilavesinin kağıdın opaklığını etkilemediği tespit edilmiştir.

KN ilaveli ve ilavesiz kağıtların sağlamlık özellikleri incelendiğinde pişirme çözeltilisine ilave edilen bor bileşimi oranının artmasıyla kağıtların yırtılma indisi, patlama indisi, kopma indisi, TEA, uzama ve parlaklık değerlerinin bazı bor bileşimi türlerinde azaldığı, bazı bor bileşimi türlerinde ise istatistiki olarak anlamsız ( $P>0,05$ ) bir değişime neden olduğu belirlenmiştir. Kağıtların opaklıklarında meydana gelen değişimler istatistiki olarak anlamlı ( $P<0,05$ ) olsa da kağıtçılık açısından anlam ifade etmediği düşünülmektedir.

Bu sonuçlara göre, kağıt hamurlarının elenmiş ve toplam verimleri bakımından  $\text{NaBH}_4$  ve  $\text{KBH}_4$ 'ün diğer bor bileşimi türlerinde daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Kağıtların sağlamlık özellikleri bakımından Etibor-48 ve Etidot-67'nin, optik özellikleri bakımından ise  $\text{NaBH}_4$  ve  $\text{KBH}_4$ 'ün diğer bor bileşimi türlerinde daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** *Pinus sylvestris* L., Kraft,  $\text{KBH}_4$ ,  $\text{NaBH}_4$ , Etibor-48, Etidot-67, kolemanit, kağıt hamuru ve kağıt özellikleri, KN.

**Bilim Kodu:** 502.06.01

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **THE EFFECTS OF SOME BORON COMPOUNDS ON KRAFT PULP AND PAPER PROPERTIES PRODUCED FROM SCOT PINE CHIPS**

**Süleyman KUŞTAŞ**

**Bartın University**

**Graduate School of Applied Sciences**

**Forest Industry Engineering**

**Department of Chemistry and Technology of Forest Products**

**Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Sezgin Koray GÜLSOY**

**AUGUST 2014, Pp: XVII+96**

In this study, kraft, kraft-KBH<sub>4</sub>, kraft-NaBH<sub>4</sub>, kraft-Etibor 48, kraft- Etidot 67, and kraft-colemanite cookings were made using chips of *Pinus sylvestris* L. Kraft cooks were done under the constant cooking conditions. NaBH<sub>4</sub>, KBH<sub>4</sub>, Etibor-48, Etidot-67 and colemanite were used as digester additives in different ratios (2% and 4%). Also, 0.75% cationic starch (CS) was added to all pulp samples as dry strength agent. Thus, the effect of CS addition on paper properties was observed. The strength and optic properties of resulting pulp were compared.

Kappa number of boron compounds added pulps were higher than control pulps except of 2% KBH<sub>4</sub>, 2% NaBH<sub>4</sub>, 2% and 4% Etibor-48 added cookings. Viscosity of boron compounds added pulps were lower than control pulps. Also, the addition of boron compounds to cooking liquor caused to increases in screened and total yield of pulp.

The addition of 0.75 % CS to control and boron compound added pulps caused to decreasing in tear index and brightness of paper and increasing in tensile index, burst



index, TEA, and stretch of papers. On the other hand, the effect of CS addition on opacity of paper was statistically insignificant.

In both CS added and CS-free papers, strength properties and brightness of paper was decreased with the increasing amount of some boron compound adding to cooking liquor. In some boron compounds, this difference was not statistically significant ( $P>0.05$ ). On the other hand, differences in opacity of papers were statistically significant ( $P<0.05$ ). But, these differences were not significant in paper industry.

Consequently, the best results in terms of screened and total pulp yield and pulp brightness were determined in  $\text{NaBH}_4$  and  $\text{KBH}_4$  added pulps compared to addition of other boron compounds. In addition, the best results in terms of strength and optical properties of papers were determined in  $\text{NaBH}_4$ ,  $\text{KBH}_4$ , Etibor-48 and Etidot-67 added pulps, respectively.

**Key Words:** *Pinus sylvestris* L.,  $\text{NaBH}_4$ ,  $\text{KBH}_4$ , Etibor-48, Etidot-67, colemanite, kraft pulping, pulp and paper properties, CS.

**Science Code:** 502.06.01

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL VE ONAY .....	ii
BEYANNAME.....	iii
ÖZET .....	V
ABSTRACT .....	VII
ÖN SÖZ.....	IX
İÇİNDEKİLER.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	XII
TABLolar DİZİNİ.....	XV
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XVI
BÖLÜM I GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Amacı .....	2
1.2 Sarıçam Hakkında Genel Bilgiler.....	2
1.2.1 Sarıçamın Doğal Yayılışı.....	2
1.2.2 Sarıçamın Botanik Özellikleri .....	4
1.2.3 Sarıçamın Ekolojik Özellikleri .....	5
1.2.4 Sarıçam Odunun Anatomik Özellikleri .....	6
1.2.5 Sarıçam Odunun Teknolojik Özellikleri.....	7
1.2.6 Sarıçam Odununun Kullanım Yerleri.....	7
1.3 Kağıdın Tanımı Ve Tarihçesi .....	8
1.4 Kağıt Üretiminde Kullanılan Lifsel Maddeler Ve Kağıdın Özellikleri.....	9
1.4.1 Lif Anatomisi.....	10
1.4.2 Selüloz .....	12
1.4.3 Hemiselülozlar.....	13
1.4.4 Lignin .....	15

	<b><u>Sayfa</u></b>
1.4.5 Kraft Kağıt Hamuru Üretimi .....	16
1.5 Kağıt Hamuru Üretiminde Verim Kaybına Neden Olan Reaksiyonlar .....	18
1.5.1 Soyulma Reaksiyonları.....	20
1.5.2 Hidroliz Reaksiyonu .....	22
1.6 Kağıt Hamuru Üretiminde Bor Bileşiklerin Kullanımı .....	24
1.6.1 Çalışmada Kullanılan Borlu Bileşikler.....	24
1.6.1.1 Sodyum Borhidrür .....	24
1.6.1.2 Potasyum Borhidrür.....	27
1.6.1.3 Yerli Borlu Bileşikler .....	27
1.6.2 Diğer Borlu Bileşikleri .....	28
1.6.3 Bor Rezervi ve Kullanım Yerleri.....	28
1.7 Kuru Sağlık Madde Olarak Nişasta .....	30
<b>BÖLÜM II MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>32</b>
2.1 Materyal.....	32
2.1.1 Odun Hammaddesi .....	32
2.1.2 Nişasta .....	33
2.2 Yöntem .....	33
2.2.1 Yongaların Hazırlanması .....	33
2.2.2 Lif Morfolojisine Ait Ölçme Metotları.....	34
2.2.3 Lif Boyut İlişkilerinin Hesaplanmasında Kullanılan Yöntemler.....	34
2.2.4 Kimyasal Analizler .....	35
2.2.5 Kraft Pişirme Koşulları.....	35
2.2.6 Kağıt Hamurlarında Yapılan Analizler .....	36
2.2.7 Nişasta Çözeltisinin Hazırlanması ve Lif Süspansiyonuna İlavesi .....	37
2.2.8 Kâğıtların Bazı Fiziksel, Optik ve Mekanik Özellikleri.....	37

	<b><u>Sayfa</u></b>
2.2.9 Verilerin Deęerlendirilmesi .....	38
<b>BÖLÜM III BULGULAR VE İRDELEME .....</b>	<b>39</b>
3.1 Lif Morfolojisi .....	39
3.2 Kimyasal Analiz Sonuçları .....	40
3.3 Hamurların Kappa Numaraları, Viskoziteleri Ve Verimleri .....	41
3.3.1 Kappa Numarası .....	41
3.3.2 Viskozite .....	43
3.3.3 Elenmiş Verim .....	45
3.3.4 Elek Artığı .....	46
3.3.4 Toplam Verim.....	48
3.4 Kağıtların Sağlık Ve Optik Özellikleri .....	50
3.4.1 Kağıtların Sağlık Özellikleri.....	56
3.4.1.1 Yırtılma İndisi .....	53
3.4.1.2 Patlama İndisi .....	60
3.4.1.3 Kopma İndisi .....	65
3.4.1.4 TEA .....	70
3.4.1.5 Uzama.....	73
3.4.2 Kağıtların Optik Özellikleri.....	77
3.4.2.1 Opaklık .....	77
3.4.2.2 Parlaklık.....	80
<b>BÖLÜM IV SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>85</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>88</b>
<b>ÖZ GEÇMİŞ.....</b>	<b>96</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
1. Sarıçam ( <i>Pinus sylvestris</i> L.)' in Dünya'daki doğal yayılış alanı. ....	3
2. Sarıçam ( <i>Pinus sylvestris</i> L.)'in Türkiye'deki doğal yayılış alanı .....	4
3. Odun liflerinin şematik gösterimi.....	11
4. Selülozun yapısı ve selüloz fibrillerinin modeli .....	13
5. İğne yapraklı ağaçlardaki hemiselülozların yapısı .....	14
6. Mannan nevcudiyetinde mikrofibril kümelenmesinin şeması.....	15
7. Odun yongalarının delignifikasyonunda farklı evreler .....	16
8. Ligninin uzaklaştırılma derecesine bağlı olarak toplam ve elenmiş verim oranındaki değişim .....	17
9. Kraft kağıt üretimi esnasında odun bileşenlerinin verimi. ....	19
10. Soyulma mekanizması.....	21
11. Soyulma (peeling) reaksiyonunun bitişi. ....	21
12. Alkalen hidroliz .....	23
13. Soyulma reaksiyonun tekrar başlaması .....	24
14. Selülozun karbonil grubunun $\text{NaBH}_4$ ile indirgenmesi.....	25
15. Bor tüketiminin nihai kullanım alanlarına göre dağılımı. ....	29
16. Sarıçam odununun temini .....	32
17. Sarıçam yongaları .....	34
18. $\text{KBH}_4$ , $\text{NaBH}_4$ , Etibor-48, Etidot-67 ve kolemanit ilavesi ile kraft hamurlarının kapp numaralarında meydana gelen değişim.....	44
19. $\text{KBH}_4$ , $\text{NaBH}_4$ , Etibor-48, Etidot-67, kolemanit ilavesi ile kraft hamurlarının viskozitelerin de meydana gelen değişim. ....	44
20. $\text{KBH}_4$ , $\text{NaBH}_4$ , Etibor-48, Etidot-67 ve kolemanit ilavesi ile kraft hamurlarının elenmiş verimlerinde meydana gelen değişim.....	46
21. $\text{KBH}_4$ , $\text{NaBH}_4$ , Etibor-48, Etidot-67 ve kolemanit ilavesi ile kraft hamurlarının elek artığı meydana gelen değişim. ....	47
22. $\text{KBH}_4$ , $\text{NaBH}_4$ , Etibor-48, Etidot-67 ve kolemanit ilavesi ile kraft hamurlarının toplam verimde meydana gelen değişim.....	49
23. Deneme kağıtlarının yırtılma indisi üzerine KN ilavesinin etkisi .....	57
24. KN ilavesiz deneme kağıtlarının yırtılma indisi üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi.....	58

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
<b>No</b>	<b>No</b>
25. KN ilaveli deneme kağıtlarının yırtılma indisi üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi. ....	59
26. KN ilavesiz deneme kağıtlarının yırtılma indisi üzerine bor bileşiği türünün etkisi.....	59
27. KN ilaveli deneme kağıtlarının yırtılma indisi üzerine bor bileşiği türünün etkisi.....	60
28. Deneme kağıtlarının yırtılma indisi üzerine KN ilavesinin etkisi. ....	61
29. KN ilavesiz deneme kağıtlarının patlama indisi üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi .....	63
30. KN ilaveli deneme kağıtlarının patlama indisi üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi. ....	64
31. KN ilavelisiz deneme kağıtlarının patlama indisi üzerine bor bileşiği türünün etkisi....	64
32. KN ilaveli deneme kağıtlarının patlama indisi üzerine bor bileşiği türünün etkisi. ....	65
33. Deneme kağıtlarının kopma indisi üzerine KN ilavesinin etkisi. ....	66
34. KN ilavesiz deneme kağıtlarının kopma indisi üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi .....	67
35. KN ilaveli deneme kağıtlarının kopma indisi üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi. ....	68
36. KN ilavesiz deneme kağıtlarının kopma indisi üzerine bor bileşiği türünün etkisi.....	69
37. KN ilaveli deneme kağıtlarının kopma indisi üzerine bor bileşiği türünün etkisi.....	69
38. Deneme kağıtlarının TEA üzerine KN ilavesinin etkisi. ....	70
39. KN ilavesiz deneme kağıtlarının TEA üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi. ....	71
40. KN ilaveli deneme kağıtlarının TEA üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi. ....	72
41. KN ilavesiz deneme kağıtlarının TEA üzerine bor bileşiği türünün etkisi .....	72
42. KN ilaveli deneme kağıtlarının TEA üzerine bor bileşiği türünün etkisi.....	73
43. Deneme kağıtlarının uzama üzerine KN ilavesinin etkisi .....	74
44. KN ilavesiz deneme kağıtlarının uzama üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi .....	75
45. KN ilaveli deneme kağıtlarının uzama üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi. ....	76
46. KN ilavesiz deneme kağıtlarının uzama üzerine bor bileşiği türünün etkisi.....	76
47. KN ilaveli deneme kağıtlarının uzama üzerine bor bileşiği türünün etkisi .....	77
48. Deneme kağıtlarının opaklık üzerine KN ilavesinin etkisi.....	78
49. KN ilavesiz deneme kağıtlarının opaklık üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi.....	78
50. KN ilaveli deneme kağıtlarının opaklık üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi. ....	79
51. KN ilavesiz deneme kağıtlarının opaklık üzerine bor bileşiği türünün etkisi. ....	79

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
<b>No</b>	<b>No</b>
52. KN ilaveli deneme kağıtlarının opaklığı üzerine bor bileşimi türünün etkisi. ....	80
53. Deneme kağıtlarının parlaklık üzerine KN ilavesinin etkisi .....	81
54. KN ilavesiz deneme kağıtlarının parlaklık üzerine bor bileşimi ilave oranının etkisi. ..	82
55. KN ilaveli deneme kağıtlarının parlaklık üzerine bor bileşimi ilave oranının etkisi.....	83
56. KN ilavesiz deneme kağıtlarının parlaklık üzerine bor bileşimi türünün etkisi .....	83
57. KN ilaveli deneme kağıtlarının parlaklık üzerine bor bileşimi türünün etkisi .....	84

## TABLolar DİZİNİ

<b>Tablo</b>	<b>Sayfa</b>
<b>No</b>	<b>No</b>
1. NaBH <sub>4</sub> ile kağıt hamuru üretiminde kullanımı ile ilgili çalışmalar.....	26
2. Etibor-48'in kimyasal özellikleri.....	27
3. Öğütülmüş kolemanitin kimyasal özellikleri.....	28
4. Etidot-67'nin kimyasal özellikleri.....	28
5. Diğer borlu bileşikleri ile kağıt hamuru üretiminde kullanımı ile ilgili çalışmalar.....	29
6. Dünya bor üretim kapasiteleri.....	31
7. Kimyasal analizlerde kullanılan yöntemler.....	35
8. Çalışmada kullanılan kraft pişirme koşulları.....	36
9. Kağıtların bazı testlerinde kullanılan yöntemler.....	37
10. Bazı çam türlerinin odunlarına ait lif özelliklerinin karşılaştırılması.....	39
11. Kimyasal analiz sonuçları.....	40
12. Kontrol ve bor bileşiği ilaveli kraft pişirmelerinden elde edilen hamurların bazı özellikleri.....	41
13. Kağıtların sağlamlık ve optik özellikleri üzerine nişasta ilavesinin etkisi.....	51
14. KN ilavesiz kağıtların sağlamlık ve optik özellikleri üzerine bor ilavesinin etkisi.....	52
15. KN ilaveli kağıtların sağlamlık ve optik özellikleri üzerine bor ilavesinin etkisi.....	53
16. KN ilavesiz kağıtların sağlamlık ve optik özellikleri üzerine % 2 bor ilavesinin etkisi	54
17. KN ilavesiz kağıtların sağlamlık ve optik özellikleri üzerine % 4 bor ilavesinin etkisi	54
18. KN ilaveli kağıtların sağlamlık ve optik özellikleri üzerine % 2 bor ilavesinin etkisi..	55
19. KN ilaveli kağıtların sağlamlık ve optik özellikleri üzerine % 4 bor ilavesinin etkisi..	55



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$\alpha$	:	Alfa
$\pm s$	:	Standart sapma

### KISALTMALAR

<sup>0</sup> SR	:	Schopper Riegler
%	:	Yüzde
SPSS	:	Statistical Package for Social Sciences
TAPPI	:	Technical Association of the Pulp and Paper Industry
OGM	:	Orman Genel Müdürlüğü
Cm	:	Santimetre
Km	:	Kilometre
m	:	Metre
Mm	:	Milimetre
mL	:	Mililitre
L	:	Litre
NaBH <sub>4</sub>	:	Sodyum borhidrür
KBH <sub>4</sub>	:	Potasyum borhidrür
KOL	:	Kolemanit
E48	:	Etibor 48
E67	:	Etidot 67
NaBH <sub>4</sub> -2	:	%2 Sodyum borhidrür ilavesi
KBH <sub>4</sub> -2	:	%2 Potasyum borhidrür ilavesi
KOL-2	:	%2 Kolemanit ilavesi
E48-2	:	%2 Etibor 48 ilavesi
E67-2	:	%2 Etidot 67 ilavesi
NaBH <sub>4</sub> -4	:	%4 Sodyum borhidrür ilavesi
KBH <sub>4</sub> -4	:	%4 Potasyum borhidrür ilavesi
KOL-4	:	%4 Kolemanit ilavesi
E48-4	:	%4 Etibor 48 ilavesi
E67-4	:	%4 Etidot 67 ilavesi

KN : Katyonik nişasta  
TEA : Tensile Energy Absorption

# BÖLÜM I

## GİRİŞ

Doğada var olan tüm doğal kaynaklar var oluşundan bugüne bütün canlıların hayatlarını devam ettirmeleri, yaşamlarını sürdürmeleri için yenilenebilir ürünlerdir. İnsanoğlu da yüzyıllardan beri doğayı yaşam şartlarına göre kullanmayı öğrenmiş ve doğadaki kaynakları kullanarak ihtiyaçlarını gidermenin yollarını bulmuştur. İşte bu kaynaklardan biri olan ormanlar ve onları meydana getiren ağaçlar insanlara çeşitli alternatifler sunmaktadır.

Orman ürünleri asli ve tali ürün (odun dışı orman ürünleri-ODOÜ) olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. Ormanlardan sağlanan asli ürün odun hammaddesi olup, bu da yapacak ve yakacak odun olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Orman ODOÜ ise asli ürünler dışındaki bitkisel ürünleri (çam kozalağı, kekik, keven, ağaç tohumları), hayvansal ürünleri (deri, et, yumurta, vb.) ormanın hizmet ve fonksiyonlarıyla (erezyon, su rezervi, vb.) odunun sanayide işlenmesinden açığa çıkan ve lifsel olmayan ürünleri (reçine, lignin, vb.) içerir (Deniz, 2013; Deniz, 2014). Hammaddesi ormanlardan olan kağıt insanların yüzyıllardır çeşitli alanlarda çeşitli amaçlar için kullandıkları bir ürün olmuştur.

Günümüzde Dünya da artan nüfusa ve gelişmeye paralel olarak tüketimde artmaktadır. Bilindiği gibi bir ülkede kâğıt tüketiminin artması, o ülke için kültür ve endüstri alanlarında gelişmişliğin göstergesidir. Kağıt yazı yazmada, temizlikte, ambalajda, gazete, kitap ve dergi üretiminde önemli bir rolü vardır.

Kağıt, dayanıksız tüketim malı olduğundan artan nüfus ve gelişmeye karşın kağıt endüstrisinin gelişimini azalan hammadde kaynakları, artan çevre kirliliği ve enerji fiyatları önemli ölçüde etkilemiştir. Bundan dolayı, son yıllarda yapılan çalışmalar hammaddeden en yüksek verimi elde etmeyi, üretim sırasında tüketimi en düşük düzeyde tutmayı, çevre kirliliğini mümkün olduğunca azaltmayı ve kaliteyi iyileştirmeyi amaçlamaktadır (Bostancı, 1987).

## 1.1 Çalışmanın Amacı

Kimyasal yöntem ile kağıt hamuru üretiminde kullanılan kimyasallar, pişirme sıcaklığı ve süresi yongalarda bulunan karbonhidratların degradasyonuna neden olmakta ve diğer kağıt hamuru üretim yöntemlerine göre verimin daha düşük olmasına sebep olmaktadır. Bu yüzden, literatürde bir çok araştırmada farklı ağaç türlerine ait yongalar kullanılarak kağıt hamuru elde edilirken pişirme çözeltisine AQ, PS, NaBH<sub>4</sub> ve NaBO<sub>2</sub> gibi kimyasallar ilave edilerek kimyasal yöntemin en belirgin dezavantajı olan düşük verim kısmen bertaraf edilmeye çalışılmıştır.

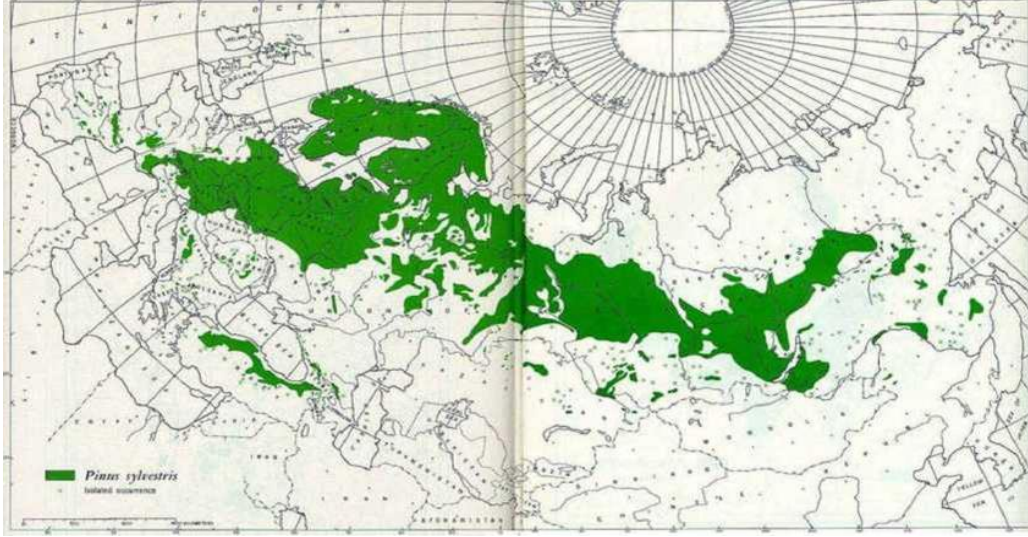
Literatürde NaBH<sub>4</sub> pişirme çözeltisi katkı maddesi olarak farklı ağaç türlerinde kullanılmasına rağmen, dünyada geniş bir yayılış alanına sahip sarıçam ile birlikte kullanılmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca, KBH<sub>4</sub> ve yerli bor bileşiklerimizden Etibor-48, Etidot-67 ve kolemanitin de kimyasal kağıt hamuru üretiminde pişirme çözeltisi katkı maddesi olarak kullanımı ile ilgili bilgimiz dahilinde bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamuru elde edilirken pişirme çözeltisine NaBH<sub>4</sub>, KBH<sub>4</sub>, Etibor-48, Etidot-67 ve kolemanit gibi borlu bileşikler %2 ve %4 oranında ilave edilerek elde edilen kağıt hamuru ve kağıtların özellikleri üzerine borlu bileşik türü ve ilave oranının etkilerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. İlave olarak, literatürdeki bazı çalışmalarda verim artışı sağlayan kimyasalların kağıdın direnç özelliklerinde düşüğe neden olduğu görülmüştür. Bu yüzden, kontrol ve bor bileşiği ilaveli kağıt hamurlarının lif süspansiyonlarına %0,75 oranında (kuru life oranla) katyonik nişasta ilave edilerek elde edilen kağıtların özellikleri üzerine kuru sağlamlık maddesi ilavesinin etkileri belirlenmiştir.

## 1.2 Sarıçam Hakkında Genel Bilgiler

### 1.2.1 Sarıçamın Doğal Yayılışı

Mevcut çam türleri içerisinde en geniş coğrafi yayılışı olan sarıçam, Avrupa ve Asya'da takriben 3700 km eninde ve 14700 km uzunluğunda (37°-70° N ve 7°-137° E) çok geniş bir doğal yayılış alanına sahiptir (Şekil 1). Kuzey sınırı, İskoçya, Norveç, İsveç ve Finlandiya'nın kuzeyinde 70. enlem derecesine kadar olan yerlerde, Sibirya steplerinde Sibirya Melezi ile birlikte iğne yapraklıların orman sınırını teşkil eder. Güney sınırı ise

İspanya'da Pirene Dağları'nın yüksek kesimlerinde, Alpler'de, Karpatlar'da, serpilmiş durumda Yugoslavya ve Bulgaristan'da, Anadolu'da, Kırım ve Kafkaslarda bulunmaktadır (Alemdağ, 1967; Anonim, 1994). Sarıçamın dünyada en güney yayılışı Kayseri-Pınarbaşı mıntıkasında 38°34' kuzey enlemidir (Demirci, 2006).



Şekil 1: Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)' in Dünya'daki doğal yayılış alanı (URL-1, 2014).

Türkiye'de sarıçam, kuzeyde 41°48' N (**Sinop**-Ayancık), güneyde 38°34' N (**Kayseri**-Pınarbaşı) enlem dereceleriyle, doğuda 43°05' E (**Kars**-Kağızman), batıda 28°50' E (**Bursa**-Orhaneli) boylam dereceleri arasında yayılış göstermektedir (Şekil 2). Ülkemizde Kuzey, Kuzeydoğu, Kuzeybatı ve Orta Anadolu sarıçamın esas yayılış bölgeleridir. En yoğun yayılışını Kuzey Anadolu'nun iç mıntıklarında yapar ve bu mıntıklardan İç Anadolu'ya sarkar. Kuzey Anadolu mıntıklarındaki ana yayılışı esas itibariyle deniz ikliminin ulaşamadığı sahil dağlarının iç taraflarında olmakla beraber yalnız Of-Sürmene arasında Çamburnu'nda küçük sahalar halinde denize kadar iner (Alemdağ, 1967; Demirci, 2006).

Sarıçam Karadeniz kıyı mıntikasının rutubetli, doğusunda 2000 m'nin üzerinde yüksek yerlerde ve denize bakmayan taraflarda bulunur. Doğu Anadolu'nun kuzeyinde Sarıkamış, Göle ve Ardahan mıntıklarında ortalama 2300 m yüksekliklerde iğne yapraklı ormanların büyük bir kısmını saf sarıçam ormanları oluşturur. Gümüşhane çevresinde Yazdar ve Diri Dağları'nda 2400 m'de, Erzincan çevresinde Spikör Dağı'nda 2500 m'de bulunur. En yüksek yayılışını Sarıkamış Ziyaret Tepesi'nde 2700 m'de yapar. Orta Anadolu'da dağların daha çok kuzey yamaçlarında 1000 m'den başlayarak ağaç sınırına kadar uzanır.

Güney yamaçlarında ise 1400-1500 m'lerden yukarılarda yer alır. Sarıçam ortalama olarak Türkiye'de 1000-2500 m'ler arasında yer almaktadır (Demirci, 2006).



Şekil 2: Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)'in Türkiye'deki doğal yayılış alanı (URL-2, 2014).

Sarıçam ülkemizde toplam (1.479.647,6 ha) alanda yayılış göstermekte ve bu geniş yayılış alanı ile sarıçam ülkemiz ormanlarının yaklaşık olarak %0,5'lik kısmını oluşturmaktadır. (OGM, 2013). Saf halde ya da diğer ağaç türleriyle karışık olarak böylesine geniş bir yayılışı bulunması ve odunun çok çeşitli kullanım olanaklarına sahip olması sarıçam türünü ülkemiz için çok önemli bir konuma getirmektedir (Alemdağ, 1967).

### 1.2.2 Sarıçamın Botanik Özellikleri

Yetiştirme ortamlarına göre 20-40 metre boylarında narin gövdeli, sivri tepeli ve ince dallı ya da dolgun ve düzgün gövdeli, yayvan tepeli ve kalın dallı bir ağaçtır. Aslında bu son özellikler ağacın yaşlılığı ile oluşur. Bazen de fakir topraklarda ve kayalıklarda, arktik bölgelerde çalı halinde, bodur biçimde bulunmaktadır (Alemdağ, 1967; Anşin, 2001).

Önemli bir anahtar özellik kabuktur. Kabuk genç bireylerde ve yaşlı ağaçların üst kesimlerinde tilki sarısı, kirli sarımsı kırmızı ya da kırmızımsı kahverengi bir renktedir. Gövdenin altlarında ve yaşlı ağaçlarda önceleri sarı olan renk koyulaşmakta ve gri kahverengi, kalın ve çatlaklı bir biçim almaktadır. Genç sürgünler önceleri yeşilimsi sarı, sonraları grimsi sarıdır ve çıplaktır (Anşin, 2001).

Tomurcuklar uzun yumurta biçiminde, 6-12 mm uzunluğunda, kırmızı kahverengi ve az

çok sivri veya küt uçlu, genellikle reçinesizdir. Ancak kurak yetişme yerlerinde tomurcuğun korunması amacıyla reçine ile örtülüdür. İğne yaprakların boyları yetişme yerlerine göre 3-8 cm'dir. Kısa sürgünlerde ikişer adet, sert, mavimsi yeşil renkte, uçları sivri batıcı ve kenarları ince dişlidir. Ortalarından dikkati çekecek şekilde kıvrıktır. Reçine kanalları marjinaldir (Anşin, 2001).

Erkek çiçekler son senenin uzun sürgünlerinin diplerinde yer almakta, kükürt sarısı rengindedir. Polenlerini mayısta döker. Dişi çiçekler de erkek çiçeklerle aynı zamanda belirir ve sürgünlerin uçlarına doğru çevresel olarak dizilmiş yan tomurcuklardan oluşmaktadır. Teker teker bulunabildiği gibi, bazen de 2-3 adedi bir arada bulunurlar (Anşin, 2001).

Çiçek evresinde pembe, sonra yeşilimsi, olgun evrede ise mat koyu sarı olan kozalaklar saplıdır, aşağıya sarkarlar. Kozalaklar 3-6 cm uzunluğunda, dip tarafı çarpık, rengi ise boz mat ya da koyu sarıdır. Tohum küçük 3-4 mm, kanat kendisinden 3-4 kat daha uzundur (Anşin, 2001).

### **1.2.3 Sarıçamın Ekolojik Özellikleri**

Sarıçam, Avrupa ve Asya kıtalarında 14.700 km boyunca çok geniş bir şerit üzerinde yayılmaktadır. Yayılış alanlarında ekolojik özelliklerinin çeşitliliği, sarıçamın çok farklı ortamlarda yaşayabildiğini göstermektedir. Bir taraftan polar iklim kuşağına yaklaşırken, diğer taraftan subtropik iklim kuşağı içinde yayılış göstermektedir. Sarıçama, denizden yükseltisi 0-2.700 m arasında olan çeşitli yükselti kademelerinde rastlanır. Genellikle dağlık bölgelerde yayılmakta ise de, yüksek ovalarda ve dar vadi tabanlarında da görülür. Sarıçam ormanları genellikle kuzey bakılı yamaçları tercih etmektedir ve çok eğimli (%18-36) ve orta eğimli (%10-17) yamaçlarda daha fazla bulunmaktadır (Anonim, 1994).

Sarıçamın yetiştiği yerlerde 2-9 aylık vejetasyon süresi olduğu, yıllık ortalama sıcaklığın 4-10 °C arasında bulunduğu; +40 °C ile -60 °C gibi ekstrem sıcaklıklara karşı duyarlı olmadığı ve ilkbahar donlarından etkilenmediği belirtilmektedir. Yine bu yayılış alanlarında yıllık yağış 400-600 mm ve kurak devre ise Temmuz ve Ağustos aylarında bulunmaktadır. Buradan da anlaşılacağı gibi sarıçam kuraklığa dayanıklı olup fazla yağış istememektedir. Sarıçam ormanlarında şiddetli rüzgarlar nedeniyle devrilme ve kırılma

gibi zararlar görülebilmektedir (Anonim, 1994).

Sarıçam tipik bir ışık ağacıdır ve ışık isteği yetiştirme ortamının fakirleşmesi oranında artar. Ancak toprak isteği bakımından kanaatkârdır. Çünkü sarıçam, bu geniş yayılışında çeşitli toprak ve ana kayaların üzerinde bulunmaktadır. Gevşek, derin ve nemli kum toprakları bu türün isteklerine çok uyar. Büyümesi yavaşlamakla birlikte kuru kum ve çakıl topraklarında ve ıslak turbalıklarda bile gelişebilir. Değişken nemli topraklara, özellikle su taşmalarına karşı duyarlıdır (Çepel vd., 1977; Demirci, 2006).

Sarıçamın yetiştirme ortamlarında görülen toprak tipleri çeşitli olup, kireçli ve kireçsiz kahverengi (esmer) orman toprakları, regosoller, vertisoller, rankerler, rendzinalar, alüvyal topraklar ile flišler bunlara örnek olarak söylenebilir. Bununla birlikte Türkiye'deki sarıçam ormanlarının genel yayılışını kapsayacak şekilde yapılan bir çalışmada, %54'lük bir oranla en yaygın tekstürün kumlu killi balçık olduğu, geriye kalan %16'sının kumlu balçık, %14'ünün killi balçık, %13'ünün kil ve %3'ünün ise balçık tekstüründeki topraklar olduğu görülmüştür (Çepel vd., 1977).

### **1.2.5 Sarıçam Odunun Anatomik Özellikleri**

Yetiştirme muhiti odunun özellikleri üzerine önemli derecede etkilidir. Yüksek rakımlarda yıllık halkalar dar, deniz seviyesine yakın yerlerde ise geniştir. Dağlık bölgelerde yetişen üstün özellikli odunlarda koyu renkli bir özodunu vardır. Alçak yerlerde yetişen üstün özellikli odunlarda da koyu renkli özodunu oluşur. Kötü yetiştirme koşullarında ise özodunu oluşmaz. Boyuna reçine kanalları enine, radyal ve teğet kesit düzlemlerinde çıplak gözle rahatlıkla görülür. İlkbahar odunu traheidlerinin radyal çeperlerindeki kenarlı geçitler çoğunlukla üniseridir. Yaz odunu traheidlerinin teğet çeperlerinde de nadiren küçük çaplı kenarlı geçitlere rastlanabilir. Özışınları üniseri ve heterojendir. Özışını paranşim hücrelerinin horizontal çeperleri bazen ince ve geçitsiz, bazen kalın ve geçitlidir. Enine traheidler marjinal ve ara durumludur ve çeperleri belirgin testere dişi gibi kalınlaşma içerir. Enine traheidler bol miktarda küçük kenarlı geçitlidir. Boyuna traheidlerle özışını paranşim hücrelerinin karşılaşma yerlerinde pencere şeklinde geçitler vardır. Reçine kanalları normal boyuna ve enine kanallardır. Boyuna kanallar genellikle yaz odunu zonunda yer alır (Merev, 2003).



### 1.2.6 Sarıçam Odunun Teknolojik Özellikleri

Sarıçam odunun, ortalama olarak, tam kuru özgül ağırlık değeri  $0,487 \text{ gr/cm}^3$  ve hacim ağırlık değeri ise  $437 \text{ kg/m}^3$  tür. Yaşayan ağaçlarda mevcut olan odun rutubeti ağaç türü, ağacın yaşı, yetiştirme muhiti şartları ve mevsimlerle ilgili olarak değişik bulunmakla birlikte aynı ağacın diri odun ve özodunu kısımlarında da farklılıklar göstermektedir. Dikili haldeki sarıçam ağaçlarının odun rutubet miktarları diri odunda %130, özodununda ise % 50 oranındadır (Bozkurt, 1982). Odunsu hücre çeperi, tam kuru hal olan % 0 ile lif doygunluğu rutubet derecesi olan ortalama %30 rutubet miktarları arasında bünyesine su alarak hacmini genişletmekte ve aynı şekilde su kaybederek hacmini daraltmaktadır. Bu değişim miktarları odunun her yönünde aynı değildir. En büyük değişim yıllık halkalara teğet yönde meydana gelmektedir. Sarıçam odununun daralma miktarı; lif yönünde % 0,3, çap yönünde % 4,3, teğet yönde % 8,3 ve hacmen % 12,7 oranındadır. Sarıçam odunun ortalama yarıлма direnci radyal yönde  $9,1 \text{ kgf/cm}^2$  ve yıllık halkalara teğet yönde ise  $9,5 \text{ kgf/cm}^2$  miktarındadır (Anonim, 1994). Bunun yanında, sarıçam odunun ortalama basınç ve eğilme direnci değerleri sırasıyla;  $55,94 \text{ N/mm}$  ve  $104,21 \text{ N/mm}$  ' dir (Keskin vd., 2003).

### 1.2.7 Sarıçam Odununun Kullanım Yerleri

Sarıçam iyi kaliteli gövdeler oluşturması ve kolay işlenebilir odunun oldukça geniş bir kullanım alanı olması açısından ekonomik olarak ülkemiz için oldukça önemli bir ağaç türüdür. Mantarlara karşı dayanımı diğer ağaç türlerine göre üstünlük gösteren sarıçam odununu, eğilme ve basınç dirençlerinin oldukça yüksek, haber verme özelliğinin iyi ve geniş bir özodununa sahip olması nedenleriyle; elektrik, telefon ve maden direği, çit ve iskele kazığı yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca hafifliği ve iyi çivi tutması gibi özellikleri nedeniyle inşaat iskelesi olarak da sarıçam odunundan yararlanılmaktadır (Bozkurt, 1971; Anonim, 1994).

Bunların yanında sarıçam odunu doğal dayanma süresinin uzun oluşu nedeniyle travers, ısı iletkenliğinin kötü ve çivi tutma yeteneğinin yüksek olması nedeniyle inşaat yapımında döşeme amacıyla, köprü inşaatı, deniz araçları yapımı, ambalaj sanayi, mobilya ve tarım lif levha, yonga levha ve kontrplak gibi değişik alanlarda kullanılmaktadır (Bozkurt, 1971; Anonim, 1994).

Sarıçam odununun selüloz verimi % 42 civarındadır. Ek olarak destilasyon yoluyla elde edilen katran ve petrol, gemicilikte, tıpta ve emprenye işleri gibi alanlarda kullanılmaktadır. Ortalama olarak % 13,5 oranında sepi maddesi içeren sarıçam kabuğu ise dericilikte ve yakacak amacıyla kullanılmaktadır (Anonim, 1994).

### 1.3 Kağıdın Tanımı Ve Tarihçesi

Kağıt, bitkisel liflerin özel aletlerde dövülmesi sonucu liflerin keçeleşmesi, saçaklanması, su emerek şişmesi ve mekanik etkiler sonucu kesilmesinden sonra süzgeç üzerinde oluşturulan safihanın daha sonra kurutulmasıyla hidrojen bağlarının oluşumu sonucu belirli bir sağlamlık kazanan düzgün safihadır (Eroğlu ve Usta, 2004).

Günlük yaşantımızda kağıt çok önemli bir yer tutmaktadır. Okuduğumuz gazete ve dergiler, yazdığımız mektuplar, okullarda kullanılan defter ve kitaplar, satın aldığımız tüketim mallarının ambalajı, çocuk bezleri, kağıt mendiller ve diğer temizlik kağıtları, kullandığımız para vs. hep kağıttan yapılmıştır (Eroğlu ve Usta 2004).

Kağıt	10-150 g/m <sup>2</sup>
Karton	150-400 g/m <sup>2</sup>
Mukavva	400-1200 g/m <sup>2</sup>

Uluslararası istatistiklerde ise kağıt ve kartonlar kullanma amaçlarına göre iki ana gruba ayrılır. Bunlar;

1. Kültürel kağıt ve kartonlar
2. Endüstriyel kağıt ve kartonlar

Gazete, dergi, kitap, yazı kağıdı gibi kültürel kağıt ve kartonlar yazı ve baskıya uygun olmalıdır. Endüstriyel kağıtlar ise ambalaj, kutu imali, temizlik kağıtları, fotoğraf kağıdı, elektriksel izolasyon kağıtları vs. gibi ticari yaşamda kullanılan kağıt ve kartonlardır (Eroğlu ve Usta, 2004).

İlk insanlar mağara duvarlarına ve taşlar üzerine resimler çizmişlerdir. Daha sonraları ise yumuşak taşlar, kil tabletleri, hayvan kemikleri, odun parçaları, ağaç kabukları, metal levhalar ve hayvan derileri üzerine yazı yazma yoluna gitmişlerdir (Eroğlu ve Usta, 2004).

Kağıda benzeyen eşek arısı yuvaları bazı araştışıcılar tarafından ilk odun lifi kağıdı ve eşek arıları ise ilk kağıt yapıcıları olarak kabul edilmektedir. Eşek arıları tabiatta aşınmış, eskimiş odun veya çubukları çiğneyerek mekanik odun hamuruna benzer bir hamur üretmektedir (Eroğlu ve Usta, 2004).

Antik Mısırlılar tarafından 5500 yıl önce papirüs saplarından elde edilen kağıtlar kağıt yapım tarihinin ilk kayıtlarındandır. Papirüs (*Cyperus papyrus*) *Cyperaceae* familyasına ait olan ve genellikle nehir kenarlarında yetişen bir bitkidir. Kağıdın atası ve birçok dilde ona adını veren papirüstür (Eroğlu ve Usta, 2004).

Parşömen kağıdı; Koyun, keçi, dana, eşek vs. derileri önce iyice tüylerinden ve etlerinden temizlenir, gerilir, süngerlenir ve daha sonra nişasta ile yapıştırılır. Böylece, deri yazı yazılır hale gelir (Aribert, 1954).

Çin imparatorluk nazırlarından Tsai Lun M.S. 105 yılında Kanyon'un kuzeyinde küçük bir yer olan "Lel Yank"da askeri imalathanelerin tesislerinden yararlanarak kağıdı bulmuştur. Tsai Lun kağıt yapımı için ağaç kabuklarını, kendir liflerini ve bambu gövdelerini kullanmıştır. Her ne kadar kağıdın icadı asırlardan beri Tsai Lun'a ithaf edilmiş ise de 20. yüzyılda ve en son olarak da 1978'de Türkistan'da yapılan arkeolojik kazılar kağıt ve karton öncüsü olan benzeri maddelerin M.Ö. 3. yüzyıla kadar gitmekte olduğunu göstermiştir. Bu kağıtlar da rami ve keten lifleri kullanılmıştır (Eroğlu ve Usta 2004).

#### **1.4 Kağıt Üretiminde Kullanılan Lifsel Maddeler Ve Kağıdın Özellikleri**

Bitkisel kaynaklı hammaddelerden elde edilen kağıt hamuru, bitkide desteklik görevi yapan; boyları enlerine göre bir hayli büyük olan, içi boş, uçları kapalı ve anatomik açıdan farklı isimler alabilen lif yapısındaki hücrelerin karışımından başka bir şey değildir. Kağıt hamuru yapımında "otsu yapıdaki" yıllık bitkilerde kullanılmakla birlikte, dünyada üretilen kağıt hamurunun %90'dan fazlası odundan elde edilmektedir (Kırcı, 2003).

Dünya üzerinde 150.000 adet bitki türünün bulunduğu tahmin edilmekte olup, bunun yaklaşık 20.000'i odunsu bitkilerdir. Lif kaynağı olarak kullanılan her bir odun türü aslında farklı niteliklerde hamur vermekle birlikte, kağıt hamuru üretiminde kullanılan odunları iki

ana grup altında değerlendirmek geleneksel hale gelmiştir:

- 1.İğne yapraklı ağaç odunları (konifer odunları=yumuşak odunlar)
- 2.Yapraklı ağaç odunları (Angiospermae=sert odunlar)

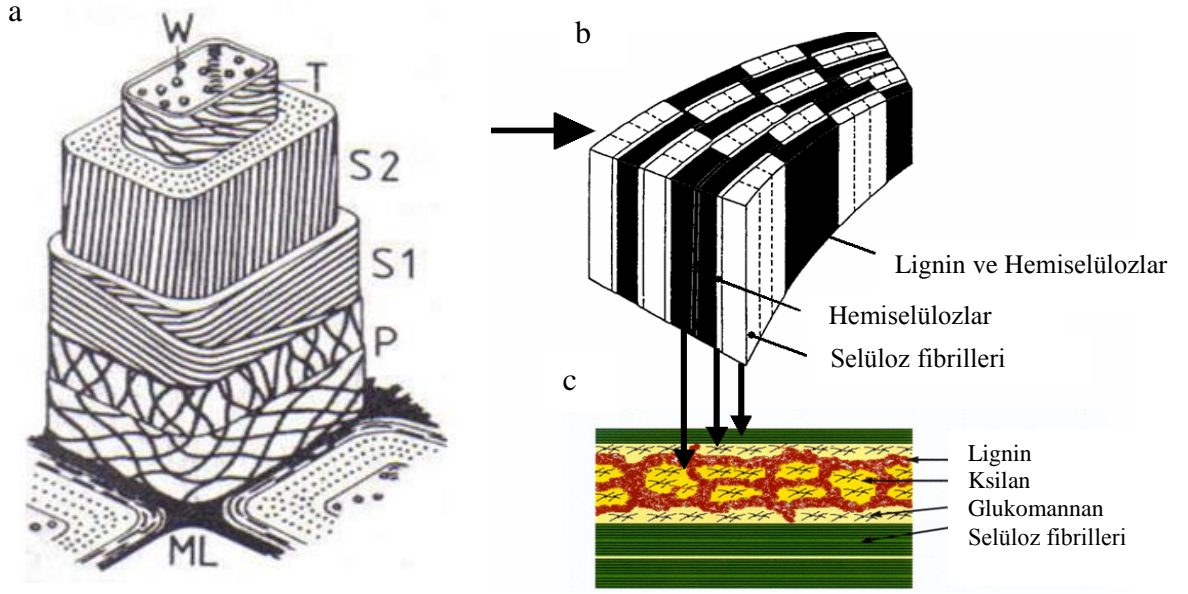
Kağıt hamuru üretimi için en elverişli olan ve en çok kullanılan hammadde 3-5 mm uzunluğunda ve 30-50 mikron genişliğinde lifsel hücreler içeren iğne yapraklı ağaç odunlarıdır. Son zamanlarda iğne yapraklı ağaç türlerinin aşırı tüketilmesi nedeniyle yapraklı ağaç türlerinin kağıt endüstrisinde kullanımı artış kaydetmiş olmakla birlikte aşağıdaki faktörler yapraklı ağaç türü odunlarının kullanımını sınırlandırmaktadır (Rydholm 1965).

1. Kısa liflere sahip olması nedeniyle sağlamlık özellikleri düşük kağıtlar vermesi,
2. Daha yoğun oduna sahip olmaları nedeniyle yongalara çözeltinin nüfuzunun (penetrasyonu) zor olması, dolayısıyla pişirmede güçlük yaşanması,
3. Fabrikalara ormandan gelen yapraklı ağaç türleri genellikle karışıktır ve sınıflandırmadan kullanıldığında homojen olmayan pişmeye neden olması,
4. Odun ağır olduğundan su ile nakliye ve rutubetlendirme havuzu içinde dibe batmaya meyyleder. Bu nedenle yüzdürerek taşınmasının mümkün olmaması,
5. İçerdiği birtakım ekstraktifler pişirme sırasında problem çıkartır.

#### **1.4.1 Lif Anatomisi**

İğne yapraklı ağaçlarda traheidler lif olarak adlandırılır. İskandinav ağaç türlerine ait lifler 0,5-6 mm uzunluğunda, 20-30 µm genişliğinde, ince çepelidir (0,5-1 µm) ve geniş lümenlidir. Hücre çeperi odun liflerinde farklı kimyasal bileşene sahip, kalınlığı ağaç türüne göre değişmekte olup, birkaç tabakadan oluşur (Şekil 3). Amorf orta lamel (ML) lifler arasında yer alır ve bir ağ biçiminde lifleri bir arada tutar. Bu tabaka lignin ve pektince zengin olup, kalınlığı yaklaşık 0,2-1 µm'dir. Primer çeper (P), ML'nin iç kısmında, yönlenmiş, lignin, selüloz ve hemiselülozlardan oluşur. Primer çeperde mikrofibrillerin yönlenmesi çok yönlü ve düzensiz ağ formundadır. Primer çeperin iç kısmında bulunan sekonder çeper S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> ve S<sub>3</sub> olmak üzere üç tabakadan oluşmakta olup, S<sub>2</sub> tabakası hücre çeper materyalinin %40-90'nını oluşturmaktadır (Sjöström, 1993). S<sub>1</sub> ve S<sub>3</sub> tabakaları geniş fibril açısına sahip iken, S<sub>2</sub> tabakası küçük fibril açısına sahiptir. Bu nedenle, S<sub>2</sub> tabakası liflerin kimyasal ve fiziksel özellikleri üzerine önemli bir etkiye

sahiptir.



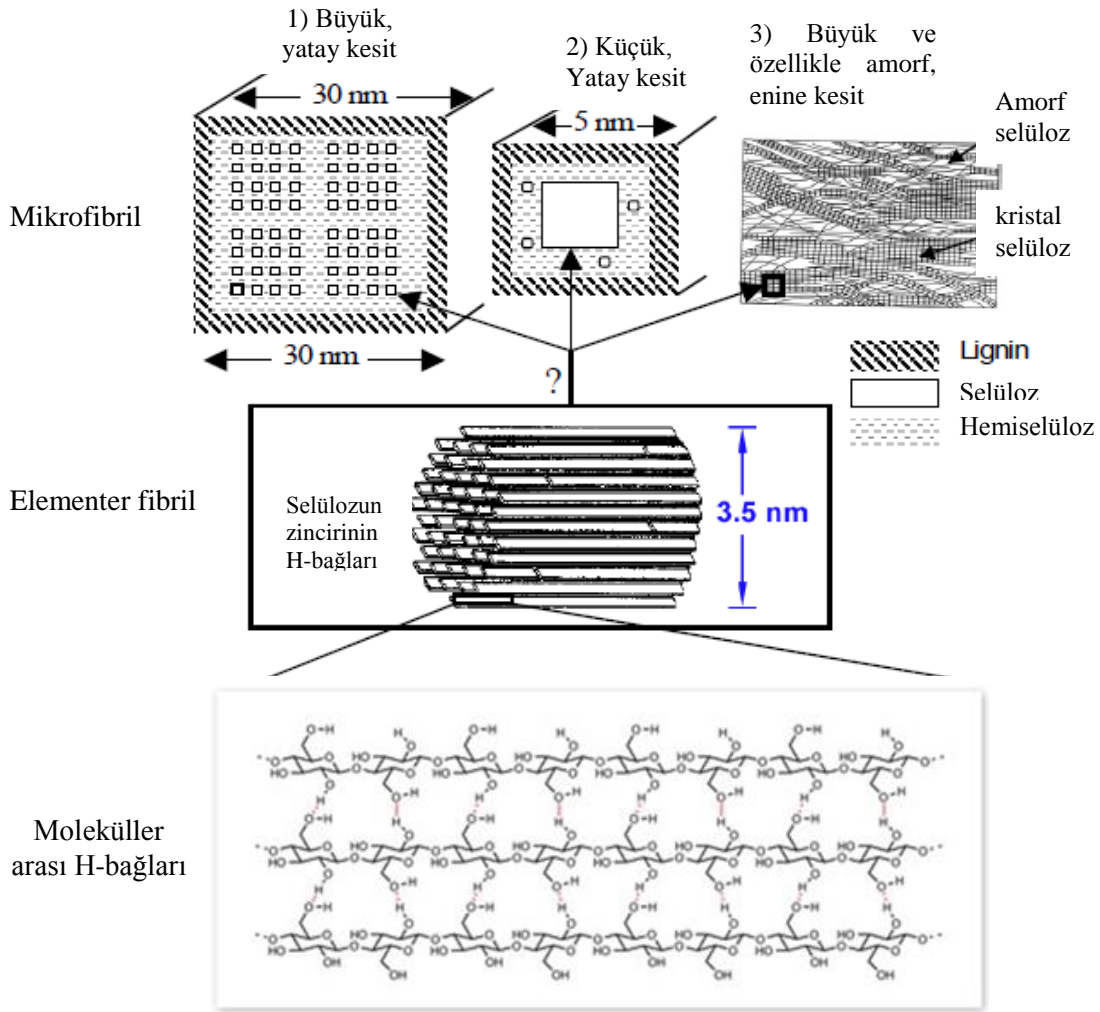
Şekil 3: Odun liflerinin şematik gösterimi (a: Deniz, 2013 ). a ve b selüloz, hemiselüloz ve lignin etkileşiminin bileşenlerinin detaylı gösterimi. (b: Kerr ve Goring, 1975; c: Salmèn ve Olsson, 1998).

Odun lifi heterojen bir materyaldir. Ağaçta, genç odun (ağacın ilk 20 yılı) olgun oduna kıyasla genellikle kısa lifli ve hücre çeper kalınlığı daha azdır. Belirli bir yaşta, gövdenin özünde su taşınması azalır ve öz odunu oluşur. Su taşınması daha çok gövdenin dış kısmına yoğunlaşır ve kullanmak için yeni hücreler (diri odun) üretilir. Bununla birlikte, genç ve olgun odunun lif boyutlarında bazı farklılıklar vardır. İki odun dokusu arasındaki en önemli fark diri odunun öz oduna kıyasla yaklaşık iki kat rutubet tutma kapasitesine sahip olmasıdır (Tyrväinen, 1995).

Ağaçta besin taşınması oldukça fazla olduğu için ağaçlar ilkbaharda geniş lümenli ve dar çeperli ilkbahar odunu liflerini oluştururlar. Yaz aylarında, ağaçlar mekanik dirençli liflere ihtiyaç duyar ve daha geniş hücre çeperli ve daha uzun lif uzunluğuna sahip yaz odunu liflerini oluştururlar. Yaz odunu lif oranını ve lif boyutu toprak profili, deniz seviyesinden yüksekliği, bölgesel iklim vb. etmenlerden etkilenmektedir. Ayrıca, basınç odunu ve budak sonucu oluşan stres de odunun yapısını etkiler.

### 1.4.2 Selüloz

Selüloz  $\beta$ -(1,4) glikozidik bağları ile birbirine bağlı D-glukoz monosakkaridlerden oluşan doğrusal bir homopolisakkarittir (Şekil 4). Düzenli yapısı, OH-gruplarının büyük miktarı ve selüloz molekülünün yüksek polimerizasyon derecesi (<10000) hidrojen bağları oluşturmak için moleküllere kolaylık sağlar ve böylece kristal bir yapı oluşur. Hidrojen bağları molekül içi ve moleküller arası olmak üzere iki türdür. Molekül içi hidrojen bağları selüloz zincirlerinin kristalliğine ve sertliğine katkıda bulunurken, moleküller arası hidrojen bağları ise zincirler arası kohezyonu sağlar. Yaklaşık 3,5 nm çapa sahip ve 25-100 selüloz molekülü elementer fibril olarak adlandırılır (Frey-Wyssling ve Mühlethaler, 1963). Ancak elementer fibrillerin daha büyük bir fibril içinde düzenlenmesi yaygın olarak tartışılmaktadır. Bu konudaki üç öneri Şekil 4'de gösterilmiştir. Fengel (1970), mikrofibriller, hemiselülozlarla çevrili birçok elementer fibrillerinden oluşmaktadır. Hemiselülozlar ve lignin ile çevrili sadece bir elementer fibril mikrofibrillerin küçük versiyonlarını oluşturmaktadır. Bu fibriller yüksek derecede kristaldir. Ancak hücre çeperinde kristal olmayan selüloz önemli miktarda bulunmaktadır. Kristallik belirlemek için liflerin tipine ve metoduna bağlı olarak kristal olmayan selülozun miktarı yaklaşık %15-50'dir. Hem kristal selülozun hem de kristal olmayan selülozun büyüklükleri yaklaşık 10-30 nm fibrillerdir (Duchesne vd., 2001, Duchesne ve Daniel, 2000). Oysa küçük fibriller yaklaşık 4-5 nm'dir (Duchesne vd., 2001). Şekil 3 ve Şekil 4 sadece teorik modeller olup, selüloz ve hemiselüloz-lignin matrisi arasındaki bağlantı doğrulanmamıştır.



Şekil 4: Selülozun yapısı ve selüloz fibrillerinin modeli (Sjöström, 1993; Fengel, 1970; Mark, 1940, URL-8, 2014).

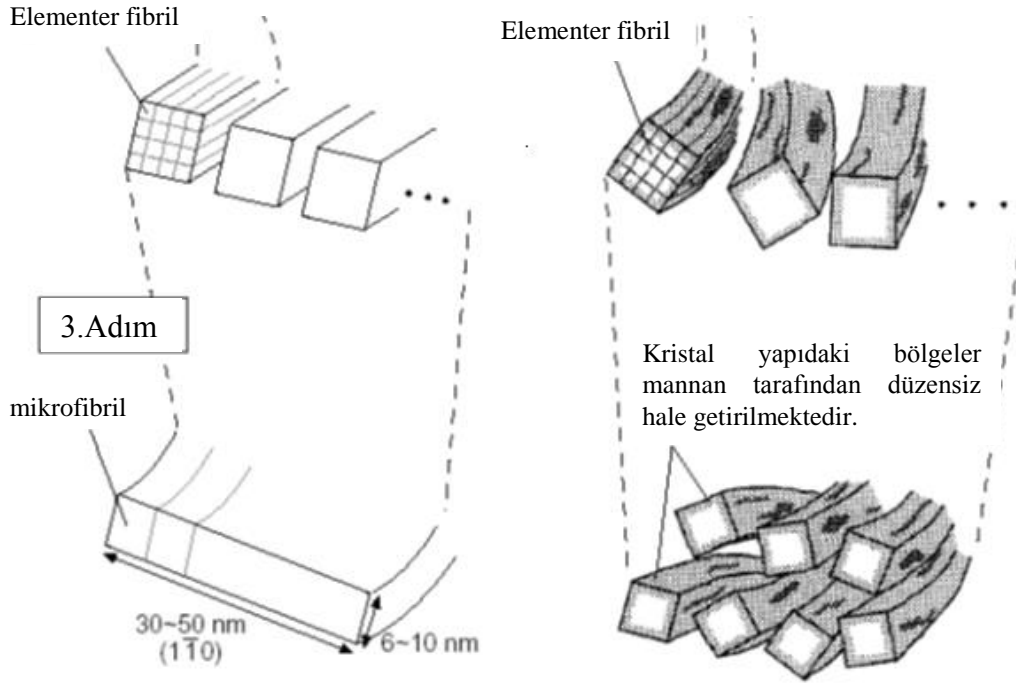
### 1.4.3 Hemiselülozlar

Hemiselülozlar, heksozlar (D-glukoz, D-mannoz ve D-glaktoz), pentozlar (D-ksiloz, L-arabinoz ve D-arabinoz), üronik asitler (4-O-metil-D-glukoronik asit, D-galakturonik asit ve D-glukoronik asit) ve asetil gruplarından oluşan polisakkaritlerdir. İğne yapraklı ağaçlarda başlıca hemiselülozlar asetil galaktoglukomannan ve arabino-4-O-metilglukoronoksilandır. İğne yapraklı ağaçlardaki iki ana hemiselüloz Şekil 5'de gösterilmiştir. Hemiselülozlar amorf olduğu için selülozdan farklıdır ve selüloza kıyasla çok düşük polimerizasyon derecesine (<200) sahiptir (Tokoh vd., 1998).





kümelenmesine engel olduğunu göstermektedir. Ayrıca, hemiselüloz ve lignin matrisinin selüloz fibrillerini çevrelediği varsayılmaktadır.



Şekil 6: Mannan nevcudiyetinde mikrofibril kümelenmesinin şeması. Mannan ilavesi olmadan bakteriyel selüloz büyümesi (solda), mannan ilaveli bakteriyel selülozun büyümesi (sağda) (Tokoh vd. 1998).

#### 1.4.4 Lignin

İğne yapraklı ağaç odununun lignini, koniferil alkolün radikal polimerizasyonu ile oluşan çapraz bağlı bir polimeridir. Bu yapı üç boyutlu, heterojen, hidrofobik olup, monomerik koniferil alkol çok sayıda C-C ve C-O bağları ile birbirine bağlanmıştır. Lignin miktarı orta lamelden lümene doğru gidildikçe azalır. Ancak ligninin önemli bir kısmı hücre çeperindeki hâkim tabaka olan S<sub>2</sub> tabakasında bulunur. Orta lameldeki ligninin S<sub>2</sub> tabakasındakine kıyasla daha fazla çapraz bağlı, daha az fenolik lignine sahip olup, daha fazla eterleşmiş (Sorvari vd., 1986; Chen vd., 1997).

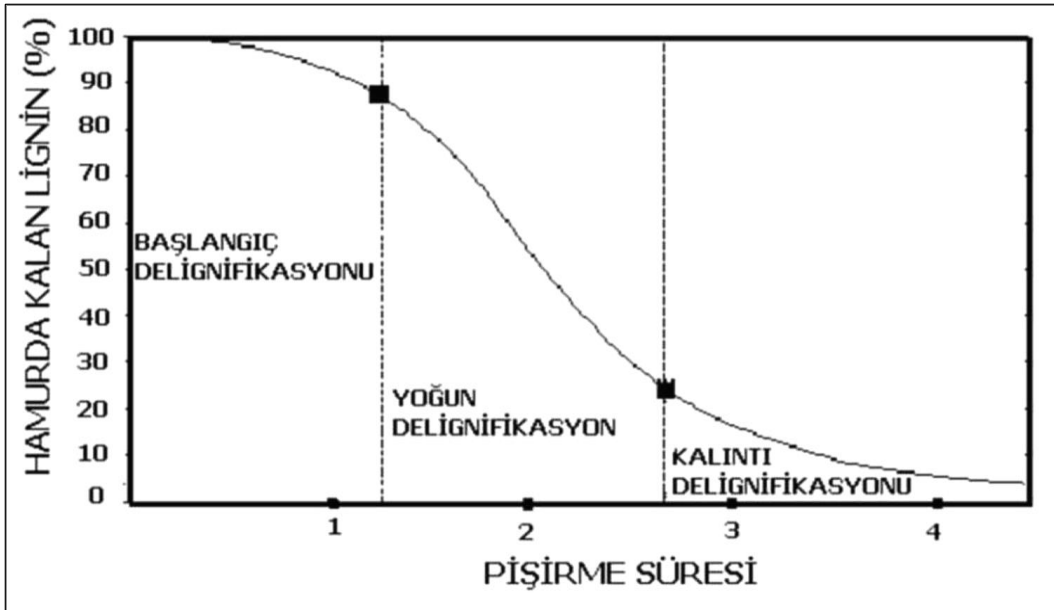
Hemiselülozların aksine, lignin selüloz kompozit oluşumunda doğrudan rol almaz (Iwata,1998). Buna karşın, ligninin hücre çeperindeki selüloz-hemiselüloz-lignin matrisinin oluşması için gerekli olduğu düşünülmektedir (Vaaler, 2008).

### 1.4.5 Kraft Kağıt Hamuru Üretimi

Kimyasal hamur üretiminde amaç odundaki lifleri bir arada tutan ve çoğunlukla ligninden oluşan orta lameli kimyasal yolla çözerek (delignifikasyon=lignin giderme) lifleri bireysel hale getirmektir. Bu işlem sırasında hücre çeperi içerisindeki lignin ve hemiselülozların büyük bir kısmı da çözüldüğünden bireysel hale geçen liflerin esnekliği de artar. Lifleri serbest hale getirmek için mekanik enerji kullanılmadığından, lifler üzerinde mekanik hasar bulunmaz. Dolayısıyla, mekanik ve yarı kimyasal hamurlara göre, kimyasal hamurdan yapılan kağıtlar daha sağlam lifler arası bağ yapar ve kağıdın direnç özellikleri yüksek olur (Kırcı, 2003).

Kraft yöntemine sülfat yöntemi de denilmektedir. Sülfat denmesinin sebebi de pişirme çözeltisinin geri kazanılması esnasında sodyum sülfatın, sodyum sülfüre indirgenmesindedir. (Casey, 1980).

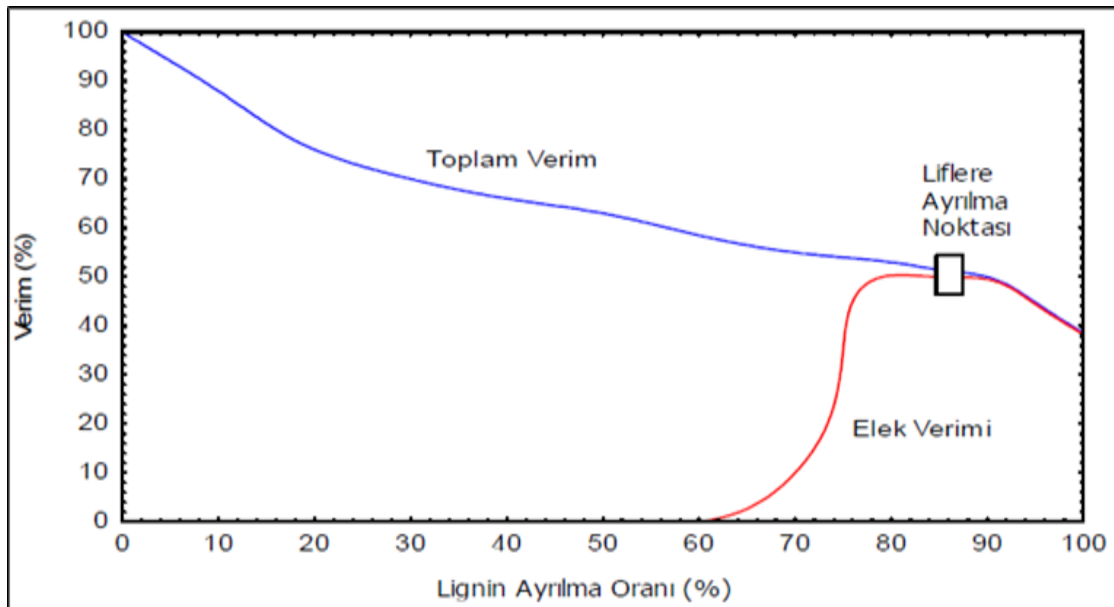
Kraft yönteminde kullanılan kimyasallar sodyum sülfür ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) ve sodyum hidroksit ( $\text{NaOH}$ )'tir. Sülfür, ligninin uzaklaştırılmasını kolaylaştırmaktadır. Böylece, yongalar soda yönteminkinden daha kısa bir süre sıcak alkaliye maruz kalırlar. Odundan kağıt hamuru elde etmek için sülfürlerin kullanımı ile ilgili ilk patent ise 1870-1871 yılında A.B.D.'de Eaton tarafından alınmıştır (Kocurek, 1989).



Şekil 7: Odun yongalarının delignifikasyonunda farklı evreler (Kırcı 2003).

Bir odun yongasında, orta lamelden ligninin uzaklaşmasına bağlı olarak liflerin serbest hale gelmesi dış taraftan içe doğru devam eder. Bu nedenle, yongaların çözeltiye temasta olan dış kısımları daha erken liflere ayrılırken; yonganın merkezine doğru gidildikçe lignin moleküllerinin pişirme çözeltisi içerisine doğru taşınmasının (kütle transferi) zorlaşması nedeniyle delignifikasyon yavaşlamaya başlar (Şekil 7). Sonuçta pişirme tamamlandığında, özellikle kalın yongaların merkezinde pişerek hamura dönüşmemiş odun kıymıkları kalabilir. Bu kısımlar hamurun elenmesi sırasında hamur içerisinden ayrılabilir ve elek artığı olarak adlandırılır (Kırcı, 2003).

Eleme kademesinde kabul gören ve kağıt yapımına uygun hamur kısmına elenmiş hamur denilmektedir. Elenmiş hamur verimi toplam verimden elek artığı oranının çıkarılması ile de hesaplanabilir. Elenmiş hamur verimi Şekil 8’de gösterildiği gibi lignin uzaklaşmasına bağlı olarak hızlı bir artış gösterir. Delignifikasyon (lignin ayrılma) oranı %80’e ulaştığında yongaların büyük bir kısmı dağılmaya başlar. İşte orta lameldeki ligninin hemen hemen çözüldüğü ve odun yapısından liflerin mekanik bir liflendirme hareketine maruz kalmaksızın kendiliğinden bireysel lif hale geçtiği bu kritik noktaya liflere ayrılma noktası denilir (Kırcı, 2003)



Şekil 8: Ligninin uzaklaştırılma derecesine bağlı olarak toplam ve elenmiş verim oranındaki değişim (Kırcı 2003).

Piştirme işleminin uzatılmasıyla hücre çeperinden daha fazla lignini uzaklaştırmak mümkündür. Ancak, pişirmede kullanılan kimyasallar bir süre sonra karbonhidrat kısmını da (selüloz, hemiselülozlar) bozundurmaya başlar. Selüloz molekülleri üzerine olan kimyasal ataklar sonucu molekül zinciri kopmaya ve tahrip olmaya başlar. Bu yüzden hamurun sağlamlık özelliklerini muhafaza etmek için çok uzun süreli pişirmeler yapılmaz (Kırcı 2003).

Bu yöntemin avantajları şunlardır: (Eroğlu, 1986; Bostancı, 1987)

1. Her cins oduna kolaylıkla uygulanabilmektedir.
2. Piştirme süresi kısadır.
3. Üretilen hamurlar yüksek parlaklık derecelerine kadar ağartılabilmektedir.
4. Reçinelerden ileri gelen problemler yoktur.
5. Kullanılan çözeltilerin geri kazanılması kolaydır.
6. Sülfat yönteminde kimyasal maddelerin geri kazanılması ve yakılan organik maddelerden enerji elde edilmesi etkili bir şekilde yapılabilmektedir. Böylece su kirlenmesi sorunu minimum düzeyde kalmaktadır.

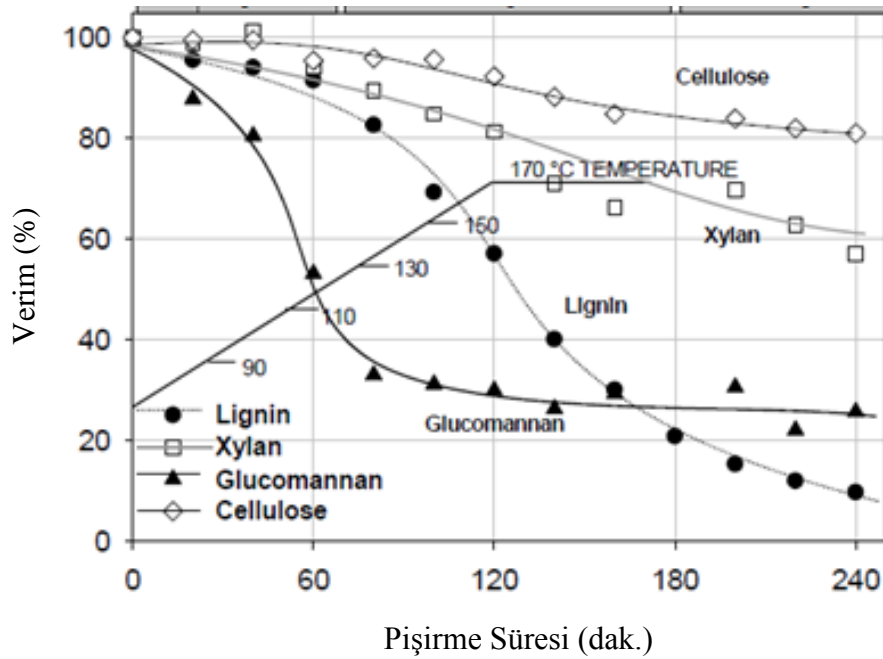
Bunların yanında; kuruluş maliyetlerinin nispeten yüksek oluşu, kötü koku problemleri, hamurun renginin koyu olması ve dövme kabiliyetlerinin düşük olması gibi birtakım dezavantajları da mevcuttur (Eroğlu, 1980; Benseid, 1975; Gullichsen ve Fogelbolm, 2000).

### **1.5 Kağıt Hamuru Üretiminde Verim Kaybına Neden Olan Reaksiyonlar**

Kimyasal hamur üretiminde temel amaç odun ve yıllık bitkilerdeki lifleri bir arada tutan ve çoğunlukla ligninden oluşan orta lameli kimyasal yolla çözerek (delignifikasyon = lignin giderme) lifleri bireysel hale getirmektir. Ancak sülfat piştirme çözeltisi ile karbonhidrat kısmından kayıp vermeden kağıt hamuru üretmek mümkün değildir. Özellikle düşük molekül ağırlığına sahip alkaliye dayanıksız hemiselüloz reaksiyonları pişirmenin henüz başlarında piştirme çözeltisine geçer (Kırcı, 2003). Kraft kağıt hamuru üretim prosesinde en reaktif kimyasallar yüksek sıcaklıkta ve basınçta hidroksit iyonları ve hidrojen sülfid iyonlarıdır. Ne yazık ki bu kimyasallar lignin için seçici değildirler ve hemiselülozların büyük miktarı güçlü alkali ortamda çözülür (Kleppe, 1970).

Hemiselülozların büyük bir kısmı delignifikasyon reaksiyonları başlamadan önce odun yongasından uzaklaşır. Galaktoglukomannan en erken çözülmeye başlayan hemiselülozlardandır. Sıcaklık 130 °C'a ulaştığında glukomannanın önemli bir kısmı çözeltiliye geçerken çok az bir kısmı kararlı hale gelerek hamur içerisinde kalır (Kırcı, 2003).

Ksilan türü hemiselülozların 140 °C'ın altında çözünmesi yavaştır. Sıcaklık ve alkali konsantrasyonu artırıldıkça ksilanların çözülmesi hızlanır. Çünkü ksilanlar parçalanmamış polimer zinciri olarak ayrılmaya eğilimlidir. Pişirme sıcaklığının artışı ve alkali konsantrasyonunun düşmeye başlamasıyla ksilan ayrılması yavaşlar. Pişirmenin ileri evrelerinde (pH'nın 12,5'in altına düşmesi) çözeltili fazına geçen ksilanların tekrar lif üzerine çökmesi (reabsorpsiyon reaksiyonu) meydana gelir. Çökelen ksilanların %20'sinin alkalide tekrar çözünmediği tespit edilmiştir (Fengel ve Wegener, 1989).



Şekil 9: Kraft kağıt üretimi esnasında odun bileşenlerinin verimi (Aurell ve Hartler, 1965).

Selüloz alkali atağına karşı en dayanıklı polimer olmasına karşın kraft pişirmesi sırasında odundaki selülozun yaklaşık olarak %5'i çözünüp pişirme çözeltilisine geçmektedir. Selülozun parçalanma reaksiyonları 120-130 °C sıcaklıkta başlar ve sıcaklığın yükselmesi ile artar. Maksimum pişirme sıcaklığına (170 °C) çıkıldığında selülozdaki bozunma tedrici olarak yavaşlar. Kalıntı delignifikasyon fazında selülozun bozunma reaksiyonu oldukça

yüksek bir seviyeye ulaşır. Öyle ki bu evrede selüloz, yüzeyine tutunan ligninle birlikte çözünür (Fengel ve Wegener, 1989).

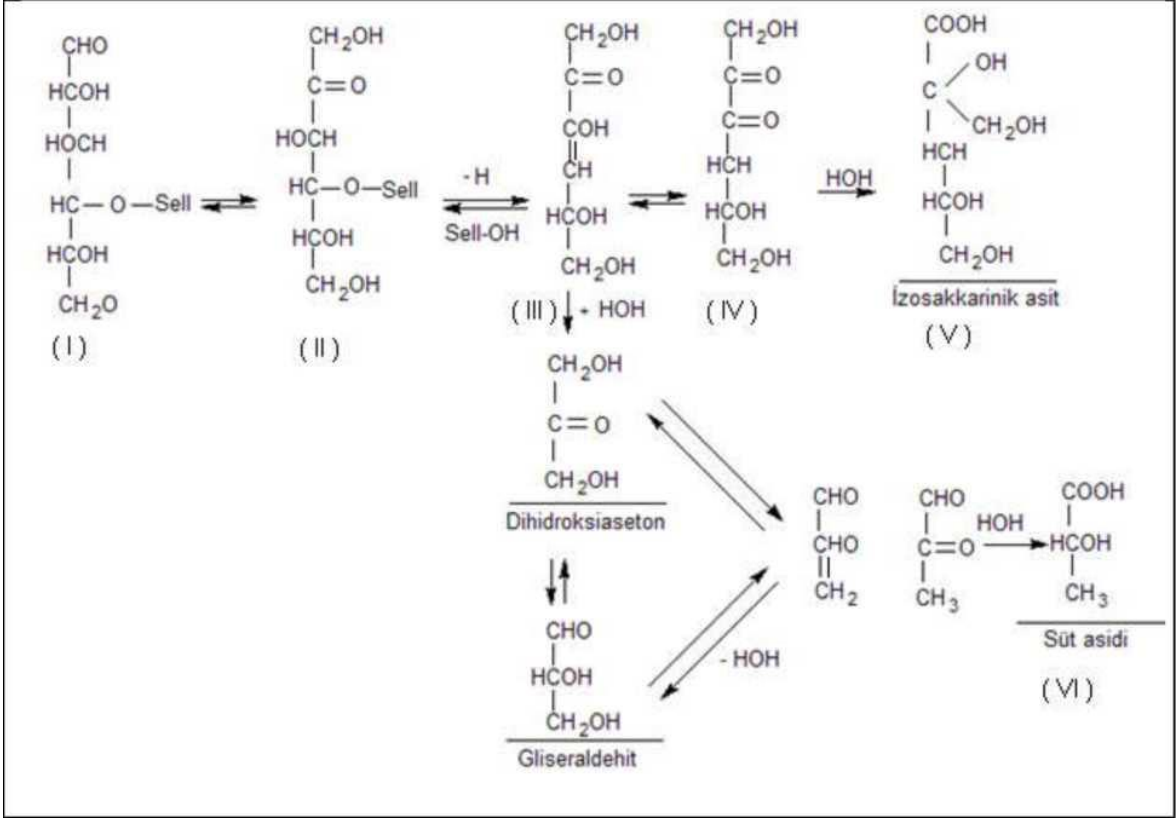
Sülfat pişirme sırasında meydana gelen karbonhidrat bozunma reaksiyonlarını iki grup altında toplamak mümkündür (Kırcı, 2003) :

1. Soyulma Reaksiyonları
2. Hidroliz Reaksiyonu

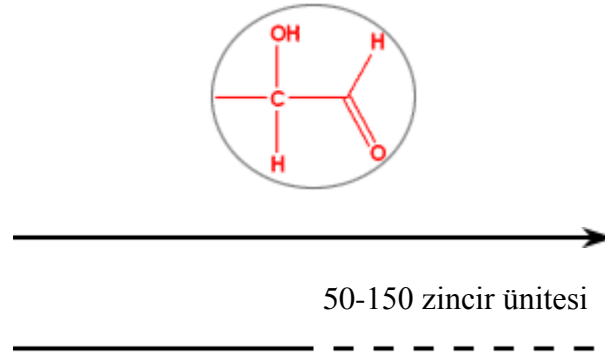
### **1.5.1 Soyulma Reaksiyonları**

Polisakkaritlerin kaybı ve selüloz zincir uzunluğunun azalması soyulma ve hidrolitik reaksiyonlardır. Alkaleen koşullarda polisakkaritlerin en belirgin reaksiyonu indirgen uç gruptan başlayan soyulma reaksiyonudur. Bu reaksiyon daha düşük sıcaklıklarda da meydana gelmektedir, fakat reaksiyon hızları ancak 80-100 °C derecelerde belirli bir düzeye ulaşmaktadır (Deniz, 2013).

Soyulma reaksiyonunda Şekil 10'da görüldüğü gibi uçtaki glukoz biriminin (I) indirgen uçtan alkaleen koşullarda fruktoz (ketoz) tipine izomeri olur (II). Bu da  $\beta$ -alkoksi eliminasyonu ile koparak ayrılır. Aynı zamanda indirgen bir uç grupta (III) deoksi bir bileşik meydana gelir (IV). Alkaleen koşullarda bu deoksi bileşik izomerizasyon yoluyla izosakkarinik aside dönüşür (V). Fakat, önemli bir kısmı da fragmentasyonla özellikle yüksek sıcaklıkta gliseraldehid verecektir. Gliseraldehit de çeşitli reaksiyon evreleri sonucu süt asidine dönüşmektedir. Birçok araştırmada ortaya konulmuştur ki zincirin stabilizasyonundan önce selülozun soyulma reaksiyonunda 45-65 zincir ünitesi koparak ayrılmaktadır (Şekil 11). Genellikle bunun soyulma ve stabilizasyon reaksiyonları arasındaki reaksiyon hızı farkından kaynaklandığı kabul edilmektedir (Deniz, 2013).



Şekil 10: Soyulma mekanizması (I, II, III, IV, V ve VI).



Şekil 11: Soyulma (peeling) reaksiyonunun bitişi (Lachenal, 2003).

Soyulma reaksiyonları gerek hemiselüloz gerekse selüloz zincirinde gerçekleşmekle birlikte hemiselüloz zinciri selüloz zincirinden daha kolay soyulur. Soyulma hızını hemiselülozların molekül yapıları ve bu yapıyı oluşturan monomer türü önemli ölçüde etkiler. Örneğin huş odunu ksilanlarında bulunan galakturonik asit yan grupları zinciri stabilize ederek soyulmaya karşı korumaktadır (Fengel ve Wegener, 1989).

Alkali koşullarda soyulma reaksiyonundan dolayı 30-100 şeker birimi uzaklaşır. Diğer

reaksiyonlar soyulma reaksiyonuna müdahale ederler. Bunun bir sonucu olarak soyulma reaksiyonu durdurulur. Bu reaksiyonlar hem selülozu hem de hemiselülozu etkiler (Lachenal, 2003).

Araştırmalar, selülozun soyulma reaksiyonunda, zincirin stabilizasyonundan önce 40-65 birimin ayrıldığını göstermiştir. Genellikle bunun soyulma ve stabilleşme reaksiyonları arasındaki hız farkından kaynaklandığı öne sürülmektedir. Soyulma reaksiyonlarındaki  $\beta$ -alkoksi eliminasyonu yerine durdurma reaksiyonunda,  $\beta$ -hidroksi eliminasyonu meydana gelir. Meydana gelen 3-deoksiozon yapısı metasakkarinik asit (3-deoksialdonik asit) yapısına değişimi reaksiyon koşullarının soyulma reaksiyonuna etkisi fazladır.  $\beta$ -hidroksi eliminasyonu,  $\beta$ -alkoksi eliminasyonundan daha yavaştır. Nişasta elverişli alkali konsantrasyonunda tamamen soyulmaya uğrar (400-800 birim). Bunun için soyulma reaksiyonundan selülozun amorf kısmının uzunluğunu belirlemede yararlanılabilir. Metasakkarinik asidin oluşma hızı yüksek alkali konsantrasyonunda daha fazla olup iki değerli bazlar (Ba, Mg, Ca, Sr) bu reaksiyonu kolaylaştırır (Deniz, 2013).

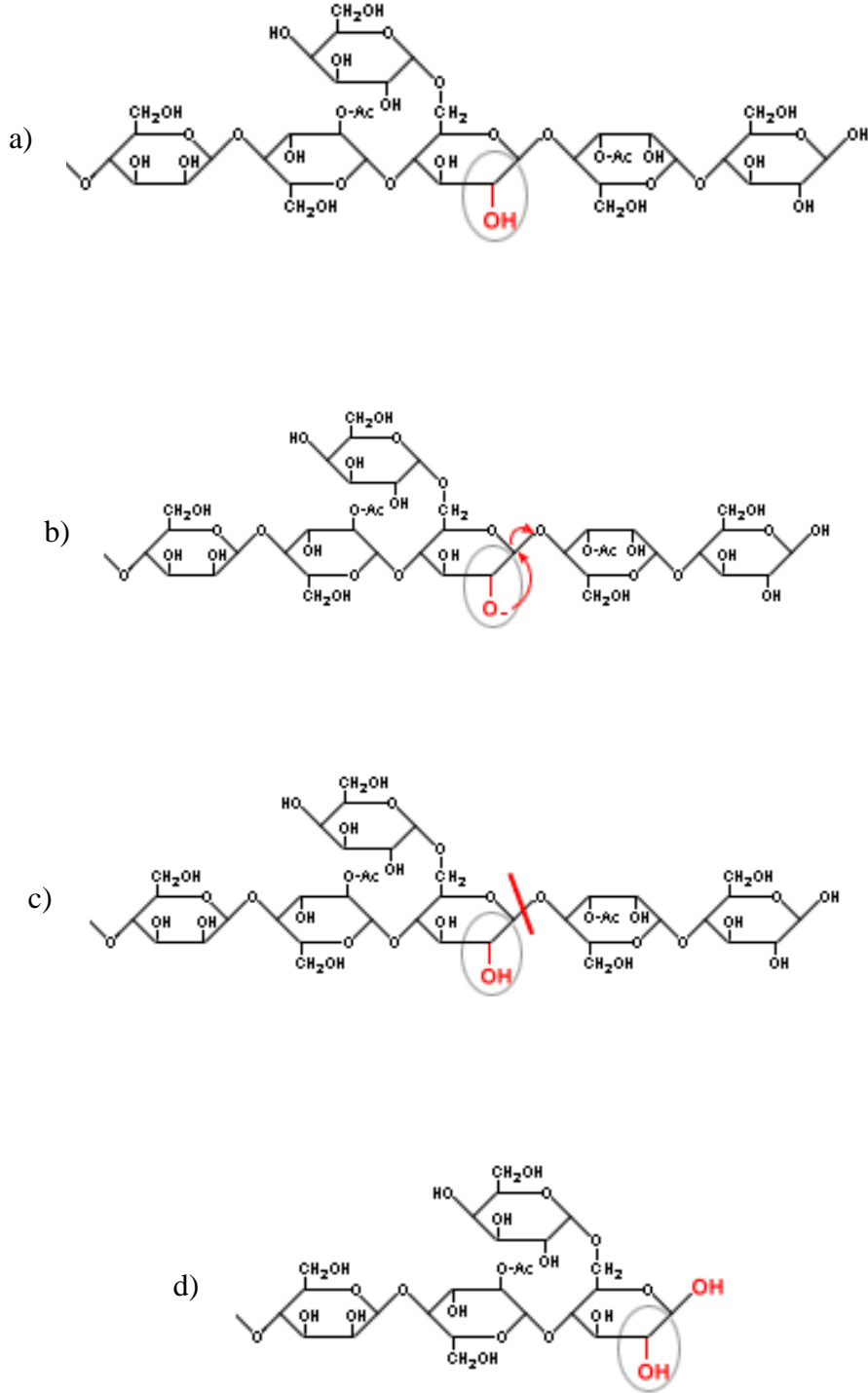
### **1.5.2 Hidroliz Reaksiyonu**

Polisakkaritlerin kaybı ve selüloz zincir uzunluğunun azalması soyulma reaksiyonu ile 80-100 °C derecelerde belirli düzeye ulaşmakta, 150 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda alkali hidrolizle zincir kopar ve yeni indirgen uç gruplar meydana gelir ve degradasyona uğrar. Sülfat pişirmelerinde polisakkaritlerin kaybı ve selüloz zincir uzunluğunun azalması oldukça hızlıdır (Deniz, 2013). Alkalen hidroliz polisakkarit zincirini koparıp DP'de azalma meydana getirmenin yanında, molekül zincirinde soyulma reaksiyonuna karşı hassas yeni indirgen uç gruplarının oluşmasına sebep olur. Dolayısıyla alkalen hidroliz reaksiyonlarını çoğu kere ikinci soyulma reaksiyonları takip eder (Kırcı, 2003).

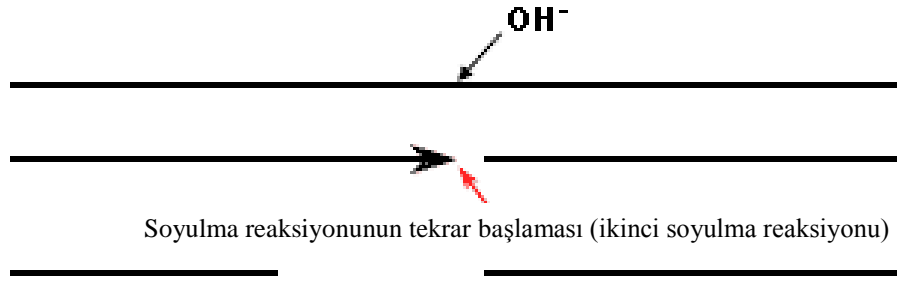
Polisakkaritlerin alkali hidrolizi (depolimerizasyonu) ile uç grupların soyulmasına ilaveten 170 °C'den daha yüksek sıcaklıklarda daha ileri bir soyulma reaksiyonu gelişir. Alkali hidrolizi asidik hidrolizden daha çok yavaş ilerler. Alkoksi grubun ( $\beta$ - ayrılması) ayrılmasıyla glikozidik bağ kopar. Monomer birimin C<sub>2</sub>-OH'i alkalide iyonize olur (Deniz, 2013).



Polisakkaritlerin kaybı yalnızca soyulma (peeling) reaksiyonu (ilk soyulma) ile izah edilemez. Alkalen hidroliz mekanizmasının yüksek sıcaklıktaki (130 °C ve üstü) karbonhidratlarda meydana getirdiği etki Şekil 12’de ve Soyulma reaksiyonunun tekrar başlaması (ikinci soyulma reaksiyonu) Şekil 13’ de gösterilmiştir.



Şekil 12: Alkalen hidroliz (a, b, c ve d) (Lachenal, 2003).



Şekil 13: Soyulma reaksiyonunun tekrar başlaması (Lachenal, 2003).

Selüloz, ortam oksijeninin olmadığı durumlarda alkalilerin etkisine asitlerin etkisinden daha stabildir. Güçlü alkaleen koşullarda (1 N NaOH) sıcaklığın 150 °C'nin üzerine çıkması durumunda alkaleen hidroliz görülecektir. Sülfat selülozunda DP'nin daima sülfat selülozundan düşük olmasının nedeni de buna dayanmaktadır (Deniz, 2013)

Kraft pişirme çözeltisi, ligninin  $\alpha$ - ve  $\beta$ -aril eter bağları ile metoksil grubu içeren alkil-arileter bağlarının büyük çoğunluğunu koparır. Meydana gelen lignin fragmentleri zayıf asidik bir yapı gösterir ve alkali çözelti içerisinde çözünebilir. -SH- grupları ayrıca nükleofilik özelliği sebebiyle  $\alpha$ -karbonu ile reaksiyona girerek lignin fragmentlerinin kondensasyon (tekrar birleşme) reaksiyonlarına girmesini engellerler (Christensen, 1981).

## 1.6 Kağıt Hamuru Üretiminde Bor Bileşiklerinin Kullanımı

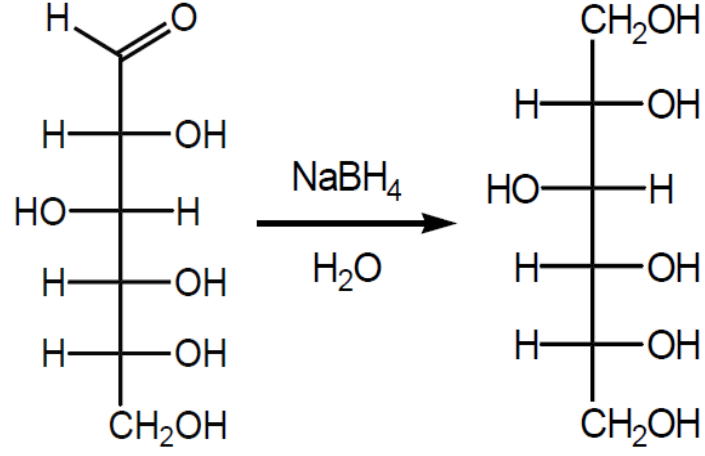
### 1.6.1 Çalışmada Kullanılan Borlu Bileşikler

Çalışmada kullanılan  $\text{NaBH}_4$ ,  $\text{KBH}_4$ , Etibor-48, Etidot-67 ve kolemanit hakkında genel bilgiler ve adı geçen borlu bileşiklerin kağıt hamuru üretiminde kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar aşağıda verilmiştir.

#### 1.6.1.1 Sodyum Borhidrür

Bu çalışmada kullanılan sodyum borhidrür (806373 Merck) 1,07 g/cm<sup>3</sup> yoğunlukta ve atom ağırlığı 37,83 g/mol olup indirgen özelliktedir.  $\text{NaBH}_4$  aşağıdaki reaksiyonda

görüldüğü gibi pişirme sırasında selüloz zincirinin indirgen ucundaki karbonil grubunu hidroksil grubuna indirgeyerek olası soyulma reaksiyonunu durdurmaktadır (Şekil 14).



Şekil 14: Selülozun karbonil grubunun NaBH<sub>4</sub> ile indirgenmesi.

Tablo 1’de NaBH<sub>4</sub>’ün kağıt hamuru üretiminde ve kağıt hamurunun ağartılmasında kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar verilmiştir.

Tablo 1: NaBH<sub>4</sub> ile kağıt hamuru üretiminde kullanımı ile ilgili çalışmalar.

<b>Hammadde</b>	<b>Kağıt Hamuru Üretim Yöntemi</b>	<b>Kaynak</b>
Huş	Kraft-NaBH <sub>4</sub>	Pettersson ve Rydholm, 1961
Monteri Çamı	Kraft-NaBH <sub>4</sub>	Meller ve Ritman, 1963
Larix	Kraft-NaBH <sub>4</sub>	Khaustova vd. 1971
Papirus	Kraft-NaBH <sub>4</sub>	Gabir ve Khristov, 1973
Kraft Hamuru	NaBH <sub>4</sub> ile ağartma	Türkoğlu, 2004
Buğday sapı	Kraft-NaBH <sub>4</sub>	Tutuş ve Alma, 2005
Uludağ Göknarı	Kraft-NaBH <sub>4</sub>	Akgül ve Temiz, 2006
Uludağ Göknarı ve Kızılçam	Kraft-NaBH <sub>4</sub>	Temiz, 2006
Titrek Kavak	Kraft-NaBH <sub>4</sub>	Özkan 2006; İstek ve Özkan, 2008
Sahil Çamı	Kraft-NaBH <sub>4</sub>	Gönteki 2006; İstek ve Gönteki 2009
Titrek Kavak	Soda-NaBH <sub>4</sub>	Gücüş, 2007
Kızılçam	Kraft-NaBH <sub>4</sub>	Çöpür ve Tozluoğlu, 2008
Asma budama artıkları	Kraft-NaBH <sub>4</sub>	Tutuş ve Şah, 2009
Doğu Ladini	Kraft-NaBH <sub>4</sub>	Tutuş vd. 2010
Pamuk	Kraft-NaBH <sub>4</sub>	Ezici, 2010
Kanola	Kraft-NaBH <sub>4</sub>	Erdönmez, 2010
Fıstık çamı	ASAM-NaBH <sub>4</sub>	Gümüşkaya vd. 2011
Karaçam	Kraft-NaBH <sub>4</sub>	Gülsoy ve Eroğlu, 2011
Haşhaş	Soda-NaBH <sub>4</sub>	Tutuş vd. 2011
Anadolu kestanesi Türk fıncığı	Kraft-NaBH <sub>4</sub>	Aytekin 2011

### 1.6.1.2 Potasyum Borhidrür

Bu çalışmada kullanılan potasyum borhidrür (820747 Merck)  $1,11 \text{ g/cm}^3$  yoğunlukta ve atom ağırlığı  $53,94 \text{ g/mol}$  olup,  $\text{NaBH}_4$  gibi indirgen özellikte bir bor bileşiğidir.  $\text{KBH}_4$ 'ün kağıt hamuru üretiminde pişirme çözeltilisine ilave katkı maddesi olarak kullanımı ile ilgili literatürde bilgimiz dahilinde herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

### 1.6.1.3 Yerli Borlu Bileşikler

Bu çalışmada kullanılan yerli bor bileşikleri Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Etibor-48'in ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), öğütülmüş kolemanitin [ $\text{CaB}_3\text{O}_4(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ] ve Etidot-67'nin ( $\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) kimyasal özellikleri ve birim fiyatları sırasıyla Tablo 2' (URL-5, 2014), Tablo 3 (URL-6, 2014) ve Tablo 4'de (URL-7, 2014) verilmiştir. Tablolardaki birim fiyatlar 2014 yılı için geçerli olup, Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Fiyatlara KDV dahil değildir. Yerli borlu bileşiklerin kraft yöntemi de pişirme çözeltilisine ilavesinin kraft kağıt hamuruna ve kağıt özelliklerine etkisi ile ilgili literatürde bilgimiz dahilinde herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Tablo 2: Etibor-48'in kimyasal özellikleri.

İÇERİK	BİRİM	DEĞER
$\text{B}_2\text{O}_3$	%	47,80 min.
$\text{Na}_2\text{O}$	%	21,28 min.
$\text{SO}_4$	ppm	135 max.
Cl	ppm	70 max.
Fe	ppm	3 max.
Suda çözünmeyenler	ppm	150 max.
Birim fiyatı*	\$/ton	360

Tablo 3: Öğütülmüş kolemanitin kimyasal özellikleri.

İÇERİK	BİRİM	DEĞER
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	40,00+/-0,50
CaO	%	27,00+/-1,00
SiO <sub>2</sub>	%	4,00-6,50
SO <sub>4</sub>	%	0,60 Max.
As	ppm	35 Max.
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0,08 Max.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0,40 Max.
MgO	%	3,00 Max.
SrO	%	1,50 Max.
Na <sub>2</sub> O	%	0,35 Max.
Kızdırma kaybı	%	24,60 Max.
Nem	%	1,00 Max.
Dökme yoğunluğu	ton/m <sup>3</sup>	1,00 Max.
Birim fiyatı*	\$/ton	340-365

Tablo 4: Etidot-67'nin kimyasal özellikleri.

İÇERİK	BİRİM	DEĞER
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	67,00 min.
Na <sub>2</sub> O	%	14,00 min.
Safiyet	%	99,90 min.
Birim fiyatı*	\$/ton	1000

### 1.6.2 Diğer Borlu Bileşikleri

Bu çalışmada kullanılan borlu bileşiklerin dışında kalan diğer borlu bileşiklerin kağıt hamuru üretiminde kullanımı ile ilgili çalışmalar Tablo 5'de verilmiştir.

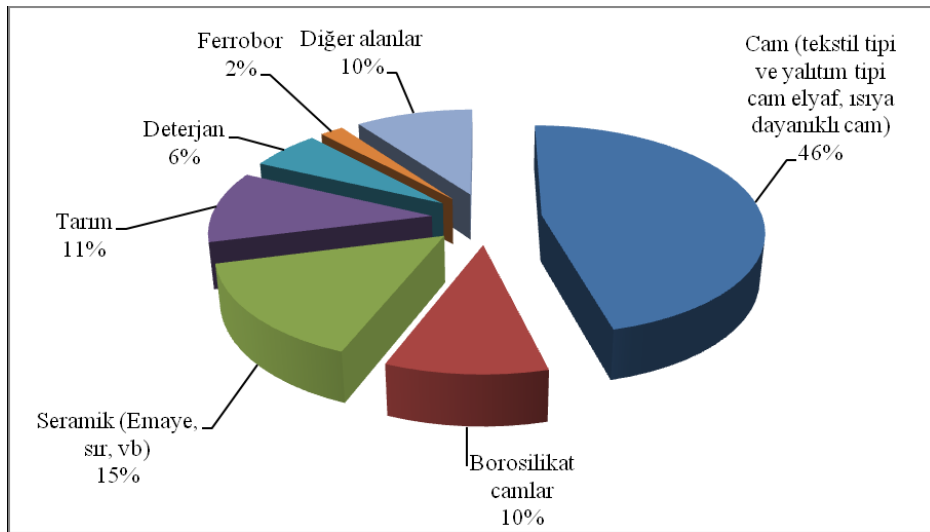
Tablo 5: Diğer borlu bileşikleri ile kağıt hamuru üretiminde kullanımı ile ilgili çalışmalar.

Hammadde	Kağıt Hamuru Üretim Yöntemi	Kaynak
Ladin	Kraft-NaBO <sub>2</sub>	Prihoda vd. 1996
Ladin	Kraft-NaBO <sub>2</sub>	Bujanovic vd. 2003
Şeker Akçaağaç Kağıt huşu	Kraft-NaBO <sub>2</sub>	Bujanovic vd. 2004
Karışık yapraklı ağaç	NSSC-NaBO <sub>2</sub>	Veguru ve Cameron, 2005
Bambu	NaBO <sub>3</sub> -4H <sub>2</sub> O ağartma	Okan vd. 2013

### 1.6.3 Bor Rezervleri ve Bor Mineralinin Kullanım Yerleri

Bor, element olarak çok çeşitli bileşik yapma kapasitesine ve nötronları absorbe etme özelliğine sahip olup, bu nedenle sanayinin vazgeçilmez hammaddelerinden bir tanesidir. Metalle ametal arası yarı iletken özelliğe sahip bir elementtir. Bor mineralleri, yapılarında farklı oranlarda bor oksit ( $B_2O_3$ ) içeren doğal bileşiklerdir. Doğada yaklaşık 230'dan fazla bor minerali mevcut olup, bunların ticari öneme sahip olan başlıcaları; tinkal, kolemanit, kernit, üleksit, pandemit, borasit, szaybelit ve hidroborasit'tir. Türkiye'de yaygın olarak bulunan bor mineralleri ise; sodyum bazlı tinkal, kalsiyum bazlı kolemanit ve sodyum+kalsiyum bazlı üleksit'dir. Bu mineraller, öncelikle fiziksel işleme tabi tutularak zenginleştirilir (konsantre bor) daha sonra rafine edilerek çeşitli bor kimyasallarına dönüştürülür (Eti Maden, 2012).

Bor nihai kullanım alanı olan sektörlerde çoğunlukla bor kimyasalları şeklinde tüketildiği gibi konsantre bor olarak doğrudan da tüketilebilmektedir. Bor ürünleri; uzay ve hava araçları, nükleer uygulamalar, askeri araçlar, yakıtlar, elektronik ve iletişim sektörü, tarım, cam sanayi, kimya ve deterjan sektörü, seramik ve polimerik malzemeler, nanoteknolojiler, otomotiv ve enerji sektörü, metalurji ve inşaat gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. Bor tüketiminin nihai kullanım alanlarına göre dağılımı Şekil 14'de verilmiştir (Eti Maden, 2012).



Şekil 15: Bor tüketiminin nihai kullanım alanlarına göre dağılımı (URL-4, 2012).

Dünya’da bor üretimi yapan en önemli ülkeler Türkiye, ABD, Arjantin, Rusya, Çin, Şili, Bolivya ve Peru’dur (URL-4, 2012). Dünyada en büyük bor rezervleri Türkiye’de Emet, Kırka, Bigadiç bölgeleri ile ABD’de Kaliforniya’da bulunmaktadır (URL-4, 2012).

Dünya kurulu bor ürünleri üretim kapasitesi 2011 yılında 5,2 milyon ton’dur (Tablo 6) (Eti Maden, 2012). 2011 yılı verilerine göre Dünya toplam bor rezervi sıralamasında Türkiye %72’lik pay ile ilk sırada yer almaktadır (Eti Maden, 2012). Dünya bor talebinin %47’sinin Eti Maden, %24’ünün RT Borax, %29’unun de diğer üreticiler tarafından karşılandığı tahmin edilmektedir. Eti Maden’in 2011 yılı toplam satış gelirlerinin yaklaşık %97’si yurt dışı satış gelirlerinden oluşmaktadır. Eti Maden’in ihraç ettiği başlıca bor ürünleri; boraks pentahidrat, boraks dekahidrat, borik asit, kalsine tinkal, susuz boraks, bor oksit ve öğütülmüş kolemanittir. Bor kimyasalları ihracatında en yüksek paya Kırka’da üretilen ve ticari adı Etibor-48 olan boraks pentahidrat sahiptir. İkinci sırada ise borik asit gelmektedir (Eti Maden, 2012).

Tablo 6: Dünya bor üretim kapasiteleri.

Ülkeler	Kurulu Kapasite (Ton)
Türkiye	2.145.000
ABD	1.517.000
Güney Amerika	807.000
Asya	745.000
Dünya Toplamı	5.214.000

### 1.7 Kuru Sağlık Maddesi Olarak Nişasta

Kağıt yapımının ilk günlerinden beri suda çözünen polimerler kağıdın bazı özelliklerini iyileştirmek için kullanılmaktadır. Sağlık artıran polimerler genellikle kullanım amaçlarına göre (kuru veya ıslak sağlık maddesi) veya polimer yapılarına göre (nişasta veya poliakrilamid) tanımlanmaktadır (Zhang vd., 2001)

Kağıt endüstrisinde ıslak son kimyasalı, yüzey yapıştırma kimyasalı veya kuşe bağlayıcısı olarak nişastanın kullanımı her geçen gün artmaktadır. Nişasta kullanımındaki bu artışın sebebi, kağıt endüstrisinde artan oranda minerallerin (dolgu maddeleri ve kuşe pigmentleri)



ve birincil liflerden daha zayıf olan atık kağıt liflerinin kullanımınıdır. Kağıt üretiminde kullanılan atık kağıt ve minerallerden dolayı meydana gelen sağlık kayıpları nişasta kullanımı ile bertaraf edilebilir (Brouwer vd., 1998). Nişasta liflerden ve dolgu maddelerinden sonra kağıt endüstrisinde kullanılan en önemli hammaddedir. 2004 yılında, Dünya kağıt ve karton üretimi 350 milyon ton olarak gerçekleşmiş olup, aynı yıl kağıt üretiminde 5,5 milyon ton nişasta kullanılmıştır (Auhorn vd., 2006). Kağıttaki ortalama nişasta oranı yaklaşık olarak %1,6'dır.

Katyonik nişasta (KN) nişastanın 2,3-(epoksipropil) trimetilamonyum klorit ve 2-dietilaminitil klorit gibi katyonikleştirici maddeler ile muamelesi ile elde edilmektedir (Xie vd., 2005). Yenilenebilir, çevreye dost ve düşük maliyeti nedeniyle KN kağıt endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Brouwer vd., 2002; Eriksson vd., 2005; Hamzeh vd., 2013). Kağıt üretiminde nişasta ilave oranı geniş bir aralıkta olup, %0,25 ile %2,5 arasında gerçekleşmektedir (Scott vd., 1995). Lif süspansiyonuna %2'den daha yüksek oranlarda KN ilave edildiği zaman KN'nın lifler tarafından absorbe edilmediği ve çözeltide kaldığı tespit edilmiştir (Hubbe, 2006). KN'nın kağıdın sağlık özellikleri üzerine olumlu etkisi bir çok araştırmada ortaya konulmuştur (Hamzeh vd., 2003; Formento vd., 1994; Ghasemian vd., 2012; Howard vd., 1989; Khosravani vd., 2013; Laleg vd., 1990; Lindström and Florén, 1984; Moeller, 1966; Gülsoy, 2014).

## BÖLÜM II

### MATERYAL VE YÖNTEM

#### 2.1 Materyal

##### 2.1.1 Odun Hammaddesi

Çalışmada kullanılan sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunu Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Hasankadı Orman İşletme Şefliği'nden alandaki ağaçları temsil edecek şekilde alınmıştır. Örneğin temin edildiği bölgenin rakımı 630 m, bakısı güney bakıdır. Örnek temin edilen (kesilen) ağacın göğüs yüksekliğindeki çapı 30,6 cm, yaşı ise 50'dir (Şekil 16).



Şekil 16: Sarıçam odununun temini (a, b ve c).

## 2.1.2 Nişasta

OYKA Çaycuma kağıt fabrikasından temin edilen nişasta SOLAM firmasının Solbond PC 50 adlı ürünüdür. Katyonik patates nişastası olan bu ürün kağıt sağlamlık özelliklerinin, tutunmanın, suyun uzaklaştırılmasının ve kağıt makinasının çalışabilirliğinin geliştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Beyaz toz halinde olan nişastanın kuru madde oranı %82, pH değeri ~6 ve DS değeri ~ 0,050'dir. Alevlenme noktası >300 °C, patlama limiti >%0,006, özgül ağırlığı 700kg/m<sup>3</sup>, otomatik ateşleme sıcaklığı >300 °C, ayrışma sıcaklığı >160 °C'dir. Normal sıcaklık ve depolama koşullarında ve önerilen kullanımı esnasında ürün reaktif değil stabildir. Ürünün parçacık boyutu küçük olduğu için toz patlaması riski vardır. Bu nedenle kuru ürünün taşınması esnasında topraklanmış ekipmanlar kullanılmalı ve statik elektrikten kaçınılmalıdır. Ürün ateşleme kaynaklarına yaklaştırılmamalıdır. Eğer toz oluşursa koruyucu eldiven gözlük ve gaz maskesi kullanılmalıdır.

## 2.2 Yöntem

### 2.2.1 Yongaların Hazırlanması

Kesilen ağacın dip kısmından yukarı doğru başlangıcı göğüs yüksekliği olmak üzere her 3 m'de bir toplam yarım metrelik 5 adet tomruk numune alınmıştır. Alınan numuneler aynı gün Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Lif ve Kağıt Laboratuvarına getirilmiştir. Yarım metrelik tomruklar 3 cm kalınlığında disklerle ayrıldıktan sonra kabukları soyulmuştur. Disklerde bulunan budaklar kimyasal yapılarının farklılığından dolayı çalışmadan elde edilecek sonuçları etkilememesi için disklerden uzaklaştırılmıştır. Her bir yarım metrelik tomruktan birer adet 3 cm'lik disk kimyasal analizlerde kullanılmak üzere ayrılmıştır. Bu diskler örneklerin uçucu ekstraktiflerin miktarının azalmaması ve mantar degradasyonu oluşmaması için kimyasal analizlerin yapılacağı güne kadar derin dondurucuda muhafaza edilmiştir. Kalan disklerden ise yine her bir yarım metrelik örnekten 3'er disk alınarak el ile 0,3x1,5x3 cm ebatlarında yongalanmış (Şekil 17).



Şekil 17: Sarıçam yongaları.

### 2.2.2 Lif Morfolojisine Ait Ölçme Metotları

Lif morfolojisi için 3 cm kalınlığındaki 3 adet sarıçam diskinden özden kabuğa kadar tüm yıllık halkaları temsil edecek şekilde kibrit çöpü büyüklüğünde odun parçaları alınmıştır. Liflerin maserasyonunda klorit yöntemi kullanılmıştır (Wise ve Jahn, 1952). Mikroskop ile yapılan ölçümler de 75 adet lif boyu, 75 adet lif ve lümen genişliği ölçülmüştür. Lif genişliğinden lümen genişliği çıkartılıp ikiye bölünerek çeper kalınlığı bulunmuştur.

### 2.2.3 Lif Boyut İlişkilerinin Hesaplanmasında Kullanılan Yöntemler

*P. sylvestris* liflerinin Elastiklik oranı (Eşitlik 1), Runkel sınıflandırması (Eşitlik 2), Keçeleşme oranı (Eşitlik 2.3), Katılık katsayısı (Eşitlik 4) ilgili eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Elastiklik oranı} = (\text{Lümen Çapı} \times 100) / \text{Lif Genişliği.} \quad (1)$$

$$\text{Runkel sınıflandırması} = (\text{Lif çeper Kalınlığı} \times 2) / \text{Lümen Çapı} \quad (2)$$

$$\text{Keçeleşme oranı} = \text{Lif Uzunluğu} / \text{Lif Genişliği} \quad (3)$$

$$\text{Katılık katsayısı} = (\text{Lif Çeper Kalınlığı} \times 100) / \text{Lif Genişliği} \quad (4)$$

#### 2.2.4 Kimyasal Analizler

Kimyasal analizler için *P. sylvestris* yongaların kibrit çöpü büyüklüğünde kesildikten sonra TAPPI T 11 os-75 standartlarına göre laboratuvar tipi Willey değirmeninde öğütülerek sırayla 60-40 mesh lik eleklerden oluşan elek takımında elenmiştir. 60 mesh (210 µm) elek üzerinde kalan numuneler alınarak kimyasal analizler için kullanılmıştır.

*P. sylvestris* yongaların lignin, holoselüloz, α-selüloz ve ekstraktif oranları soğuk su, sıcak su, %1NaOH çözünürlüğü deneyleri yapılmıştır. Kimyasal analizler Tablo 7'de belirtilen standart yöntemlere göre yapılmıştır.

Tablo 7: Kimyasal analizlerde kullanılan yöntemler.

Deney	Kullanılan Yöntem
Kimyasal analizler için örneklerin hazırlanması	TAPPI T 257 cm-02
Holoselüloz tayini	Klorit (Wise ve Jahn, 1952)
Alfa selüloz tayini	Rowell (2005)
Lignin tayini	TAPPI T 222 om-02
Alkol çözünürlüğü	TAPPI T 204 cm-97
Hekzan çözünürlüğü ve Aseton-su (95:5) çözünürlüğü (Sıralı ekstraksiyon)	Kılıç (2011)
Alkol:Toluen (2:1) çözünürlüğü	TAPPI T 204 om-88
Sıcak ve soğuk su çözünürlüğü	TAPPI T 207 cm-99
%1 NaOH çözünürlüğü	TAPPI T 212 om-02

#### 2.2.5 Kraft Pişirme Koşulları

*P. sylvestris* yongaları kullanılarak yapılan kraft pişirmelerindeki pişirme koşulları Tablo 8'de verilmiştir. Söz konusu tabloda görüldüğü gibi çalışmada 11 pişirme yapılmıştır.

Tablo 8: Çalışmada kullanılan kraft pişirme koşulları.

PIŞİRME	Aktif alkali	Sülfidite	İlave Kimyasal Oran (%)	Max. Sıcaklığa Ulaşma (dak.)	Max. Sıcaklıkta Pişirme (dak.)	Sıcaklık (°C)	Çözelti/ Yonga Oranı
Kontrol	18	25	-	90	75	170	4/1
KBH <sub>4</sub> -2	18	25	2	90	75	170	4/1
KBH <sub>4</sub> -4	18	25	4	90	75	170	4/1
NaBH <sub>4</sub> -2	18	25	2	90	75	170	4/1
NaBH <sub>4</sub> -4	18	25	4	90	75	170	4/1
KOL-2	18	25	2	90	75	170	4/1
KOL-4	18	25	4	90	75	170	4/1
E48-2	18	25	2	90	75	170	4/1
E48-4	18	25	4	90	75	170	4/1
E67-2	18	25	2	90	75	170	4/1
E67-4	18	25	4	90	75	170	4/1

Her pişirmede 700 g tam kuru yonga kullanılmıştır. Pişirmeler tabloda belirtilen deney planına bağlı kalınarak 15 lt kapasiteli, elektrikle ısıtılan, 25 kg/cm<sup>3</sup> basınca dayanıklı, dakikada 2 devir yapabilen ve otomatik kontrol tablosuyla sıcaklığı termostatlı olarak kontrol edilebilen laboratuvar tipi döner pişirme kazanında yapılmıştır.

### 2.2.6 Kağıt Hamurlarında Yapılan Analizler

Pişirme süresinin sonunda hamurlar 150 mesh'lik elek içerisinde alınarak yıkama suyu berraklaşmaya kadar yıkandıktan sonra her hamur 5'er dakika lif açıcıda açılmıştır. Açılan lifler TAPPI T 275 sp-02 standardına göre Somerville tipi sarsıntılı vakum eleğinde elenerek elenmiş verim ve elek artığı oranları % olarak laboratuvar ortamında gravmetrik ölçümler ile TAPPI T 210 cm-03 standardına göre belirlenmiştir. Elenen lifler TAPPI T 200 sp-01 standardına göre Hollander'de 25<sup>0</sup>SR'e kadar dövülmüştür. Hamurların serbestlik derecesi Schopper Riegler cihazında ISO 5267-1 standardına göre belirlenmiştir. 25<sup>0</sup>SR kadar dövülmüş hamurlardan ISO 5269-2 standardına göre 75±2 g/m<sup>2</sup> gramajlı 10'ar adet deneme kâğıtları yapılmıştır. Ayrıca, kağıt hamurlarının kappa numaraları TAPPI T 236 om-99, viskoziteleri ise SCAN-CM 15-62 standardına göre belirlenmiştir.

### 2.2.7 Nişasta Çözeltisinin Hazırlanması ve Lif Süspansiyonuna İlavesi

Her bir hamur örneğinden 75 g/m<sup>2</sup>'lik (2,4 g) 15 adet %0,75 KN ilaveli deneme kağıdı hazırlayabilmek için 2,4 x 15 = 36 g (fırın kurusu) hamur içeren lif süspansiyonu lif karıştırıcıya konulmuştur. 100 mL destile suya 0,27 g (36 g hamurun %0,75'i) KN ilave edilerek elde edilen çözelti, su banyosu içerisinde sürekli karıştırılarak 95°C'ye kadar ısıtılmıştır. Jelatinleşme başlangıcından sonra, karıştırma işlemine 20 dak. boyunca aynı sıcaklıkta devam edilmiştir. Çözelti daha sonra 200 mL destile su ile seyreltildikten sonra lif karıştırıcıdaki lif süspansiyonu üzerine ilave edilmiştir. KN ilavesinden sonra lif süspansiyonunun kesafeti %0,3'e ayarlanmıştır. KN'nin lifler tarafından absorbe edilebilmesi için 30 dak. beklendikten sonra deneme kağıtlarının yapımına geçilmiştir. KN çözeltileri her hangi bir degradasyona maruz kalmamaları için deneme kağıtlarının üretiminden hemen önce hazırlanarak lif süspansiyonlarına ilave edilmiştir.

### 2.2.8 Kâğıtların Bazı Fiziksel, Optik ve Mekanik Özellikleri

Elde edilen deneme kağıtları TAPPI T 402 sp-03 standardına göre 23±2 °C sıcaklık ve %50±2 bağıl nemde 24 saat kondisyonlandıktan sonra Tablo 9'da gösterilen standartlara göre bazı fiziksel, optik ve mekanik özellikleri tespit edilmiştir.

Tablo 9: Deneme kâğıtlarının testlerinde kullanılan bazı yöntemler.

Deney	Kullanılan yöntem
Yırtılma İndisi	TAPPI T 414 om-98
Kopma İndisi	ISO 1924-3
TEA	
Uzama	
Patlama İndisi	TAPPI T 403 om-02
Kalınlık	TAPPI T 411 om-97
Opaklık	TAPPI T 519 om-02
Parlaklık	TAPPI T 525 om-02

### **2.2.9 Verilerin Deęerlendirilmesi**

Bu çalışmada elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 16.0 paket programı kullanılmıştır. Bu program kullanılarak borlu bileşik türü ve/veya oranının deneme kâğıtlarının özellikleri üzerine etkisini tespit etmek için çoğul varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Gruplar arasında fark çıkması durumunda bu farkın %95 güven aralığında anlamlı olup olmadığı Duncan testi ile belirlenmiştir. Ayrıca, katyonik nişasta ilaveli ve ilavesiz kâğıtların özellikleri arasındaki farkın %95 güven aralığında anlamlı olup olmadığı ise bağımsız (independent) t-testi yardımıyla tespit edilmiştir.



## BÖLÜM III

### BULGULAR VE İRDELEME

#### 3.1 Lif Morfolojisi

Sarıçam odunu lif morfolojisine ait bulgular ve diğer çam türleri ile bu bulguların karşılaştırılması Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10: Bazı çam türlerinin odunlarına ait lif özelliklerinin karşılaştırılması.

Özellikler	Sarıçam (Tespit)	Sarıçam (Alkan, 2004)	Sarıçam (Dönmez, 2010)
Lif uzunluğu (mm)	2,89±0,70	4,01	3,47
Lif genişliği (µm)	38,05±7,08	49	44,10
Lümen genişliği (µm)	19,86±6,65	34,8	26,61
Çeper kalınlığı (µm)	9,14±2,84	7,1	8,74
Elastiklik oranı	52,19	71,02	60,34
Runkel sınıflandırması	0,92	0,4	0,66
Keçeleşme oranı	75,95	81,91	78,70
Katılık katsayısı	24,01	-	19,82

Tablo 10 incelendiğinde sarıçam odunu liflerinin diğer çalışmalarda kullanılan sarıçamların liflerinden daha kısa ve daha dar olduğu görülmüştür. Ayrıca, bu çalışmada elde edilen lümen genişliğinin diğer çalışmalarda elde edilen sonuçlara göre daha dar, çeper kalınlığının ise daha geniş olduğu tespit edilmiştir.

Sarıçamın elastikiyet oranı 52,19 olarak hesaplanmıştır. Elastiklik oranı 50-75 arasında olan lifler 0,55-0,70 g/cm<sup>3</sup> arasında orta yoğunluğa sahip odunlardan elde edilirler. Çeper kalınlıklarının biraz fazla olmalarına karşın, lümen boşlukları da geniş olduğu için kağıt yapımı sırasında kısmen ezilip, direnç özellikleri iyi olan kağıtlar veririler (Bostancı, 1987).

Sarıçamın Runkel oranı 0,92 olarak hesaplanmıştır. Runkel oranı 1'den küçük olduğundan ince çeperli lifdir (Bostancı, 1987).

Sarıçamın keçeleşme oranı 75,95 olarak hesaplanmıştır. Keçeleşme oranı lif uzunluğu/lif genişliği şeklinde ifade edildiğinden lif uzunluğu oranını olumlu yönde etkilediğinden uzun liflere sahip hammaddelerden elde edilecek kağıtların keçeleşmelerinin daha iyi olacağı açıktır (Bostancı, 1987).

Sarıçamın katılık katsayısı 24,01 olarak hesaplanmıştır. Katılık katsayısı (Rijidite) doğrudan hücre çeperi kalınlığı ile ilgili olup orantı sunucunda elde edilecek sayının büyüklüğü kağıdın fiziksel direnç niteliklerinin, özellikle de patlama ve kopma dirençlerinin düşük olacağı anlamını taşır (Tank, 1980).

### 3.2 Kimyasal Analiz Sonuçları

Sarıçam yongalarına ait kimyasal analiz sonuçları Tablo 11’de verilmiştir. Tablo 11 incelendiğinde sarıçam yongalarına ait kimyasal analiz sonuçlarının diğer çalışmalarda kullanılan sarıçam yongalarına ait kimyasal analiz sonuçlarından daha yüksek holoselüloz,  $\alpha$ -selüloz lignin ve alkol çözünürlüğü, daha düşük sıcak su ve soğuk su %1 NaOH çözünürlüğü olduğu görülmüştür.

Tablo 11: Kimyasal analiz sonuçları.

DENEYLER (%)	Sarıçam (Tespit)	Sarıçam (Alkan, 2004)	Sarıçam (Dönmez, 2010)
Holoselüloz	73,22±1,15	70,97	65,75
$\alpha$ -selüloz	47,54±0,36	-	46,27
Lignin	27,36±0,16	23,57	27,23
Alkol çözünürlüğü	8,47±0,22	-	4,52
Hekzan çözünürlüğü	7,23±0,92	-	-
Sıralı ekstraksiyon (Hekzan+Aseton:su)	9,16±0,88	-	-
Alkol:Toluen çözünürlüğü	8,96±0,40	-	-
Sıcak su çözünürlüğü	2,58±0,04	6,64	8,45
Soğuk su çözünürlüğü	1,58±0,02	5,74	-
%1 NaOH çözünürlüğü	10,61±0,47	13,83	10,62

### 3.3 Hamurların Kappa Numaraları, Viskoziteleri ve Verimleri

Kraft, kraf-KBH<sub>4</sub>, Kraft-NaBH<sub>4</sub>, Kraft-Etibor 48, Kraft- Etidot 67 ve Kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen hamurların kappa numaraları ve viskoziteleri, elenmiş verim elek artıkları ve toplam verimleri Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12: Kontrol ve bor bileşiği ilaveli kraft pişirmelerinden elde edilen hamurların bazı özellikleri.

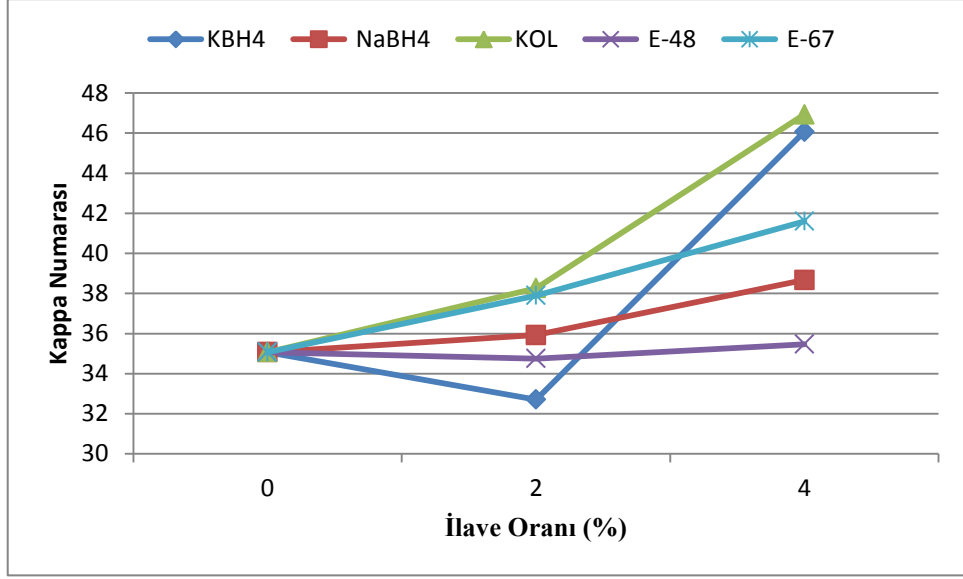
Piştirme	Kappa numarası	Viskozite (cm <sup>3</sup> /g)	Elenmiş verim (%)	Elek artığı (%)	Toplam verim (%)
Kontrol	35,07±0,92	980,64±5,35	45,67	0,92	46,59
KBH <sub>4</sub> -2	34,6±0,52	818,36±27,27	48,91	0,61	49,52
KBH <sub>4</sub> -4	46,07±0,84	931,00±9,04	52,05	3,04	55,09
NaBH <sub>4</sub> -2	35,93±0,59	865,82±14,61	48,94	0,73	49,67
NaBH <sub>4</sub> -4	37,5±1,63	957,39±9,87	48,93	1,37	50,3
KOL-2	38,27±0,98	969,85±0,00	45,68	1,55	47,23
KOL-4	46,6±1,37	975,26±7,64	46,31	2,81	49,12
E48-2	34,50±1,55	875,51±0,91	46,21	1,52	47,73
E48-4	35,47±0,96	904,79±3,04	46,63	2,09	48,72
E67-2	37,90±0,72	929,68±4,15	46,22	1,96	48,18
E67-4	41,60±0,44	948,71±0,80	45,51	2,58	48,09

#### 3.2.1 Kappa Numarası

Hamurun kappa numarası pişirmenin etkinliği, hamurdaki kalıntı lignin miktarı ve delignifikasyon derecesi hakkında bilgi verir. Kraft, kraft-KBH<sub>4</sub>, kraft-NaBH<sub>4</sub>, kraft-Etibor 48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen hamurların kappa numaraları tespit edilmiştir (Tablo 12). Şekil 18’de kraft, kraft-KBH<sub>4</sub>, kraft-NaBH<sub>4</sub>, kraft-Etibor-48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen hamurların kappa numaraları verilmiştir. Etibor-48 ilaveli pişirmeler hariç diğer bor bileşiklerinin kağıt hamurunun kappa numarasında artışa neden olduğu tespit edilmiştir. En yüksek kappa numarası 46,93 ile %4 kolemanit ilaveli pişirmelerden elde edilen hamurlarda tespit edilmiştir. Benzer kappa numarası artışları Gümüşkaya vd. (2011) tarafından fıstık çamı

yongalarından alkali sülfite-antrakinon yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltisine %2 ve %3 oranında  $\text{NaBH}_4$  ilavesinde ilavesinde kappa numarası 35,6, 40,2 ve 46,9 olarak tespit etmişlerdir.

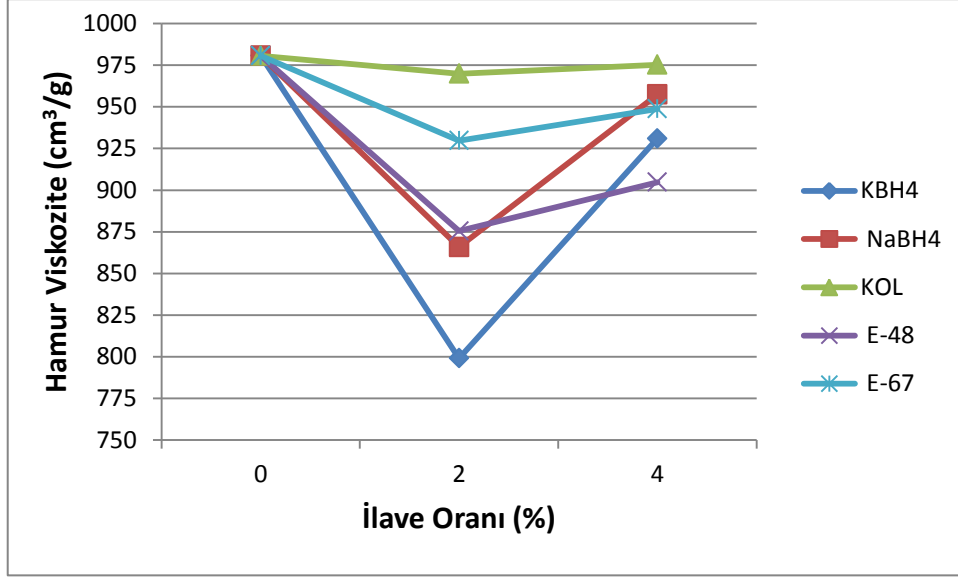
Bu çalışmada bor bileşiği ilavesinin kağıt hamurlarının kappa numaralarında artışa neden oldukları tespit edilmesine rağmen, literatürde pişirme çözeltisine borlu bileşiklerin ilave edilmesiyle kağıt hamurlarının kappa numaralarının azaldığını belirtilen çalışmalar da bulunmaktadır. Özkan (2006) titrek kavak yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltisine %1, %2 ve %3 oranında  $\text{NaBH}_4$  ilave edildiğinde kappa numarası 15,4'den sırası ile 15,4, 12,7 ve 12,4'e azaldığını tespit etmişlerdir. Akgül ve Temiz (2006) Uludağ göknarı yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltisine %1, %2 ve %3 oranında  $\text{NaBH}_4$  ilave edildiğinde kappa numarası 32,2'den sırası ile 31,6, 28,5 ve 28,8'e azaldığını rapor etmişlerdir. Akgül vd. (2007) kızılçam yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltisine %1, %2 ve %3 oranında  $\text{NaBH}_4$  ilave edildiğinde kappa numarasının 29,6'dan sırası ile 28,9, 27,4 ve 27,2'ye azaldığını belirtmiştir. Çöpür ve Tuzluoğlu (2008) kızılçam yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltisine %2 ve %4 oranında  $\text{NaBH}_4$  ilave edildiğinde kappa numarasının 31,8'den sırası ile 27,8 ve 27,2'ye azaldığını belirtmiştir. İstek ve Gönteki (2006) sahil çamı yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltisine %1, %2 ve %3 oranında  $\text{NaBH}_4$  ilave edildiğinde kappa numarası 17,6'dan sırası ile 17,4, 16,2 ve 15,4'e azaldığını rapor etmişlerdir. Gülsoy (2009) karaçam yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltisine %0,5, %1, %1,5 ve %2 oranında  $\text{NaBH}_4$  ilave edildiğinde kappa numarasının 46,39'dan sırası ile 44,70, 43,74, 44,40 ve 37,47'ye azaldığını belirtmiştir. Tutuş vd. (2010) doğu ladini yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltisine %0,5 oranında  $\text{NaBH}_4$  ilavesi ile kappa numarası 19,33'den 18,60'a azaldığını belirtmişlerdir. Aytakin (2011) Anadolu kestanesi ve Türk findığı yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltisine %0,5, %1 ve %1,5 oranında  $\text{NaBH}_4$  ilave edildiğinde kappa numarasının sırası ile 14,51'den 12,96, 12,78, 12,38'e ve 23,70'den 23,08, 22,51, 22,22'ye azaldığını rapor etmiştir.



Şekil 18:  $\text{KBH}_4$ ,  $\text{NaBH}_4$ , Etibor-48, Etidot-67 ve kolemanit ilavesi ile kraft hamurlarının kapa numaralarında meydana gelen değişim.

### 3.2.2 Viskozite

Hamurun viskozitesi odun polisakkaritlerinin, özellikle selülozun ortalama polimerizasyon derecesi ile ilgilidir. Bu nedenle, hamur viskozitesindeki düşüş, odun polisakkaritlerinde meydana gelen bozunmanın bir göstergesidir (Villalba vd. 2006). Şekil 19'da kraft, kraft- $\text{KBH}_4$ , kraft- $\text{NaBH}_4$ , kraft-Etibor 48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen hamurların viskoziteleri verilmiştir (Tablo 12).



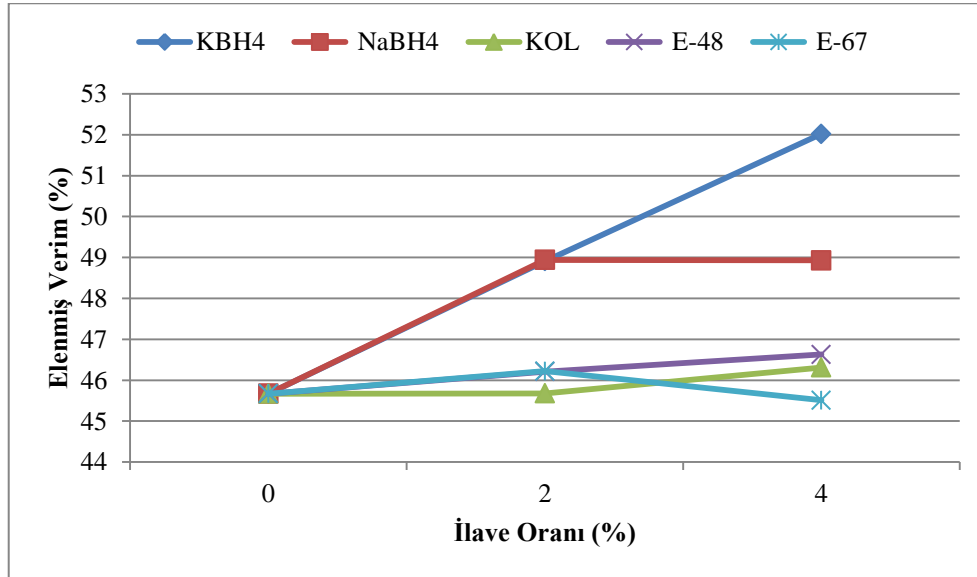
Şekil 19: KBH<sub>4</sub>, NaBH<sub>4</sub>, Etibor-48, Etidot-67, kolemanit ilavesi ile kraft hamurlarının viskozitelerin de meydana gelen değişim.

Pişirme çözeltilisine ilave edilen tüm bor bileşiklerinin kağıt hamurunun viskozitesinde azalmaya neden oldukları tespit edilmiştir. Bununla birlikte, ilave edilen bor bileşiği oranının %2'den %4'e çıkarılması kağıt hamurlarının viskozitelerinde artış ile sonuçlanmıştır. Bor bileşiği ilaveli hamurlarda daha yüksek oranda hemiselüloz tutunmasının (daha yüksek elenmiş ve toplam verim) bu sonucu ortaya çıkardığı düşünülmektedir. En düşük viskozite 818,36 cm<sup>3</sup>/g ile %2 KBH<sub>4</sub> ilaveli pişirmelerden elde edilen hamurlarda tespit edilmiştir. Bor bileşiği ilave oranı arttıkça hamur viskozitelerinin arttığı, ancak kontrol örneğinin viskozite değerinin üzerine çıkmadığı görülmüştür. Bu sonuçlar literatürdeki çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Çöpür ve Tozluoğlu (2008) kızılçam yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltilisine %2 ve %4 oranında NaBH<sub>4</sub> ilave edildiğinde hamur viskozitesinin 1404 cm<sup>3</sup>/g'dan sırasıyla 1232 cm<sup>3</sup>/g ve 1277 cm<sup>3</sup>/g'a azaldığı tespit etmişlerdir. Gülsoy (2009) karaçam yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltilisine %0,5, %1, %1,5 ve %2 oranında NaBH<sub>4</sub> ilave edildiğinde hamur viskozitesinin 1120,61 cm<sup>3</sup>/g'den sırasıyla 1046,26 cm<sup>3</sup>/g, 1071,76 cm<sup>3</sup>/g, 1076,38 cm<sup>3</sup>/g ve 959,92 cm<sup>3</sup>/g'a düştüğünü belirtilmiştir. Tutuş vd. (2010) doğu ladini yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltilisine %0,5 oranın da NaBH<sub>4</sub> ilave edildiğinde hamur viskozitesinin de 1184,55 cm<sup>3</sup>/g'dan 1060,33 cm<sup>3</sup>/g'a azaldığını belirtmişlerdir. Gümüşkaya vd. (2011) fıstık çamı yongalarından alkali sülfite-antrakinon yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltilisine, %1, %2 ve %3 oranında NaBH<sub>4</sub> ilave

edildiğinde hamur viskozitenin 1301 cm<sup>3</sup>/g'dan sırasıyla 1264 cm<sup>3</sup>/g, 1169 cm<sup>3</sup>/g, ve 1195 cm<sup>3</sup>/g'a azaldığını tespit etmişlerdir. Buna karşın, Akgül ve Temiz (2006) Uludağ göknarı yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltisine , %1, %2 ve %3 oranında NaBH<sub>4</sub> ilave edildiğinde kağıt hamuru viskozitesinin 975 cm<sup>3</sup>/g'dan sırasıyla 1015 cm<sup>3</sup>/g, 1102 cm<sup>3</sup>/g, ve 1115 cm<sup>3</sup>/g'a arttığını rapor etmişlerdir. Ayrıca, Akgül vd. (2007) kızılçam yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltisine %1, %2 ve %3 oranında NaBH<sub>4</sub> ilave edildiğinde kağıt hamuru viskozitesinin 932 cm<sup>3</sup>/g'dan sırası ile 982 cm<sup>3</sup>/g, 1014 cm<sup>3</sup>/g ve 1016 cm<sup>3</sup>/g'a arttığını belirtmiştir. Aytekin (2011) Türk fıncığı yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltisine %0,5, %1 ve %1,5 oranında NaBH<sub>4</sub> ilave edildiğinde hamur viskozitesinin 1460 cm<sup>3</sup>/g'dan sırası ile 1526 cm<sup>3</sup>/g, 1546 cm<sup>3</sup>/g ve 1567 cm<sup>3</sup>/g'a arttığını rapor etmiştir.

### 3.2.3 Elenmiş Verim

*Pinus sylvestris* sarıçam yongalarından kraft, kraft-KBH<sub>4</sub>, kraft-NaBH<sub>4</sub>, kraft-Etibor 48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen hamurların elenmiş verimleri tespit edilmiştir (Tablo12, Şekil 20).



Şekil 20: KBH<sub>4</sub>, NaBH<sub>4</sub>, Etibor-48, Etidot-67 ve kolemanit ilavesi ile kraft hamurlarının elenmiş verimlerinde meydana gelen değişim.

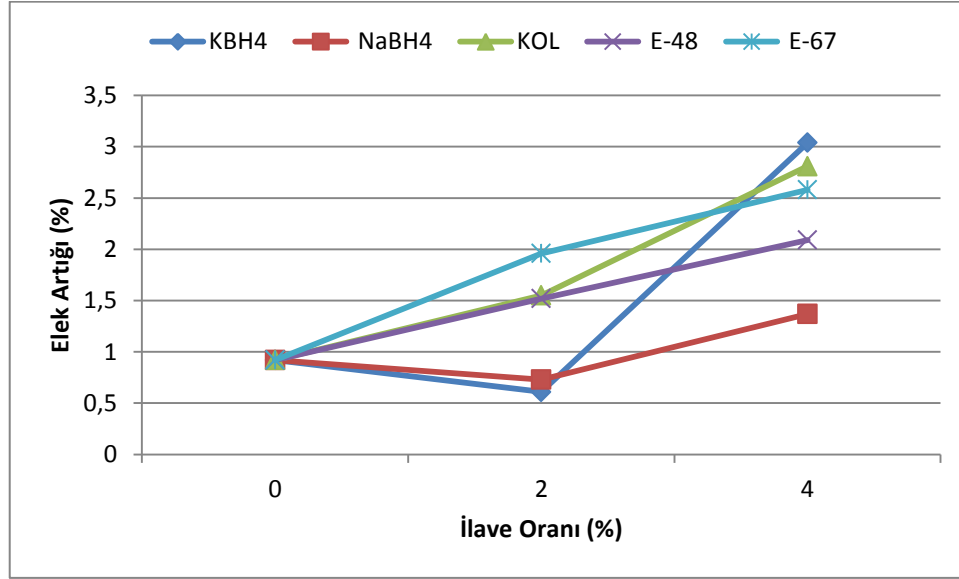
%4 Etidot-67 ilaveli pişirme haricinde diğer tüm bor bileşiği ilavelerinin kağıt hamurlarının elenmiş verimlerinde artışlara neden olduğu, en yüksek elenmiş verim artışları %4 KBH<sub>4</sub> ilaveli pişirmelerde %13,96 olarak tespit edilmiştir. En düşük elenmiş verim artışları ise %2 kolemanit ilaveli pişirmelerde %0,02 olarak belirlenmiştir. %4 Etidot-67 ilavesiyle elenmiş verimin kontrol örneğine göre %0,35 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, ilave edilen bor bileşiği oranının %2'den %4'e çıkarılmasının KBH<sub>4</sub> ilaveli pişirmeler haricinde önemli bir elenmiş verim artışına sebep olmadığı görülmüştür. Bor bileşiği ilaveli hamurlarda kontrol hamuruna oranla daha fazla selüloz ve hemiselülozların tutunmuş olmasının elenmiş verimlerdeki artışlara neden olduğu düşünülmektedir. Bu sonuçlar literatürdeki çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Gülsoy (2009) karaçam yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltilisine %0,5, %1, %1,5 ve %2 oranında NaBH<sub>4</sub> ilave edildiğinde elenmiş hamur veriminin %46,42 den sırası ile %49,02, %49,47, %50,13 ve %50,80'e yükseldiğini belirtmiştir. İstek ve Gönteki (2006) sahil çamı yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltilisine %1, %2 ve %3 oranında NaBH<sub>4</sub> ilave edildiğinde toplam hamur veriminin %43,55'den sırası ile %45,74, %47,75 ve %47,60'a yükseldiğini rapor etmişlerdir. Tutuş vd. (2010) doğu ladini yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltilisine %0,5 oranında NaBH<sub>4</sub> ilave edildiğinde elenmiş hamur veriminin %42,10'dan %44,50'ye arttığını belirtmişlerdir. Gümüşkaya vd. (2011) fıstık çamı yongalarından alkali sülfite-antrakinon yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltilisine, %1, %2 ve %3 oranında NaBH<sub>4</sub> ilave edildiğinde hamur elenmiş veriminin %46,34'den sırasıyla %47,45, %48,12, ve %47,86'ya yükseldiğini tespit etmişlerdir. Aytakin (2011) ise Anadolu kestanesi ve Türk fıncığı yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltilisine %0,5, %1 ve %1,5 oranında NaBH<sub>4</sub> ilave edildiğinde hamur elenmiş verimlerinin sırası ile %43,03'den %43,18, %45,84, %46,29'a ve %43,13'den %43,51, %44,78, %45,67'ye arttığını rapor etmiştir.

### 3.3.4 Elek Artığı

Sarıçam yongalarından kraft, kraft-KBH<sub>4</sub>, kraft-NaBH<sub>4</sub>, kraft-Etibor 48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen hamurların toplam verimleri tespit edilmiştir. Şekil 21'de kraft, kraft-KBH<sub>4</sub>, kraft-NaBH<sub>4</sub>, kraft-Etibor 48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen hamurların elek artığı verilmiştir (Tablo 12).



Hamurların elek artığı oranları karşılaştırıldığında kontrol örneğine oranla bazı bor bileşiği ilavelerinde elek artığı oranı azalırken, bazı bor bileşiği ilavelerinde ise elek artığı oranının arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, pişirme çözeltisine ilave edilen bor bileşiği oranının artmasıyla elek artığı oranlarının da arttığı, en yüksek elek artığı oranı %3,04 ile %4  $\text{KBH}_4$  ilaveli pişirmelerde, en düşük elek artığı oranı %0,61 ile %2  $\text{KBH}_4$  ilaveli pişirmelerde tespit edilmiştir.



Şekil 21:  $\text{KBH}_4$ ,  $\text{NaBH}_4$ , Etibor-48, Etidot-67 ve kolemanit ilavesi ile kraft hamurlarının elek artığı meydana gelen değişim.

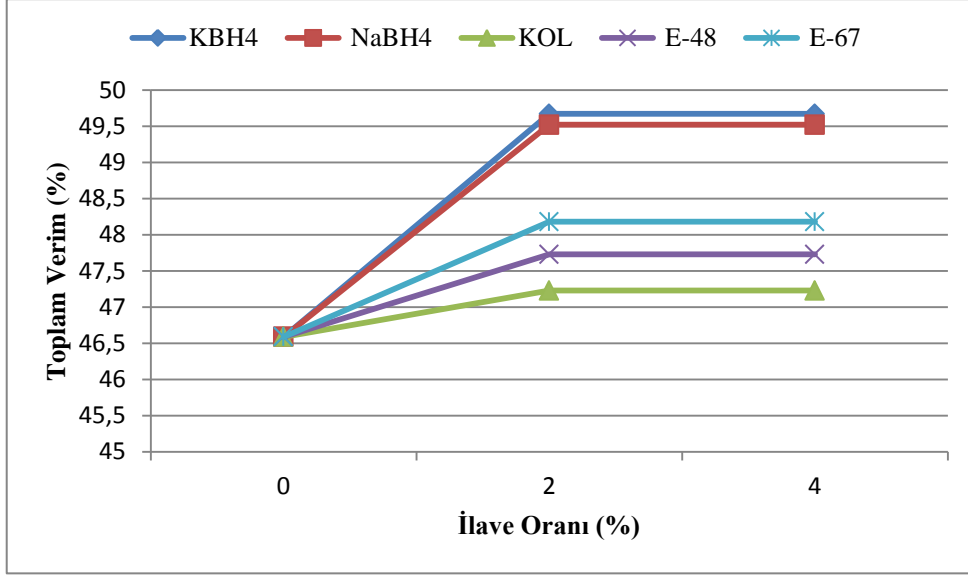
İlave edilen bor bileşiği oranının %2'den %4' e artırılması tüm pişirmelerde elek artığı oranının artmasına neden olmuştur. Buna karşın, literatürdeki konu ile ilgili çalışmalara bakıldığında ilave edilen bor bileşiği oranının artırılması ile elek artığı oranının azaldığı görülmektedir. Akgül ve Temiz (2006) Uludağ göknarı yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltisine %1, %2 ve %3 oranında  $\text{NaBH}_4$  ilave edildiğinde kağıt hamurunun elek artığı miktarının %0,83'den sırası ile %0,26, %0,21 ve %0,14'e azaldığını rapor etmişlerdir. Akgül vd. (2007) kızılçam yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltisine %1, %2 ve %3 oranında  $\text{NaBH}_4$  ilave edildiğinde kağıt hamurunun elek artığı miktarının %1,26'dan sırası ile %0,22, %0,14 ve %0,07'ye azaldığını belirtmiştir. Çöpür ve Tozluoğlu (2008) kızılçam yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltisine %2 ve %4 oranında  $\text{NaBH}_4$  ilave edildiğinde kağıt hamurunun elek artığı miktarının %2,79'dan sırası ile %0,18 ve %0,10'a azaldığını rapor etmişlerdir. Gülsoy (2009) karaçam

yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında kontrol örneğinde elek artışı oranı %2,46 iken, pişirme çözeltilisine %0,5, %1, %1,5 ve %2 oranında NaBH<sub>4</sub> ilave edildiğinde elek artışının sırası ile %2,63, %2,73, %3,02 ve %1,78 olarak değiştiğini belirtmiştir. Tutuş vd. (2010) doğu ladini yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltilisine %0,5 oranında NaBH<sub>4</sub> ilave edildiğinde elek artışı %0,3'dan %0'a düştüğünü tespit etmişlerdir. Aytakin (2011) Türk fıncığı yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltilisine %0,5, %1 ve %1,5 oranında NaBH<sub>4</sub> ilave edildiğinde hamur elek artışının %1,96'dan sırası ile %1,75, %1,46 ve %1,12'ye azaldığını rapor etmiştir.

### **3.2.4 Toplam Verim**

Kraft hamurunun verimini artırmak amacıyla birçok bilim insanı farklı yöntemler denemiştir. Bu araştırmalar sonucunda, hammaddenin kimyasal ve anatomik yapısı, pişirme koşulları, yonga kalitesi, ilave edilen katkı maddesinin türü ve miktarı gibi birçok faktörün kraft hamur verimini önemli derecede etkilediği belirtilmiştir.

Sarıçam yongalarından kraft, kraft-KBH<sub>4</sub>, kraft-NaBH<sub>4</sub>, kraft-Etibor 48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen hamurların toplam verimleri tespit edilmiştir. Şekil 22'de kraft, kraft-KBH<sub>4</sub>, kraft-NaBH<sub>4</sub>, kraft-Etibor 48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen hamurların toplam verimleri verilmiştir.



Şekil 22:  $\text{KBH}_4$ ,  $\text{NaBH}_4$ , Etibor-48, Etidot-67 ve kolemanit ilavesi ile kraft hamurlarının toplam verimde meydana gelen değişim.

Pişirme çözeltilisine ilave edilen tüm bor bileşiklerinin kağıt hamurunun toplam verimlerini artırdığı tespit edilmiştir. İlave edilen bor bileşiklerinin pişirme esnasında karbonhidratlarda meydana gelen degradasyonu engelleyerek hamurda daha fazla selüloz ve hemiselülozların tutunmasına neden olmaları hamur veriminde artışlara neden olarak gösterilebilir. En yüksek toplam verim artışı %18,24 ile %4  $\text{KBH}_4$  ilaveli pişirmelerden elde edilen hamurlarda, en düşük toplam verim artışı ise %1,37 ile %2 kolemanit ilaveli pişirmelerden elde edilen hamurlarda tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen  $\text{NaBH}_4$  ilavesi ile hamurların toplam verimlerindeki değişim çeşitli araştırmacılar tarafından rapor edilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. Özkan (2006) titrek titrek kavak yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltilisine , %1, %2 ve %3 oranında  $\text{NaBH}_4$  ilave edildiğinde toplam hamur veriminin %54,3'den sırası ile %55,3, %56,5 ve %58'e yükseldiğini tespit etmiştir. Temiz (2006) kızılçam yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltilisine %1, %2, ve %3 oranında  $\text{NaBH}_4$  ilave edildiğinde toplam hamur veriminin %45,20'den sırası ile %46,70, %47,25 ve %47,62'a yükseldiğini tespit etmiştir. Akgül ve Temiz (2006) Uludağ göknarı yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltilisine %1, %2 ve %3 oranında  $\text{NaBH}_4$  ilave edildiğinde toplam hamur veriminin %44,28'den sırası ile %45,95, %46,53 ve %46,90'a yükseldiğini rapor etmişlerdir. Akgül vd. (2007) kızılçam yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltilisine %1, %2 ve %3 oranında  $\text{NaBH}_4$  ilave edildiğinde toplam hamur veriminin %45,2 den sırası ile

%46,7, %47,2 ve %47,7'ye yükseldiğini belirlemiştir. Çöpür ve Tozluoğlu (2008) kızılçam yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltilisine %2 ve %4 oranında  $\text{NaBH}_4$  ilave edildiğinde toplam hamur veriminin %45,6'dan sırası ile %46,8 ve %48,2'ye arttığı belirtmişlerdir. Gülsoy (2009) karaçam yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltilisine %0,5, %1, %1,5 ve %2 oranında  $\text{NaBH}_4$  ilave edildiğinde toplam hamur veriminin %48,8 den sırası ile %51,65, %52,20, %53,15 ve %52,55'e yükseldiğini belirlemiştir. İstek ve Gönteki (2006) sahil çamı yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltilisine %1, %2 ve %3 oranında  $\text{NaBH}_4$  ilave edildiğinde toplam hamur veriminin %43,74'den sırası ile %45,84, %47,90 ve %47,64'e yükseldiğini rapor etmişlerdir. Tutuş vd. (2010) doğu ladini yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltilisine %0,5 oranında  $\text{NaBH}_4$  ilave edildiğinde toplam hamur veriminin %42,40'dan %44,50'ye arttığı tespit etmişlerdir. Aytekin (2011) Anadolu kestanesi ve Türk fıncığı yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltilisine %0,5, %1 ve %1,5 oranında  $\text{NaBH}_4$  ilave edildiğinde toplam hamur verimlerinin sırası ile %43,21'den %43,20, %45,86, %46,30'a ve %45,09'dan %45,26, %46,24, %46,79'a arttığını rapor etmiştir.

### **3.4 Kağıtların Sağlık Ve Optik Özellikleri**

Kraft, kraft- $\text{KBH}_4$ , kraft- $\text{NaBH}_4$ , kraft-Etibor 48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen hamurların deneme kağıtlarının yırtılma indisi, patlama indisi, kopma indisi, uzama ve TEA gibi sağlık özellikleri ile opaklık ve parlaklığı gibi optik özellikleri tespit edilmiştir. Kağıtların sağlık ve optik özellikleri üzerine nişasta ilavesinin etkisi Tablo 13'de, KN ilavesiz kağıtların sağlık ve optik özellikleri üzerine bor ilavesinin etkisi Tablo 14'de, KN ilaveli kağıtların sağlık ve optik özellikleri üzerine bor ilavesinin etkisi Tablo 15'de, KN ilavesiz kağıtların sağlık ve optik özellikleri üzerine % 2 bor ilavesinin etkisi Tablo 16'da, KN ilavesiz kağıtların sağlık ve optik özellikleri üzerine % 4 bor ilavesinin etkisi Tablo 17'de KN ilaveli kağıtların sağlık ve optik özellikleri üzerine % 2 bor ilavesinin etkisi Tablo 18'de ve KN ilaveli kağıtların sağlık ve optik özellikleri üzerine % 4 bor ilavesinin etkisi Tablo 19'de verilmiştir.

Tablo 13: Kağıtların sağlamlık ve optik özellikleri üzerine nişasta ilavesinin etkisi (t-testi).

Piştirme	Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /g)	Patlama İndisi (kPa.m <sup>2</sup> /g)	Kopma İndisi (N.m/g)	TEA (J/m <sup>2</sup> )	Uzama (%)	Opaklık (%)	Parlaklık (%)
<b>Kontrol</b>	5,30±0,08a	3,18±0,15a	68,02±2,63a	77,24±2,85a	2,02±0,10a	99,18±0,23a	19,20±0,19a
<b>Kontrol-KN</b>	5,07±0,13b	3,55±0,16b	67,95±2,66a	76,04±2,64a	2,13±0,09b	99,04±0,38a	18,38±0,35b
<b>KBH<sub>4</sub>-2</b>	5,73±0,14a	3,39±0,16a	72,31±2,96a	80,16±3,11a	2,02±0,08a	98,82±0,20a	21,22±0,17a
<b>KBH<sub>4</sub>-2-KN</b>	5,44±0,16b	3,86±0,23b	80,24±2,93b	93,18±3,61b	2,18±0,05b	98,83±0,16a	19,67±0,17b
<b>KBH<sub>4</sub>-4</b>	5,59±0,12a	3,11±0,12a	67,90±3,05a	72,19±3,09a	2,05±0,10a	99,01±0,15a	20,92±0,30a
<b>KBH<sub>4</sub>-4-KN</b>	5,30±0,14b	3,55±0,15b	73,46±3,03b	81,89±3,92b	2,17±0,08b	99,10±0,20a	19,46±0,46b
<b>NaBH<sub>4</sub>-2</b>	6,77±0,15a	3,98±0,18a	79,43±2,94a	93,16±3,60a	2,24±0,09a	98,87±0,25a	21,35±0,12a
<b>NaBH<sub>4</sub>-2-KN</b>	6,39±0,19b	4,28±0,17b	80,57±2,00a	89,13±3,46b	2,20±0,08a	98,88±0,19a	19,74±0,17b
<b>NaBH<sub>4</sub>-4</b>	6,90±0,14a	3,83±0,13a	82,31±3,54a	91,71±3,69a	2,10±0,07a	99,18±0,10a	21,17±0,38a
<b>NaBH<sub>4</sub>-4-KN</b>	6,27±0,21b	4,00±0,14b	88,74±3,44b	99,56±3,82b	2,15±0,09a	99,07±0,23a	19,77±0,19b
<b>KOL-2</b>	6,99±0,17a	3,86±0,19a	75,39±3,00a	86,55±3,72a	2,16±0,08a	98,97±0,10a	19,84±0,25a
<b>KOL-2-KN</b>	6,39±0,23b	4,37±0,21b	81,05±3,60b	93,02±2,69b	2,34±0,08b	99,01±0,15a	18,62±0,19b
<b>KOL-4</b>	7,00±0,22a	3,86±0,19a	80,74±3,58a	96,83±2,81a	2,34±0,09a	99,21±0,15a	18,75±0,24a
<b>KOL-4-KN</b>	6,26±0,15b	4,11±0,16b	80,41±3,15a	98,48±3,61a	2,34±0,07a	99,30±0,12a	17,80±0,21b
<b>E48-2</b>	7,26±0,11a	4,09±0,20a	80,64±3,22a	99,29±4,17a	2,38±0,06a	98,80±0,12a	19,70±0,32a
<b>E48-2-KN</b>	6,63±0,20b	4,23±0,18b	83,31±3,06b	100,80±3,68a	2,35±0,11a	98,89±0,10a	18,32±0,13b
<b>E48-4</b>	7,29±0,18a	4,23±0,16a	83,77±3,45a	101,09±3,37a	2,35±0,09a	98,87±0,25a	19,02±0,25a
<b>E48-4-KN</b>	6,63±0,18b	4,58±0,22b	86,21±2,96a	105,32±3,85b	2,34±0,11a	98,98±0,12a	17,98±0,16b
<b>E67-2</b>	7,20±0,13a	4,21±0,16a	85,88±3,06a	98,72±4,46a	2,27±0,09a	98,96±0,12a	18,99±0,19a
<b>E67-2-KN</b>	6,80±0,17b	4,59±0,22b	86,99±2,85a	104,77±3,83b	2,32±0,08a	99,02±0,12a	17,53±0,24b
<b>E67-4</b>	6,94±0,15a	4,19±0,19a	82,13±3,40a	105,58±4,06a	2,46±0,11a	99,22±0,13a	18,00±0,23a
<b>E67-4-KN</b>	6,49±0,23b	4,35±0,19b	82,31±2,83a	101,98±3,17b	2,41±0,09a	99,20±0,30a	16,82±0,22b

Tablo 14: KN ilavesiz kağıtların sağlamlık ve optik özellikleri üzerine bor ilavesinin etkisi (Duncan).

<b>Pişirme</b>	<b>Yırtılma İndisi (mN.m<sup>2</sup>/g)</b>	<b>Patlama İndisi (kPa.m<sup>2</sup>/g)</b>	<b>Kopma İndisi (N.m/g)</b>	<b>TEA (J/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Uzama (%)</b>	<b>Opaklık (%)</b>	<b>Parlaklık (%)</b>
<b>Kontrol</b>	5,30±0,08a	3,18±0,15a	68,02±2,63a	77,24±2,85b	2,02±0,10a	99,18±0,23b	19,20±0,19a
<b>KBH<sub>4</sub>-2</b>	5,73±0,14c	3,39±0,16b	72,31±2,96b	80,16±3,11c	2,02±0,08a	98,82±0,20a	21,22±0,17c
<b>KBH<sub>4</sub>-4</b>	5,59±0,12b	3,11±0,12a	67,90±3,05a	72,19±3,09a	2,05±0,10a	99,01±0,15b	20,92±0,30b
<b>Kontrol</b>	5,30±0,08a	3,18±0,15a	68,02±2,63a	77,24±2,85a	2,02±0,10a	99,18±0,23b	19,20±0,19a
<b>NaBH<sub>4</sub>-2</b>	6,77±0,15b	3,98±0,18c	79,43±2,94b	93,16±3,60b	2,24±0,09c	98,87±0,25a	21,35±0,12b
<b>NaBH<sub>4</sub>-4</b>	6,90±0,14b	3,83±0,13b	82,31±3,54c	91,71±3,69b	2,10±0,07b	99,18±0,10b	21,17±0,38b
<b>Kontrol</b>	5,30±0,08a	3,18±0,15a	68,02±2,63a	77,24±2,85a	2,02±0,10a	99,18±0,23b	19,20±0,19b
<b>KOL-2</b>	6,99±0,17b	3,86±0,19b	75,39±3,00b	86,55±3,72b	2,16±0,08b	98,97±0,10a	19,84±0,25c
<b>KOL-4</b>	7,00±0,22b	3,86±0,19b	80,74±3,58c	96,83±2,81c	2,34±0,09c	99,21±0,15b	18,75±0,24a
<b>Kontrol</b>	5,30±0,08a	3,18±0,15a	68,02±2,63a	77,24±2,85a	2,02±0,10a	99,18±0,23b	19,20±0,19a
<b>E48-2</b>	7,26±0,11b	4,09±0,20b	80,64±3,22b	99,29±4,17b	2,38±0,06b	98,80±0,12a	19,70±0,32b
<b>E48-4</b>	7,29±0,18b	4,23±0,16c	83,77±3,45c	101,09±3,37b	2,35±0,09b	98,87±0,25a	19,02±0,25a
<b>Kontrol</b>	5,30±0,08a	3,18±0,15a	68,02±2,63a	77,24±2,85a	2,02±0,10a	99,18±0,23b	19,20±0,19c
<b>E67-2</b>	7,20±0,13c	4,21±0,16b	85,88±3,06c	98,72±4,46b	2,27±0,09b	98,96±0,12a	18,99±0,19b
<b>E67-4</b>	6,94±0,15b	4,19±0,19b	82,13±3,40b	105,58±4,06c	2,46±0,11c	99,22±0,13b	18,00±0,23a

Tablo 15: KN ilaveli kağıtların sağlamlık ve optik özellikleri üzerine bor ilavesinin etkisi (Duncan).

<b>Pişirme</b>	<b>Yırtılma İndisi (mN.m<sup>2</sup>/g)</b>	<b>Patlama İndisi (kPa.m<sup>2</sup>/g)</b>	<b>Kopma İndisi (N.m/g)</b>	<b>TEA (J/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Uzama (%)</b>	<b>Opaklık (%)</b>	<b>Parlaklık (%)</b>
<b>Kontrol-KN</b>	5,07±0,13a	3,55±0,16a	67,95±2,66a	76,04±2,64a	2,13±0,09a	99,04±0,38ab	18,38±0,35a
<b>KBH<sub>4</sub>-2-KN</b>	5,44±0,16b	3,86±0,23b	80,24±2,93c	93,18±3,61c	2,18±0,05a	98,83±0,16a	19,67±0,17b
<b>KBH<sub>4</sub>-4-KN</b>	5,30±0,14b	3,55±0,15a	73,46±3,03b	81,89±3,92b	2,17±0,08a	99,10±0,20b	19,46±0,46b
<b>Kontrol-KN</b>	5,07±0,13a	3,55±0,16a	67,95±2,66a	76,04±2,64a	2,13±0,09a	99,04±0,38a	18,38±0,35a
<b>NaBH<sub>4</sub>-2-KN</b>	6,39±0,19b	4,28±0,17c	80,57±2,00b	89,13±3,46b	2,20±0,08b	98,88±0,19a	19,74±0,17b
<b>NaBH<sub>4</sub>-4-KN</b>	6,27±0,21b	4,00±0,14b	88,74±3,44c	99,56±3,82c	2,15±0,09ab	99,07±0,23a	19,77±0,19b
<b>Kontrol-KN</b>	5,07±0,13a	3,55±0,16a	67,95±2,66a	76,04±2,64a	2,13±0,09a	99,04±0,38a	18,38±0,35b
<b>KOL-2-KN</b>	6,39±0,23b	4,37±0,21c	81,05±3,60b	93,02±2,69b	2,34±0,08b	99,01±0,15a	18,62±0,19b
<b>KOL-4-KN</b>	6,26±0,15b	4,11±0,16b	80,41±3,15b	98,48±3,61c	2,34±0,07b	99,30±0,12b	17,80±0,21a
<b>Kontrol-KN</b>	5,07±0,13a	3,55±0,16a	67,95±2,66a	76,04±2,64a	2,13±0,09a	99,04±0,38a	18,38±0,35b
<b>E48-2-KN</b>	6,63±0,20b	4,23±0,18b	83,31±3,06b	100,80±3,68b	2,35±0,11b	98,89±0,10a	18,32±0,13b
<b>E48-4-KN</b>	6,63±0,18b	4,58±0,22c	86,21±2,96c	105,32±3,85c	2,34±0,11b	98,98±0,12a	17,98±0,16a
<b>Kontrol-KN</b>	5,07±0,13a	3,55±0,16a	67,95±2,66a	76,04±2,64a	2,13±0,09a	99,04±0,38a	18,38±0,35c
<b>E67-2-KN</b>	6,80±0,17c	4,59±0,22c	86,99±2,85c	104,77±3,83c	2,32±0,08b	99,02±0,12a	17,53±0,24b
<b>E67-4-KN</b>	6,49±0,23b	4,35±0,19b	82,31±2,83b	101,98±3,17b	2,41±0,09c	99,20±0,30a	16,82±0,22a

Tablo 16: KN ilavesiz kağıtların sağlamlık ve optik özellikleri üzerine % 2 bor ilavesinin etkisi (Duncan).

Pişirme	Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /g)	Patlama İndisi (kPa.m <sup>2</sup> /g)	Kopma İndisi (N.m/g)	TEA (J/m <sup>2</sup> )	Uzama (%)	Opaklık (%)	Parlaklık (%)
<b>Kontrol</b>	5,30±0,08a	3,18±0,15a	68,02±2,63a	77,24±2,85a	2,02±0,10a	99,18±0,23b	19,20±0,19b
<b>KBH<sub>4</sub>-2</b>	5,73±0,14b	3,39±0,16b	72,31±2,96b	80,16±3,11b	2,02±0,08a	98,82±0,20a	21,22±0,17d
<b>NaBH<sub>4</sub>-2</b>	6,77±0,15c	3,98±0,18cd	79,43±2,94d	93,16±3,60d	2,24±0,09c	98,87±0,25a	21,35±0,12d
<b>KOL-2</b>	6,99±0,17d	3,86±0,19c	75,39±3,00c	86,55±3,72c	2,16±0,08b	98,97±0,10a	19,84±0,25c
<b>E48-2</b>	7,26±0,11e	4,09±0,20de	80,64±3,22d	99,29±4,17e	2,38±0,06d	98,80±0,12a	19,70±0,32c
<b>E67-2</b>	7,20±0,13e	4,21±0,16e	85,88±3,06e	98,72±4,46e	2,27±0,09c	98,96±0,12a	18,99±0,19a

Tablo 17: KN ilavesiz kağıtların sağlamlık ve optik özellikleri üzerine % 4 bor ilavesinin etkisi (Duncan).

Pişirme	Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /g)	Patlama İndisi (kPa.m <sup>2</sup> /g)	Kopma İndisi (N.m/g)	TEA (J/m <sup>2</sup> )	Uzama (%)	Opaklık (%)	Parlaklık (%)
<b>Kontrol</b>	5,30±0,08a	3,18±0,15a	68,02±2,63a	77,24±2,85a	2,02±0,10a	99,18±0,23b	19,20±0,19c
<b>KBH<sub>4</sub>-4</b>	5,59±0,12b	3,11±0,12a	67,90±3,05a	72,19±3,09b	2,05±0,10ab	99,01±0,15a	20,92±0,30d
<b>NaBH<sub>4</sub>-4</b>	6,90±0,14c	3,83±0,13b	82,31±3,54bc	91,71±3,69c	2,10±0,07b	99,18±0,10b	21,17±0,38e
<b>KOL-4</b>	7,00±0,22c	3,86±0,19b	80,74±3,58b	96,83±2,81d	2,34±0,09c	99,21±0,15b	18,75±0,24b
<b>E48-4</b>	7,29±0,18d	4,23±0,16c	83,77±3,45c	101,09±3,37e	2,35±0,09c	98,87±0,25a	19,02±0,25c
<b>E67-4</b>	6,94±0,15c	4,19±0,19c	82,13±3,40bc	105,58±4,06f	2,46±0,11d	99,22±0,13b	18,00±0,23a



Tablo 18: KN ilaveli kağıtların sağlamlık ve optik özellikleri üzerine % 2 bor ilavesinin etkisi (Duncan).

Piştirme	Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /g)	Patlama İndisi (kPa.m <sup>2</sup> /g)	Kopma İndisi (N.m/g)	TEA (J/m <sup>2</sup> )	Uzama (%)	Opaklık (%)	Parlaklık (%)
<b>Kontrol-KN</b>	5,07±0,13a	3,55±0,16a	67,95±2,66a	76,04±2,64a	2,13±0,09a	99,04±0,38b	18,38±0,35b
<b>KBH<sub>4</sub>-2-KN</b>	5,44±0,16b	3,86±0,23b	80,24±2,93b	93,18±3,61c	2,18±0,05ab	98,83±0,16a	19,67±0,17d
<b>NaBH<sub>4</sub>-2-KN</b>	6,39±0,19c	4,28±0,17c	80,57±2,00b	89,13±3,46b	2,20±0,08b	98,88±0,19ab	19,74±0,17d
<b>KOL-2-KN</b>	6,39±0,23c	4,37±0,21c	81,05±3,60b	93,02±2,69c	2,34±0,08c	99,01±0,15ab	18,62±0,19c
<b>E48-2-KN</b>	6,63±0,20d	4,23±0,18c	83,31±3,06c	100,80±3,68d	2,35±0,11c	98,89±0,10ab	18,32±0,13b
<b>E67-2-KN</b>	6,80±0,17d	4,59±0,22d	86,99±2,85d	104,77±3,83e	2,32±0,08c	99,02±0,12ab	17,53±0,24a

Tablo 19: KN ilaveli kağıtların sağlamlık ve optik özellikleri üzerine % 4 bor ilavesinin etkisi (Duncan).

Piştirme	Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /g)	Patlama İndisi (kPa.m <sup>2</sup> /g)	Kopma İndisi (N.m/g)	TEA (J/m <sup>2</sup> )	Uzama (%)	Opaklık (%)	Parlaklık (%)
<b>Kontrol-KN</b>	5,07±0,13a	3,55±0,16a	67,95±2,66a	76,04±2,64a	2,13±0,09a	99,04±0,38a	18,38±0,35c
<b>KBH<sub>4</sub>-4-KN</b>	5,30±0,14b	3,55±0,15a	73,46±3,03b	81,89±3,92b	2,17±0,08a	99,10±0,20ab	19,46±0,46d
<b>NaBH<sub>4</sub>-4-KN</b>	6,27±0,21c	4,00±0,14b	88,74±3,44e	99,56±3,82cd	2,15±0,09a	99,07±0,23ab	19,77±0,19e
<b>KOL-4-KN</b>	6,26±0,15c	4,11±0,16b	80,41±3,15c	98,48±3,61c	2,34±0,07b	99,30±0,12b	17,80±0,21b
<b>E48-4-KN</b>	6,63±0,18d	4,58±0,22d	86,21±2,96d	105,32±3,85e	2,34±0,11b	98,98±0,12a	17,98±0,16b
<b>E67-4-KN</b>	6,49±0,23d	4,35±0,19c	82,31±2,83c	101,98±3,17d	2,41±0,09b	99,20±0,30ab	16,82±0,22a

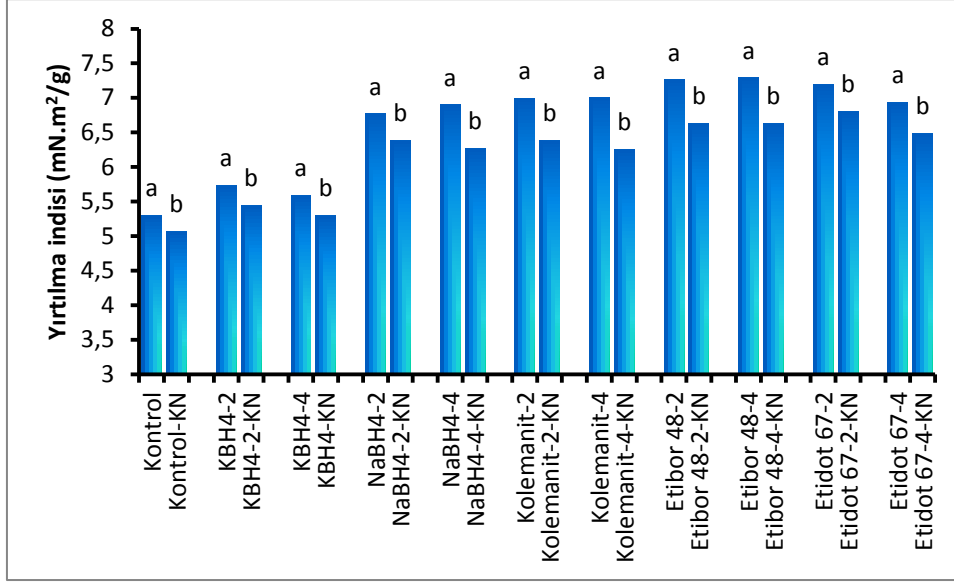
### 3.4.1 Kağıtların Sağlamlık Özellikleri

#### 3.4.1.1 Yırtılma İndisi

Kağıt ve kartonların mekanik özelliklerini değerlendirmede yaygın bir şekilde kullanılan testlerden biri de yırtılma indisidir (Scott 1995). Bir kağıdın yırtılma indisi lif uzunluğuna (Fernandez ve Young 1996; Wan Rosli vd. 2004), bireysel lif sağlamlığına (Tapin vd. 2006) ve kağıdın yırtılan yüzeyindeki toplam lif sayısına (Mossello vd. 2010) bağlıdır.

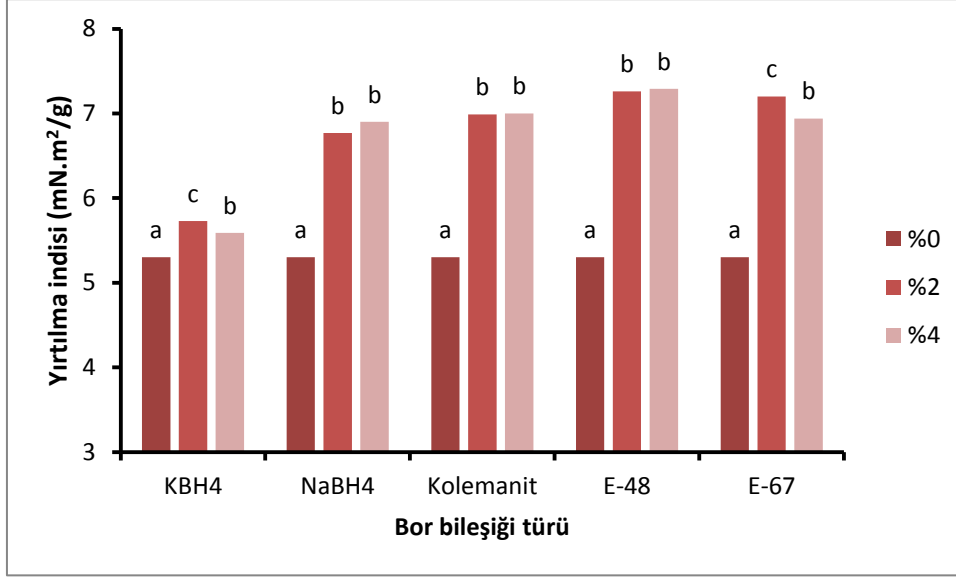
*Pinus sylvestris* L. yongalarından kraft, kraft-KBH<sub>4</sub>, kraft-NaBH<sub>4</sub>, kraft-Etibor 48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen hamurların yırtılma indisi üzerine KN ilavesinin etkisi Şekil 23’de verilmiştir (Tablo 13). Kontrol ve bor ilaveli pişirmelerden elde edilen liflerin lif süspansiyonlarına %0,75 KN ilavesinin kağıtların yırtılma indisini azalttığı ve bu azalmanın tüm hamurlarda %95 güven aralığında istatistiki olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir (P<0,05). Bu sonuç literatürdeki benzer çalışmaların sonuçları ile örtüşmektedir (Laleg 1990; Gülsoy 2014).

KN ilaveli kağıtlarda kullanılan bor bileşiği ilave oranının artmasıyla kağıtların yırtılma indisinde meydana gelen kaybın arttığı tespit edilmiştir (Tablo 13). Örneğin, %2 NaBH<sub>4</sub> ilaveli pişirmelerden elde edilen liflere %0,75 KN ilave edildiğinde kağıtların yırtılma indisi %5,61 azalırken (6,77 mN.m<sup>2</sup>/g’dan 6,39 mN.m<sup>2</sup>/g’a), %4 NaBH<sub>4</sub> ilaveli pişirmelerden elde edilen liflere %0,75 KN ilave edildiğinde bu kayıp %9,13’e (6,90 mN.m<sup>2</sup>/g’dan 6,27 mN.m<sup>2</sup>/g’a) yükselmektedir. En yüksek yırtılma indisi kaybı %10,43 ile %4 kolemanit ilaveli pişirmelerden elde edilen liflere %0,75 KN ilavesinde görülmüştür.



Şekil 23: Deneme kağıtlarının yırtılma indisi üzerine KN ilavesinin etkisi (t-testi).

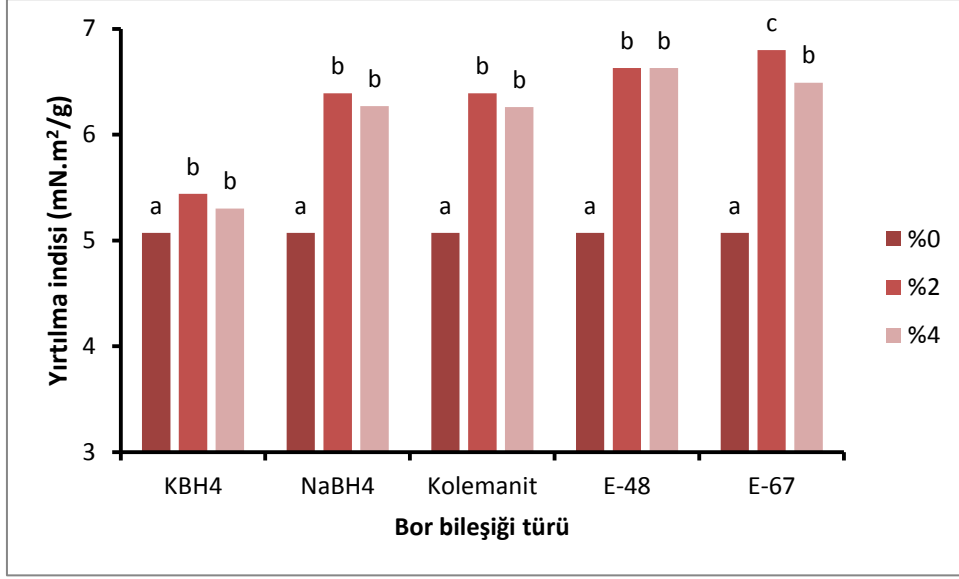
Sarıçam yongalarından kraft, kraft-KBH<sub>4</sub>, kraft-NaBH<sub>4</sub>, kraft-Etibor 48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen KN ilavesiz hamurların yırtılma indisi üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi Şekil 24’de (Tablo 14), KN ilaveli hamurlarda yırtılma indisi üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi ise Şekil 25’de (Tablo 15) verilmiştir. Hem KN ilaveli hem de nişasta ilavesiz örneklerde bor bileşiği ilavelerinin kağıtların yırtılma dirençlerini istatistik olarak anlamlı ölçüde artırdığı tespit edilmiştir (P<0,05). Benzer yırtılma indisi artışları Aytekin (2011) tarafından Anadolu kestanesi ve türk fıncığı yongalarından kraft- NaBH<sub>4</sub> yöntemi ile elde edilen hamurların deneme kağıtlarında tespit edilmiştir. Buna karşın, NaBH<sub>4</sub>’ün pişirmelerde kullanılması durumunda elde edilecek kağıtların yırtılma dirençlerini olumsuz yönde etkilediği çeşitli yazarlar tarafından belirtilmiştir (Akgül vd. 2007; Çöpür ve Tozluoğlu 2008; İstek ve Özkan 2008; Gülsoy ve Eroğlu 2011). Bor bileşiği ilavesinin %2’den %4’e çıkarılmasının yırtılma indisi üzerine olumlu bir etki göstermediği görülmüştür. Hatta, KN ilavesiz kağıtlarda hem %4 KBH<sub>4</sub> hem de %4 Etidot-67 ilavelerinden elde edilen kağıtların (Şekil 24), KN ilaveli kağıtlarda ise %4 Etidot-67 ilavelerinden elde edilen kağıtların (Şekil 25) yırtılma dirençleri %2 ilaveli pişirmelerden elde edilen kağıtlara göre daha düşük değerler verdiği tespit edilmiştir.



Şekil 24: KN ilavesiz deneme kağıtlarının yırtılma indisi üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi (Duncan testi).

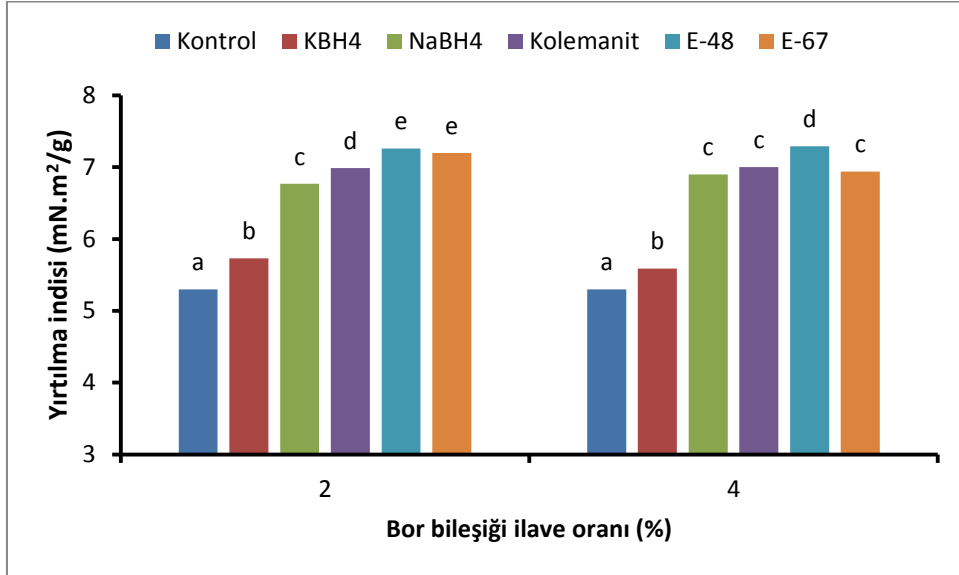
KN ilavesiz kağıtlarda en yüksek yırtılma indisi artışı %37,55 (5,30 mN.m<sup>2</sup>/g'dan 7,29 mN.m<sup>2</sup>/g'a) ile %4 Etibor-48 ilaveli pişirmelerden elde edilen hamurlardan elde edilirken (Tablo 14), KN ilaveli kağıtlarda ise en yüksek yırtılma indisi artışı %34,12 (5,07 mN.m<sup>2</sup>/g'dan 6,80 mN.m<sup>2</sup>/g'a) ile %2 Etidot-67 ilaveli pişirmelerden elde edilen hamurlarda elde edilmiştir (Tablo 15).

KN ilavesiz kağıtlarda en düşük yırtılma indisi artışı %5,47 (5,30 mN.m<sup>2</sup>/g'dan 5,59 mN.m<sup>2</sup>/g'a) ile %4 KBH<sub>4</sub> ilaveli pişirmelerden elde edilen hamurlardan elde edilirken (Tablo 14), KN ilaveli kağıtlarda ise en düşük yırtılma indisi artışı %4,54 (5,07 mN.m<sup>2</sup>/g'dan 5,30 mN.m<sup>2</sup>/g'a) ile yine %4 KBH<sub>4</sub> ilaveli pişirmelerden elde edilen hamurlarda elde edilmiştir (Tablo 15).



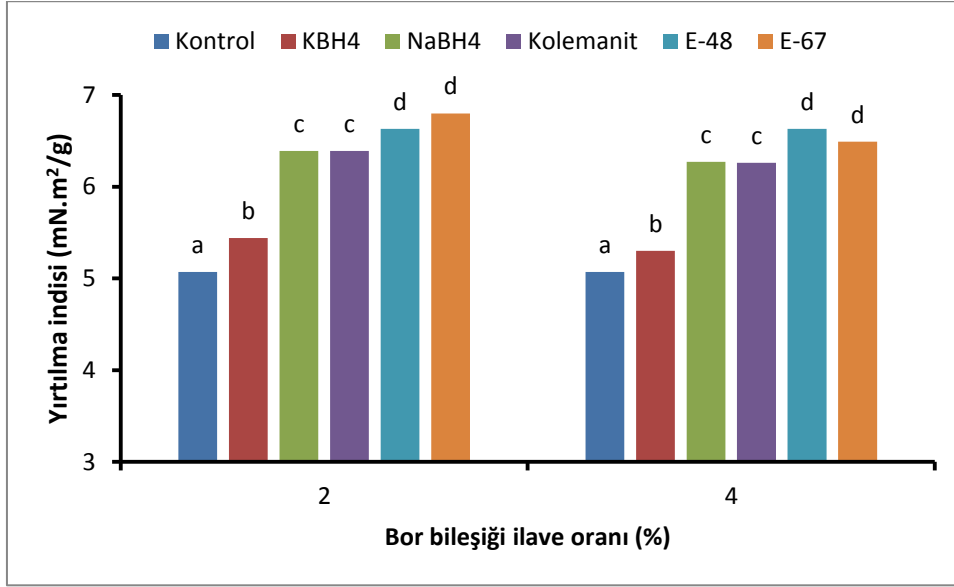
Şekil 25: KN ilaveli deneme kağıtlarının yırtılma indisi üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi (Duncan testi).

%2 bor bileşiği ilaveli pişirmeler kendi içerisinde kıyaslandığında hem KN ilavesiz kağıtlarda (Şekil 26, Tablo 16) hem de KN ilaveli kağıtlarda (Şekil 27, Tablo 18) Etibor-48 ve Etidot-67'nin diğer bor bileşiği türlerinden daha yüksek oranda yırtılma indisi artışlarına neden olduğu görülmüştür.



Şekil 26: KN ilavesiz deneme kağıtlarının yırtılma indisi üzerine bor bileşiği türünün etkisi (Duncan testi).

%4 bor bileşiği ilaveli pişirmeler kendi içerisinde kıyaslandığında KN ilavesiz kağıtlarda Etibor-48'in (Şekil 26, Tablo 17), KN ilaveli kağıtlarda (Şekil 27, Tablo 19) ise hem Etibor- 48 hem de Etidot-67'nin diğer bor türlerinden daha yüksek oranda yırtılma indisi artışlarına neden olduğu görülmüştür.



Şekil 27: KN ilaveli deneme kağıtlarının yırtılma indisi üzerine bor bileşiği türünün etkisi (Duncan testi).

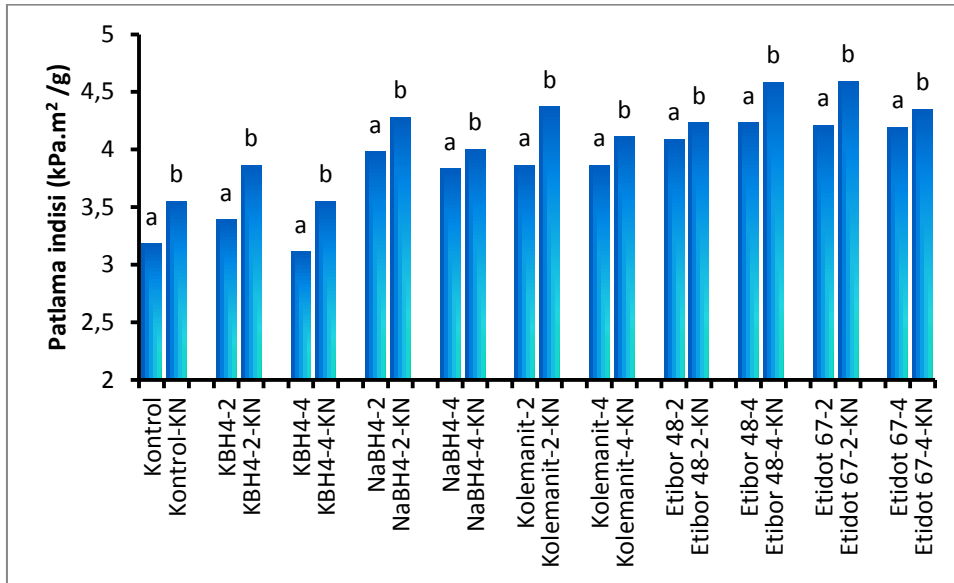
### 3.4.1.2 Patlama İndisi

Patlama direncini etkileyen önemli iki faktör lif uzunluğu ve lif bağlanmasıdır. Lif uzunluğunun artmasıyla patlama direnci artar. Fakat patlama direncini etkileyen en önemli faktör lif bağlanmasıdır (Eroğlu, 2003).

*Pinus sylvestris* L. yongalarından kraft, kraft-KBH<sub>4</sub>, kraft-NaBH<sub>4</sub>, kraft-Etibor 48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen hamurların patlama indisi üzerine KN ilavesinin etkisi Şekil 28'de verilmiştir (Tablo 13). Kontrol ve bor ilaveli pişirmelerden elde edilen liflerin lif süspansiyonlarına %0,75 KN ilavesinin kağıtların patlama indisini arttırdığı ve bu artışın tüm hamurlarda %95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir (P<0,05). Bu çalışmada KN ilaveli hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indisi değişimi çeşitli araştırmacılar tarafından rapor edilen sonuçlara benzemektedir. Örneğin, Gülsoy (2014) iğne yapraklı ağaçtan elde edilen kraft hamuruna %0,75 KN ilave ettiğinde elde edilen kağıtların patlama indisinin 1,83

kPam<sup>2</sup>/g'dan 4,19 kPa.m<sup>2</sup>/g'a yükseldiğini belirtmiştir.

KN ilaveli kağıtlarda kullanılan bor bileşiği ilave oranının artmasıyla KBH<sub>4</sub> ve Etibor-48 ilaveli pişirmelerde kağıtların patlama indisinin arttığı, NaBH<sub>4</sub>, Etidot-67 ve kolemanit ilaveli pişirmelerde ise kağıtların patlama indisinin bor bileşiği ilave oranının artmasıyla azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 13). Örneğin, %2 Etibor-48 ilaveli pişirmelerden elde edilen liflere %0,75 KN ilave edildiğinde kağıtların patlama indisi %2,92 artarken (4,11 kPa.m<sup>2</sup>/g'dan 4,23 kPa.m<sup>2</sup>/g'a), %4 Etibor-48 ilaveli pişirmelerden elde edilen liflere %0,75 KN ilave edildiğinde bu artış %8,27'ye (4,23 kPa.m<sup>2</sup>/g'dan 4,58 kPa.m<sup>2</sup>/g'a) yükselmektedir. Buna karşın, %2 Etidot-67 ilaveli pişirmelerden elde edilen liflere %0,75 KN ilave edildiğinde kağıtların patlama indisi %9,06 artarken (4,21 kPa.m<sup>2</sup>/g'dan 4,59 kPa.m<sup>2</sup>/g'a), %4 Etidot-67 ilaveli pişirmelerden elde edilen liflere %0,75 KN ilave edildiğinde bu artış %3,82'ye (4,19 kPa.m<sup>2</sup>/g'dan 4,35 kPa.m<sup>2</sup>/g'a) düşmektedir. En yüksek patlama indisi artışı %14,15 ile %4 KBH<sub>4</sub> ilaveli pişirmelerden elde edilen liflere %0,75 KN ilavesinde görülmüştür.



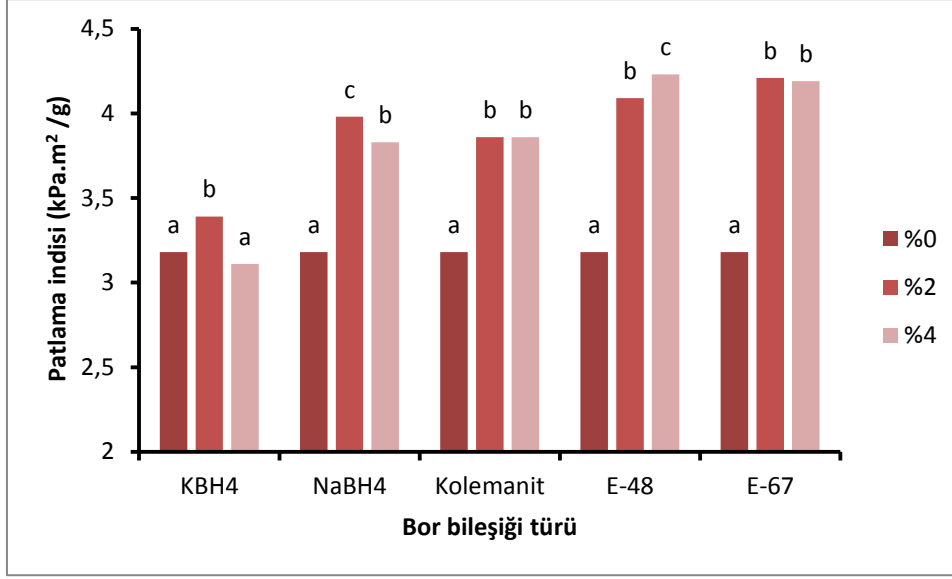
Şekil 28: Deneme kağıtlarının yırtılma indisi üzerine KN ilavesinin etkisi (t-testi).

Sarıçam yongalarından kraft, kraft-KBH<sub>4</sub>, kraft-NaBH<sub>4</sub>, kraft-Etibor 48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen KN ilavesiz hamurların patlama indisi üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi Şekil 29'de (Tablo 14), KN ilaveli hamurlarda patlama indisi üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi ise Şekil 30'da (Tablo 15) verilmiştir. Hem

KN ilaveli hem de KN ilavesiz örneklerde bor bileşiği ilavelerinin kağıtların patlama dirençlerini istatistiki olarak anlamlı ölçüde artırdığı tespit edilmiştir ( $P < 0,05$ ). Bu sonuç literatürdeki benzer çalışmaların sonuçları ile örtüşmektedir. Tutuş vd. (2010) doğu ladini yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltilisine %0,5 oranında  $\text{NaBH}_4$  ilave edildiğinde deneme kağıtlarının patlama indisinin 3,09  $\text{kPa.m}^2/\text{g}$ 'dan 3,21  $\text{kPa.m}^2/\text{g}$ 'a arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca, Aytekin (2011) Anadolu kestanesi yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltilisine %0,5, %1 ve %1,5 oranında  $\text{NaBH}_4$  ilave edildiğinde deneme kağıtlarının patlama indisinin 2,94  $\text{kPa.m}^2/\text{g}$ 'dan sırası ile 3,16  $\text{kPa.m}^2/\text{g}$ , 3,72  $\text{kPa.m}^2/\text{g}$  ve 3,50  $\text{kPa.m}^2/\text{g}$ 'a arttığını rapor etmiştir. Buna karşın, Temiz (2006) Uludağ göknarı ve kızılçam yongalarından, Çöpür ve Tozluoğlu (2008) kızılçam yongalarından, Gülsoy (2009) ise karaçam yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltilisine  $\text{NaBH}_4$  ilave edildiğinde kağıtların patlama indisinin azaldığını belirtmişlerdir.

Bor bileşiği ilavesinin %2'den %4'e çıkarılmasının patlama indisi üzerine olumlu bir etki göstermediği görülmüştür. Ancak, hem KN ilavesiz kağıtlarda %4 Etibor-48 ilavelerinden elde edilen kağıtların (Şekil 29), hem de KN ilaveli kağıtlarda ise %4 Etibor-48 ilavelerinden elde edilen kağıtların (Şekil 30) patlama dirençleri %2 ilaveli pişirmelerden elde edilen kağıtlara göre daha yüksek değerler verdiği tespit edilmiştir. Buna karşın, bazı pişirmelerde bor bileşiği ilavesinin %2'den %4'e çıkarılmasının patlama indisi üzerine olumsuz yönde bir etki gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 14-15).

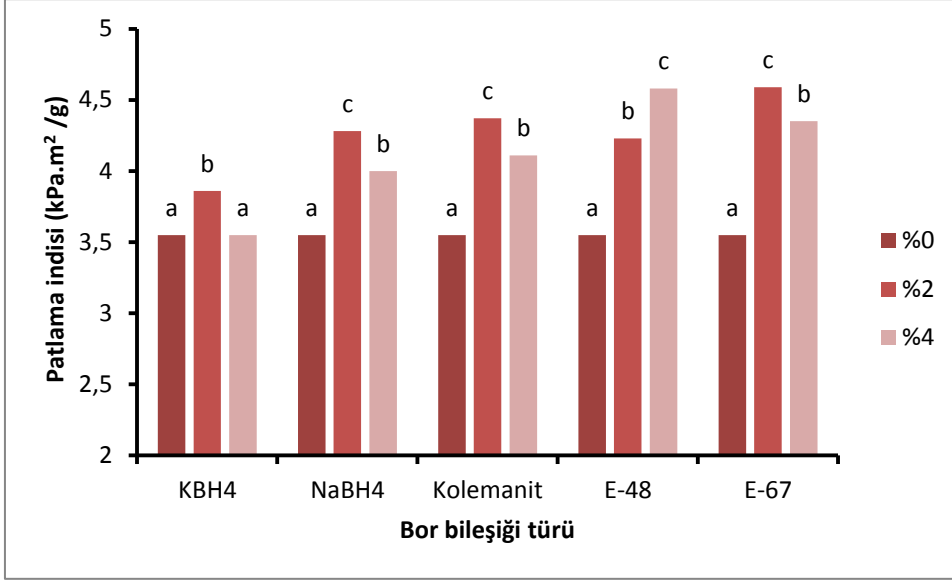




Şekil 29: KN ilavesiz deneme kağıtlarının patlama indisi üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi (Duncan testi).

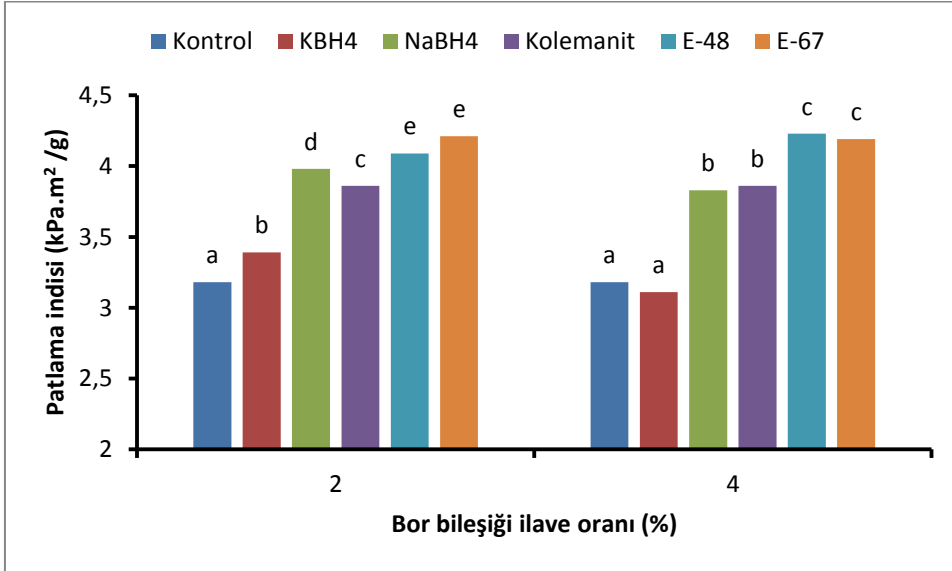
KN ilavesiz kağıtlarda en yüksek patlama indisi artışı %33,02 (3,18 kPa.m<sup>2</sup>/g'dan 4,23 kPa.m<sup>2</sup>/g'a) ile %4 Etibor-48 ilaveli pişirmelerden elde edilen hamurlarda elde edilirken (Tablo 14), KN ilaveli kağıtlarda ise en yüksek patlama indisi artışı %29,3 (3,55 kPa.m<sup>2</sup>/g'dan 4,59 kPa.m<sup>2</sup>/g'a) ile %2 Etidot-67 ilaveli pişirmelerden elde edilen hamurlarda elde edilmiştir (Tablo 15). Bununla birlikte, %4 KBH<sub>4</sub> ilaveli pişirmelerden elde edilen hamurların patlama indisi değerleri hem KN ilaveli hem de ilavesiz kağıtlarda kontrol örneğinde istatistiki olarak anlamsız bir değişim göstermiştir (Tablo 14-15).

KN ilavesiz kağıtlarda en düşük patlama indisi artışı %6,60 (3,18 kPa.m<sup>2</sup>/g'dan 3,39 kPa.m<sup>2</sup>/g'a) ile %2 KBH<sub>4</sub> ilaveli pişirmelerden elde edilen hamurlarda elde edilirken (Tablo 14), KN ilaveli kağıtlarda ise en düşük patlama indisi artışı %12,68 (3,55 kPa.m<sup>2</sup>/g'dan 4,00 mN.m<sup>2</sup>/g'a) ile yine %4 NaBH<sub>4</sub> ilaveli pişirmelerden elde edilen hamurlarda elde edilmiştir (Tablo 15).



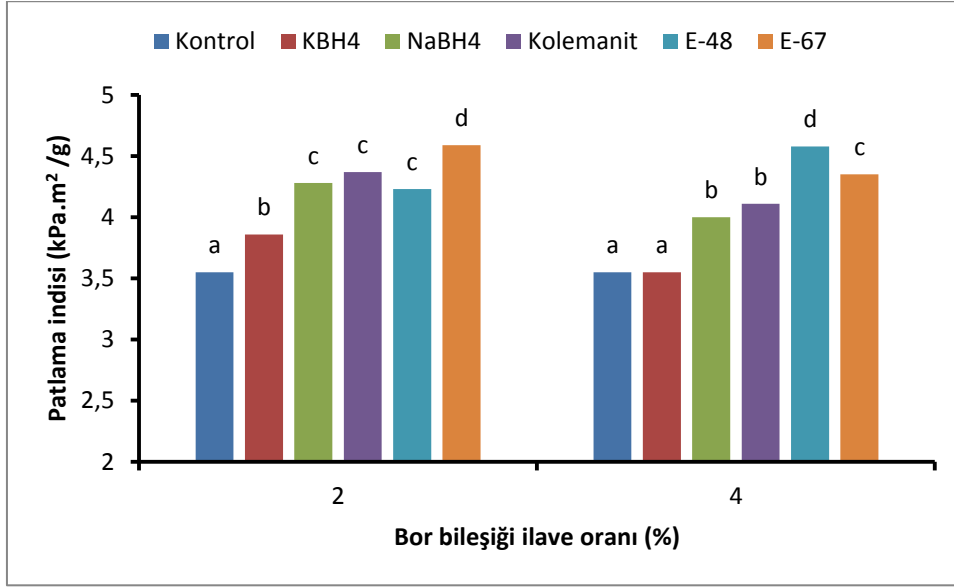
Şekil 30: KN ilaveli deneme kağıtlarının patlama indisi üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi (Duncan testi).

%2 bor bileşiği ilaveli pişirmeler kendi içerisinde kıyaslandığında KN ilavesiz kağıtlarda Etibor-48 ve Etidot-67'nin (Şekil 31, Tablo 16), KN ilaveli kağıtlarda (Şekil 32, Tablo 18) ise Etidot-67'nin diğer bor bileşiği türlerinden daha yüksek oranda patlama indisi artışlarına neden olduğu belirlenmiştir.



Şekil 31: KN ilavelisiz deneme kağıtlarının patlama indisi üzerine bor bileşiği türünün etkisi (Duncan testi).

%4 bor bileşigi ilaveli pişirmeler kendi içerisinde kıyaslandığında KN ilavesiz kağıtlarda Etibor-48 ve Etidot-67'nin (Şekil 31, Tablo 17), KN ilaveli kağıtlarda (Şekil 32, Tablo 19) ise Etibor-48 diğer bor türlerinden daha yüksek oranda patlama indisi artışlarına neden olduğu görülmüştür.



Şekil 32: KN ilaveli deneme kağıtlarının patlama indisi üzerine bor bileşigi türünün etkisi (Duncan testi).

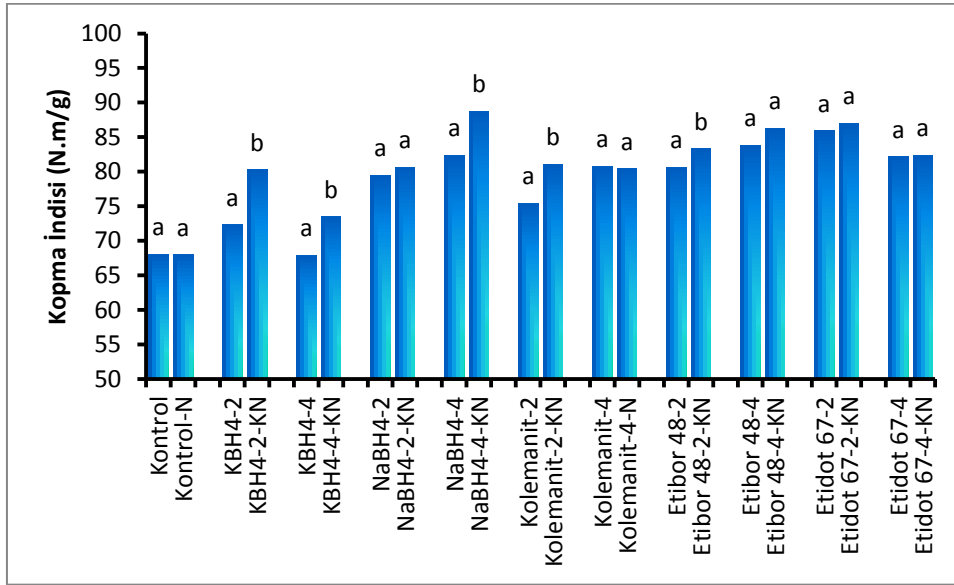
### 3.4.1.3 Kopma İndisi

Kopma direnci kağıt üzerinde yapılan diğer geleneksel ölçümlerden daha temel bir özelliktir. Patlama, çift katlama ve yırtılma direncinin bir bileşenidir (Eroğlu, 1980). Lif yönlendirilmesi makine yönünde daha fazla olduğundan kopma direnci makine yönünde enine yönden her zaman daha yüksektir. Kağıtların gramajının artması kopma direncini de arttırır. Kopma direncini etkileyen en önemli faktör lif-lif bağının sayısı ve niteliğidir (Casey, 1960).

*Pinus sylvestris* L. yongalarından kraft, kraft-KBH<sub>4</sub>, kraft-NaBH<sub>4</sub>, kraft-Etibor 48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen hamurların kopma indisi üzerine KN ilavesinin etkisi Şekil 33'de gösterilmiştir (Tablo 13). Kontrol ve bor ilaveli pişirmelerden elde edilen liflerin lif süspansiyonlarına %0,75 KN ilavesinin %2 ve 4 KBH<sub>4</sub>, %4 NaBH<sub>4</sub>, %2 kolemanit, %2 Etibor-48 ilaveli pişirmelerin kağıt hamurlarında kopma indisinin arttığı, diğer pişirmelerde ise kopma indisinin değişmediği tespit

edilmiştir. Kopma indisinde meydana gelen artışların %95 güven aralığında istatistiki olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ). ). Bu sonuç literatürdeki benzer çalışmaların sonuçları ile örtüşmektedir (Gülsoy, 2014).

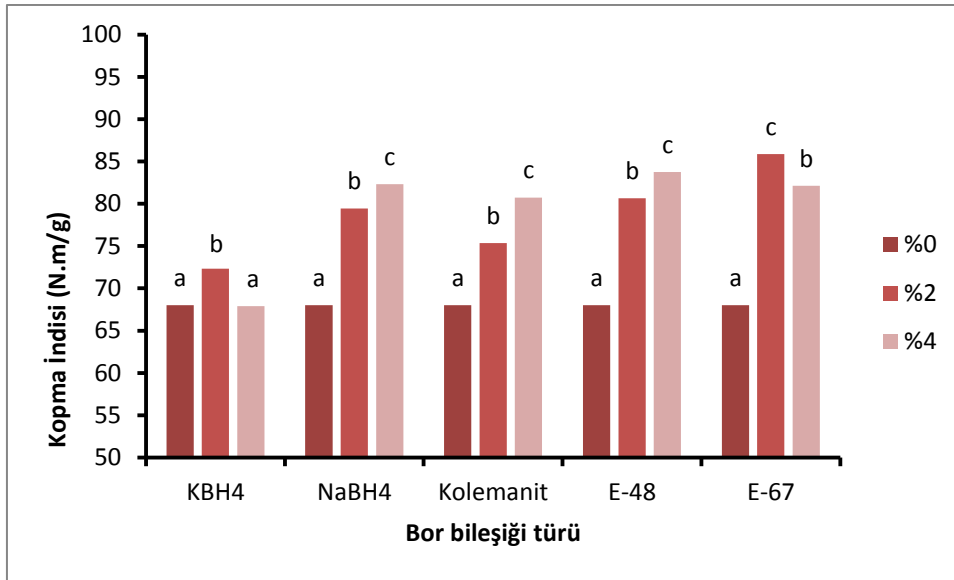
KN ilaveli kağıtlarda kullanılan bor bileşiği ilave oranının artmasıyla kağıtların kopma indisindeki artış oranının  $\text{NaBH}_4$  ilaveli pişirmeler haricinde azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 13). Örneğin, %2  $\text{KBH}_4$  ilaveli pişirmelerden elde edilen liflere %0,75 KN ilave edildiğinde kağıtların kopma indisi %10,97 artarken (72,31 N.m/g'dan 80,24 N.m/g'a), %4  $\text{KBH}_4$  ilaveli pişirmelerde bu oran %8,19'a (67,90 N.m/g'dan 73,46 N.m/g'a) düşmüştür. En yüksek kopma indisi artışı %10,97 ile %2  $\text{KBH}_4$  ilaveli pişirmelerden elde edilen liflere %0,75 KN ilavesinde görülmüştür.



Şekil 33: Deneme kağıtlarının kopma indisi üzerine KN ilavesinin etkisi (t-testi).

Sarıçam yongalarından kraft, kraft- $\text{KBH}_4$ , kraft- $\text{NaBH}_4$ , kraft-Etibor 48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen KN ilavesiz hamurların kopma indisi üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi Şekil 34'de (Tablo 14), KN ilaveli hamurlarda kopma indisi üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi ise Şekil 35'de (Tablo 15) verilmiştir. Hem KN ilaveli hem de nişasta ilavesiz örneklerde bor bileşiği ilavelerinin kağıtların kopma dirençlerini istatistiki olarak anlamlı ölçüde artırdığı tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ). ). Bu sonuç literatürdeki benzer çalışmaların sonuçları ile örtüşmektedir Ayata (2008) *Eucalyptus grandis* ve *Eucalyptus camaldulensis* yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi

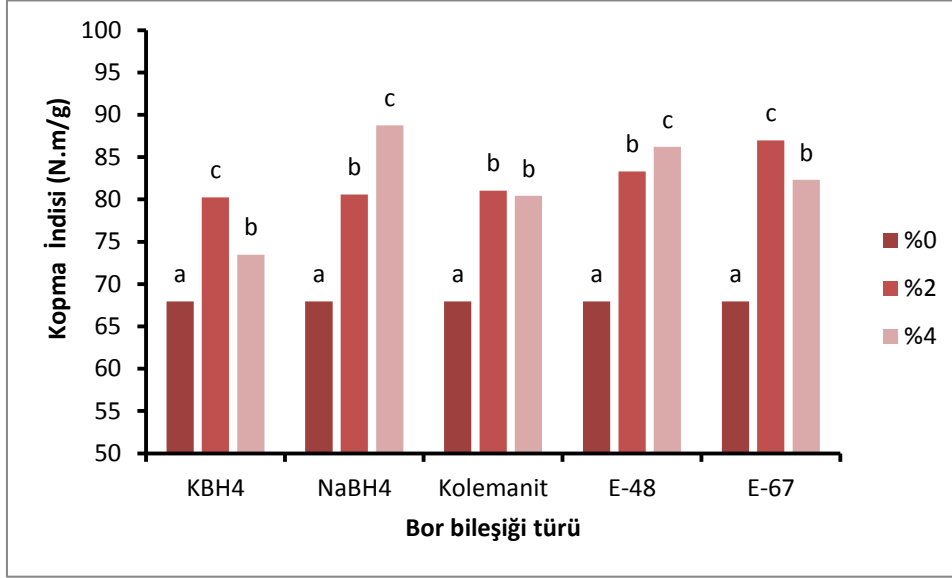
esnasında pişirme çözeltisine  $\text{NaBH}_4$  ilave edildiğinde kağıtların kopma indisinin arttığını belirtmiştir. Ancak, Temiz (2006) Uludağ göknarı ve kızılçam yongalarından, Çöpür ve Tozluoğlu (2008) kızılçam yongalarından, Gülsoy (2009) karaçam yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltisine  $\text{NaBH}_4$  ilave edildiğinde kağıtların kopma indisinin azaldığını belirtmişlerdir. Bor bileşiği ilavesinin %2'den %4'e çıkarılmasının  $\text{KBH}_4$  ve Etidot-67 ilavelerinden elde edilen kağıtların kopma indisi üzerine olumlu bir etki göstermediği görülmüştür.  $\text{NaBH}_4$ , kolemanit ve Etibor-48 ilavelerinde elde edilen kağıtların kopma indisi ise olumlu bir etki yaptığı görülmüştür. KN ilavesiz kağıtlarda %4  $\text{KBH}_4$  ve Etidot-67 ilavelerinden elde edilen kağıtların (Şekil 33), KN ilaveli kağıtlarda ise %4  $\text{KBH}_4$  ve %4 Etidot-67 ilavelerinden elde edilen kağıtların (Şekil 34) kopma dirençleri %2 ilaveli pişirmelerden elde edilen kağıtlara göre daha düşük değerler verdiği tespit edilmiştir.



Şekil 34: KN ilavesiz deneme kağıtlarının kopma indisi üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi (Duncan testi).

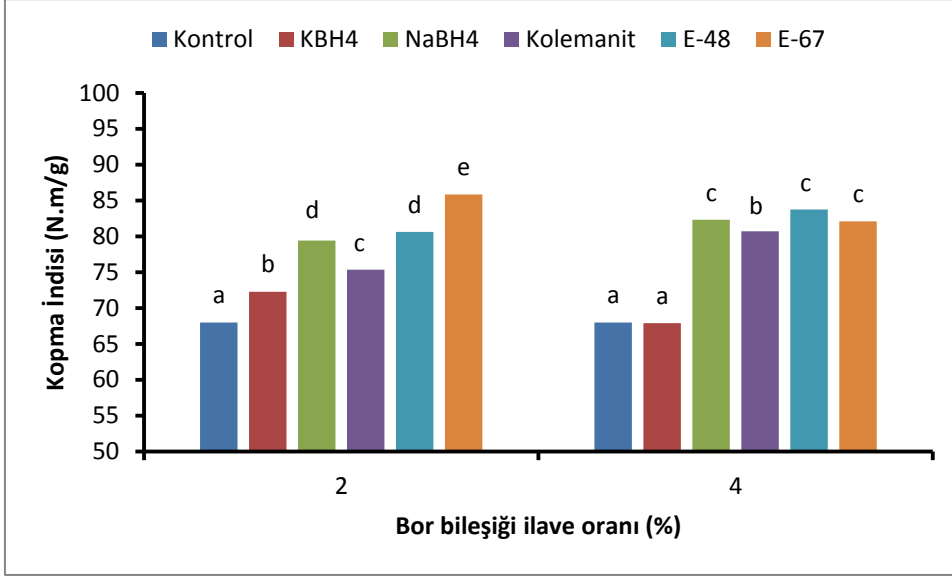
KN ilavesiz kağıtlarda en yüksek kopma indisi artışı %26,26 (68,02 N.m/g'dan 85,88 N.m/g'a) ile %2 Etidot-67 ilaveli pişirmelerden elde edilen hamurlarda elde edilirken (Tablo 14), KN ilaveli kağıtlarda ise en yüksek kopma indisi artışı %30,6 (67,95 N.m/g'dan 88,74 N.m/g'a) ile %4  $\text{NaBH}_4$  ilaveli pişirmelerden elde edilen hamurlarda elde edilmiştir (Tablo 15).

KN ilavesiz kağıtlarda en düşük kopma indisi artışı %6,31 (68,02 N.m/g'dan 72,31 N.m<sup>2</sup>/g'a) ile %2 KBH<sub>4</sub> ilaveli pişirmelerden elde edilen hamurlarda elde edilirken (Tablo 14), KN ilaveli kağıtlarda ise en düşük kopma indisi artışı % 8,11 (67,95 N.m/g'dan 73,46 N.m/g'a) ile %4 KBH<sub>4</sub> ilaveli pişirmelerden elde edilen hamurlarda elde edilmiştir (Tablo 15).



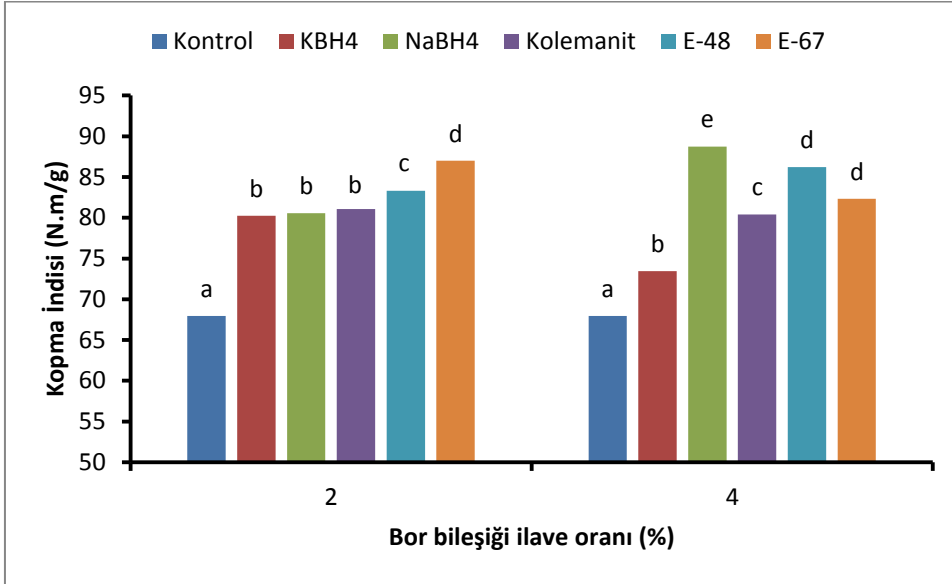
Şekil 35: KN ilaveli deneme kağıtlarının kopma indisi üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi (Duncan testi).

%2 bor bileşiği ilaveli pişirmeler kendi içerisinde kıyaslandığında hem KN ilavesiz (Şekil 35, Tablo 16) hem de ilaveli (Şekil 36, Tablo 18) kağıtlarda Etidot-67'nin diğer bor bileşiği türlerinden daha yüksek oranda kopma indisi artışlarına neden olduğu görülmüştür.



Şekil 36: KN ilavesiz deneme kağıtlarının kopma indisi üzerine bor bileşiği türünün etkisi (Duncan testi).

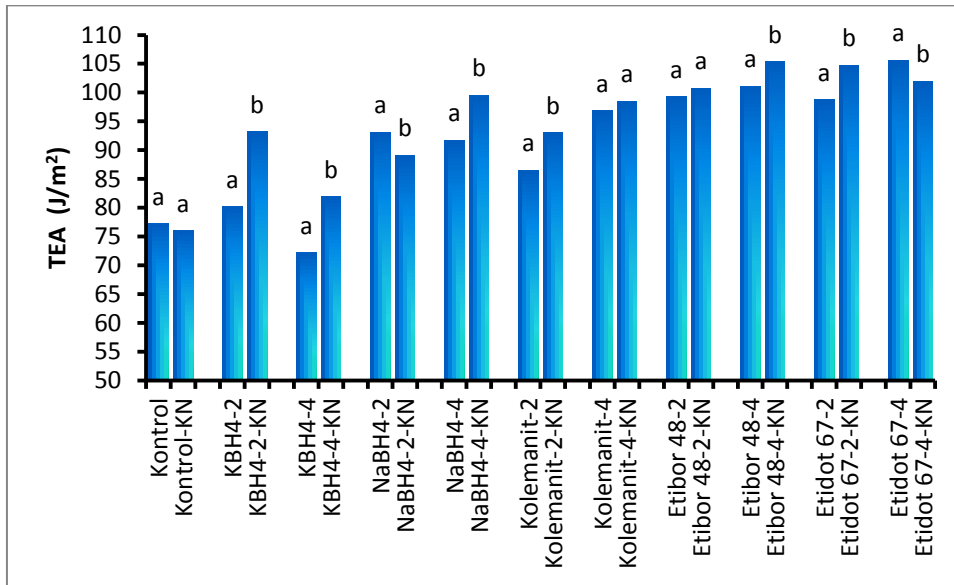
%4 bor bileşiği ilaveli pişirmeler kendi içerisinde kıyaslandığında KN ilavesiz kağıtlarda  $\text{NaBH}_4$ , Etibor-48 ve Etidot-67'nin (Şekil 36, Tablo 17), KN ilaveli kağıtlarda (Şekil 37, Tablo 19) ise  $\text{NaBH}_4$  diğer bor bileşiği türlerinden daha yüksek oranda kopma indisi artışlarına neden olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 37: KN ilaveli deneme kağıtlarının kopma indisi üzerine bor bileşiği türünün etkisi (Duncan testi).

### 3.4.1.4 TEA

*Pinus sylvestris* L. yongalarından kraft, kraft-KBH<sub>4</sub>, kraft-NaBH<sub>4</sub>, kraft-Etibor 48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen hamurların TEA değerleri üzerine KN ilavesinin etkisi Şekil 38’de verilmiştir (Tablo 13). Kontrol ve bor bileşiği ilaveli pişirmelerden elde edilen liflerin lif süspansiyonlarına %0,75 KN ilavesi ile kağıtların TEA değerlerinin kontrol, %2 NaBH<sub>4</sub> ve %4 Etidot-67 ilaveli pişirmeler haricinde arttığı tespit edilmiştir. Kontrol, %4 kolemanit ve %2 Etibor-48 ilaveli pişirmelerde %0,75 KN ilavesi ile kağıtların TEA değerlerinde meydana gelen değişimin %95 güven aralığında istatistiki olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir (P<0,05). Bununla birlikte, kağıtların TEA değerleri %4 Etidot-67 ilaveli pişirmelerde kontrol örneğine nazaran %95 güven aralığında istatistiki olarak anlamlı derecede azalmıştır (P<0,05). Gülsoy (2014) iğne yapraklı ağaçtan elde edilen kraft hamuruna %0,75 KN ilave ettiğinde elde edilen kağıtların TEA değerinin yükseldiğini belirtmiştir.

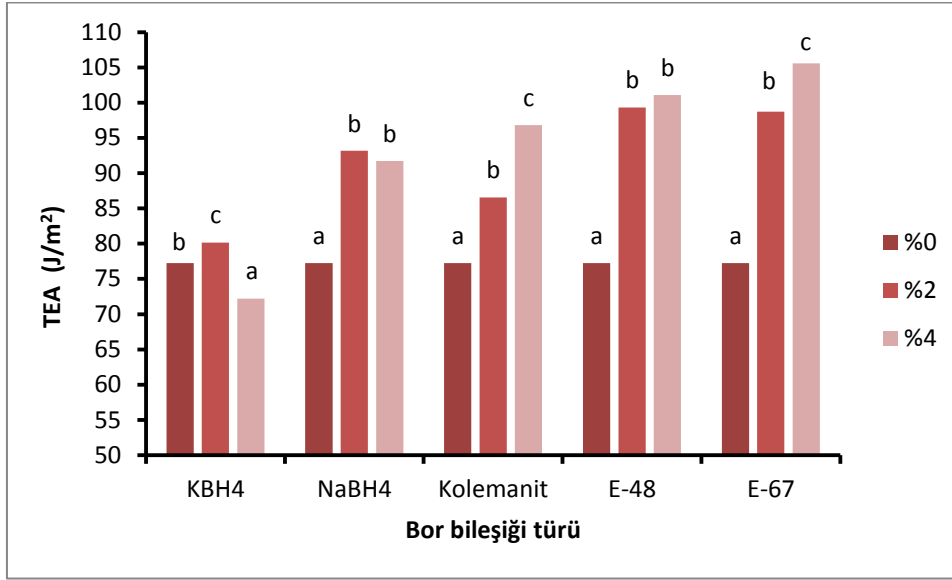


Şekil 38: Deneme kağıtlarının TEA üzerine KN ilavesinin etkisi (t-testi).

Sarıçam yongalarından kraft, kraft-KBH<sub>4</sub>, kraft-NaBH<sub>4</sub>, kraft-Etibor 48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen KN ilavesiz hamurların TEA değeri üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi Şekil 39’da (Tablo 14), KN ilaveli hamurlarda TEA değerlerinin üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi ise Şekil 40’da (Tablo 15) verilmiştir. KN ilavesiz örneklerde bor bileşiği ilave oranının artmasıyla KBH<sub>4</sub> ve NaBH<sub>4</sub> ilaveleri



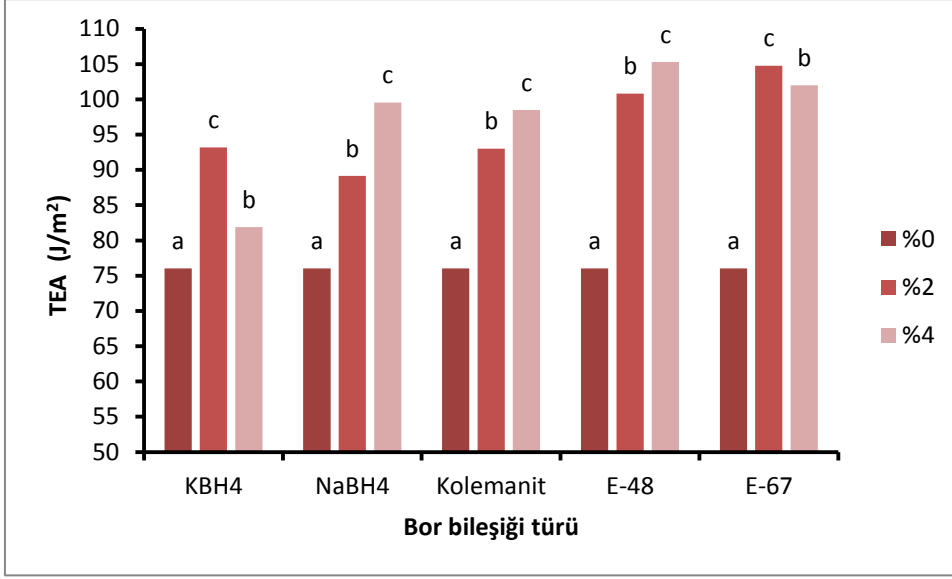
haricindeki diğer bor bileşiklerinin ilavelerinde kağıtların TEA değerlerinin istatistiki olarak anlamlı ölçüde artırdığı tespit edilmiştir. KN ilaveli örneklerde ise bor bileşiği ilavelerinin  $\text{KBH}_4$  ve Etidot-67 haricindeki diğer bor bileşiklerinin ilavelerinde kağıtların TEA değerlerinin bor bileşiği ilave oranının artmasıyla istatistiki olarak anlamlı ölçüde artırdığı tespit edilmiştir ( $P < 0,05$ ).



Şekil 39: KN ilavesiz deneme kağıtlarının TEA üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi (Duncan testi).

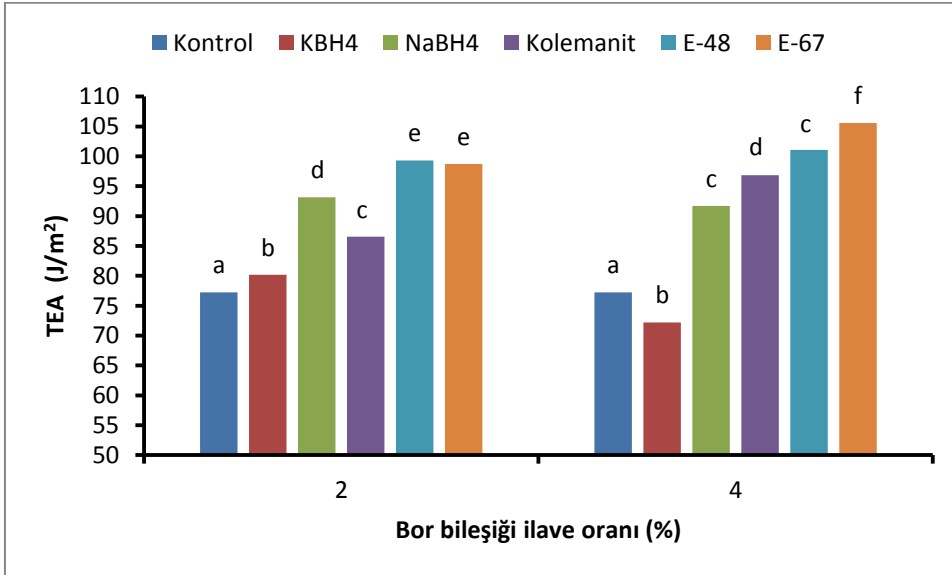
KN ilavesiz kağıtlarda en yüksek TEA değeri artışı %36,69 ( $77,24 \text{ J/m}^2$ 'den  $105,58 \text{ J/m}^2$ 'ye) ile %4 Etidot-67 ilaveli pişirmelerden elde edilen hamurlarda elde edilirken (Tablo 14), KN ilaveli kağıtlarda ise en yüksek TEA değeri artışı %38,51 ( $76,04 \text{ J/m}^2/\text{g}$ 'den  $105,32 \text{ J/m}^2$ 'ye) ile %2 Etibor-48 ilaveli pişirmelerden elde edilen hamurlardan elde edilmiştir (Tablo 15).

KN ilavesiz kağıtlarda en düşük TEA değeri artışı %3,78 ( $77,24 \text{ J/m}^2$ 'den  $80,16 \text{ J/m}^2$ 'ye) ile %2  $\text{KBH}_4$  ilaveli pişirmelerden elde edilen hamurlarda elde edilirken (Tablo 14), KN ilaveli kağıtlarda ise en düşük TEA değeri artışı %7,69 ( $76,04 \text{ J/m}^2$ 'den  $81,89 \text{ J/m}^2$ 'ye) ile yine %4  $\text{KBH}_4$  ilaveli pişirmelerden elde edilen hamurlarda elde edilmiştir (Tablo 15).



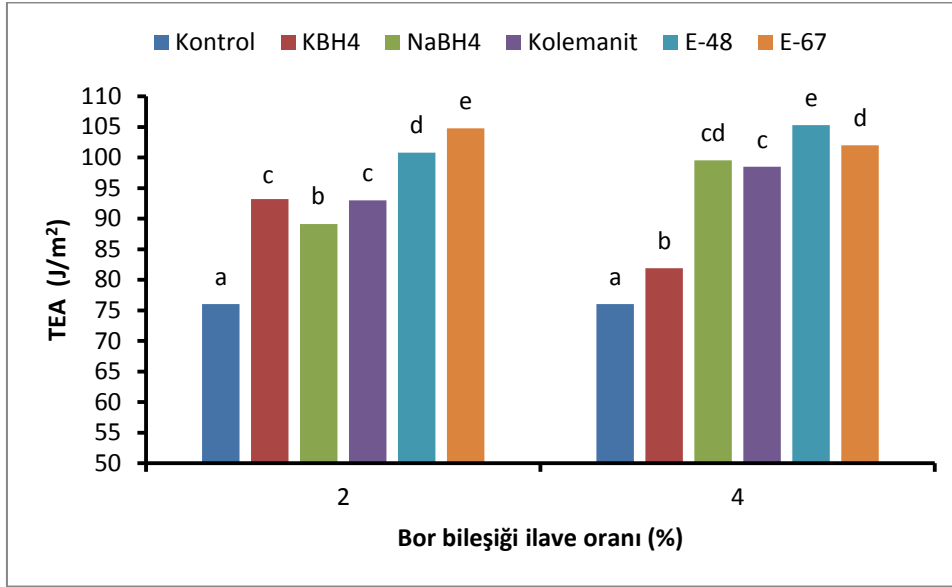
Şekil 40: KN ilaveli deneme kağıtlarının TEA üzerine bor bileşigi ilave oranının etkisi (Duncan testi).

%2 bor bileşigi ilaveli pişirmeler kendi içerisinde kıyaslandığında KN ilavesiz kağıtlarda Etibor-48 ve Etidot-67'nin (Şekil 41, Tablo 16), KN ilaveli kağıtlarda (Şekil 42, Tablo 18) ise Etidot-67'nin diğer bor bileşigi türlerinden daha yüksek oranda TEA artışlarına neden olduğu görülmüştür.



Şekil 41: KN ilavesiz deneme kağıtlarının TEA üzerine bor bileşigi türünün etkisi (Duncan testi).

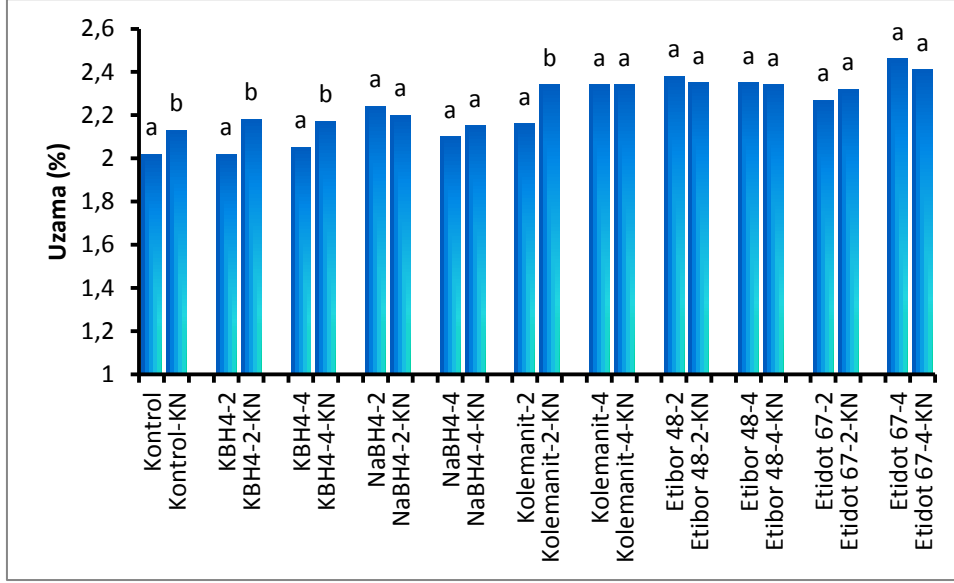
%4 bor bileşimi ilaveli pişirmeler kendi içerisinde kıyaslandığında KN ilavesiz kağıtlarda Etidot-67'nin (Şekil 41, Tablo 17), KN ilaveli kağıtlarda (Şekil 42, Tablo 19) ise Etibor-48 diğer bor bileşimi türlerinden daha yüksek oranda TEA artışlarına neden olduğu görülmüştür.



Şekil 42: KN ilaveli deneme kağıtlarının TEA üzerine bor bileşimi türünün etkisi (Duncan testi).

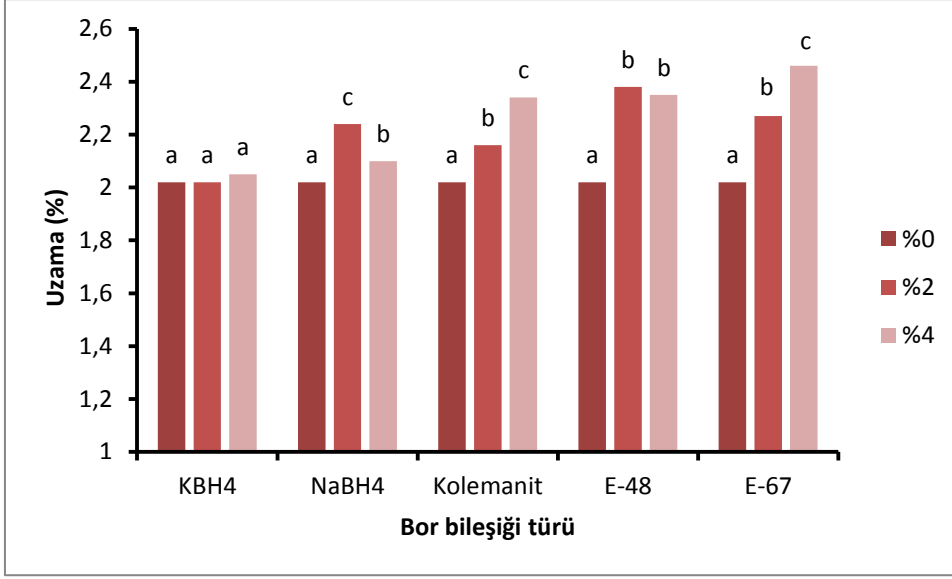
### 3.4.1.5 Uzama

*Pinus sylvestris* L. yongalarından kraft, kraft-KBH<sub>4</sub>, kraft-NaBH<sub>4</sub>, kraft-Etibor 48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen hamurların uzama değerleri üzerine KN ilavesinin etkisi Şekil 43'de verilmiştir (Tablo 13). Kontrol ve bor ilaveli pişirmelerden elde edilen liflerin lif süspansiyonlarına %0,75 KN ilavesi ile kağıtların uzama değerlerinin kontrol, %2 KBH<sub>4</sub>, %4 KBH<sub>4</sub> ve %2 kolemanit ilaveli pişirmeler haricinde istatistiki olarak anlamlı bir etki göstermediği belirlenmiştir. Kontrol, %2 KBH<sub>4</sub>, %4 KBH<sub>4</sub>ve %2 kolemanit ilaveli pişirmelerde ise bu artışın %95 güven aralığında istatistiki olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir (P<0,05).



Şekil 43: Deneme kağıtlarının uzama üzerine KN ilavesinin etkisi (t-testi).

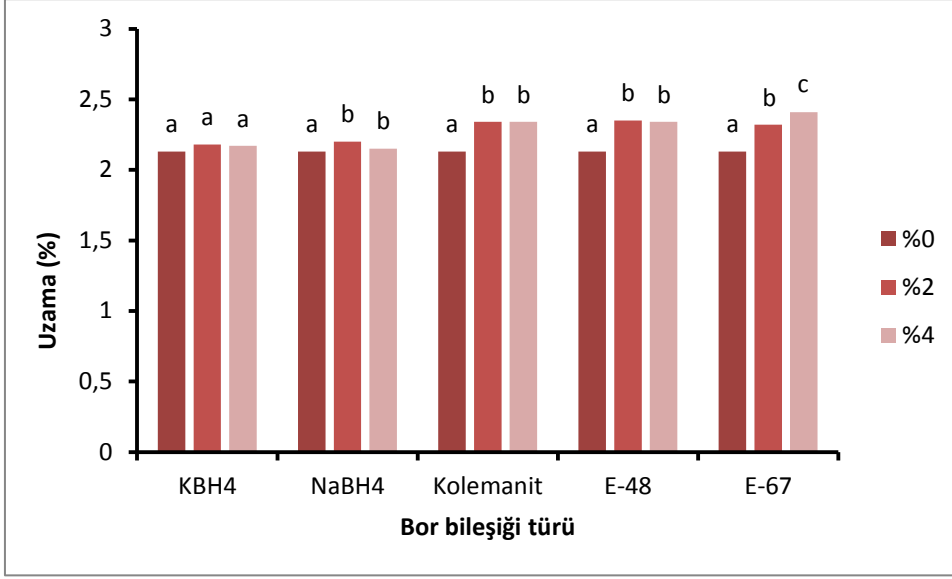
Sarıçam yongalarından kraft, kraft-KBH<sub>4</sub>, kraft-NaBH<sub>4</sub>, kraft-Etibor 48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen KN ilavesiz hamurların uzama değerleri üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi Şekil 44'de (Tablo 14), KN ilaveli hamurlarda uzama değerlerinin üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi ise Şekil 44'de (Tablo 15) gösterilmiştir. KN ilavesiz örneklerde bor bileşiği ilave oranını artmasıyla kolemanit ve Etidot-67 haricindeki diğer bor bileşiklerinin ilavelerinde kağıtların uzama değerlerinin istatistiki olarak anlamlı ölçüde değişmediği tespit edilmiştir. Nişasta ilaveli örneklerde ise bor bileşiği ilave oranını artmasıyla Etidot-67 haricindeki diğer bor bileşiklerinin ilavelerinde kağıtların uzama değerlerinin istatistiki olarak anlamlı ölçüde değişmediği tespit edilmiştir (P<0,05). ).



Şekil 44: KN ilavesiz deneme kağıtlarının uzama üzerine bor bileşigi ilave oranının etkisi (Duncan testi).

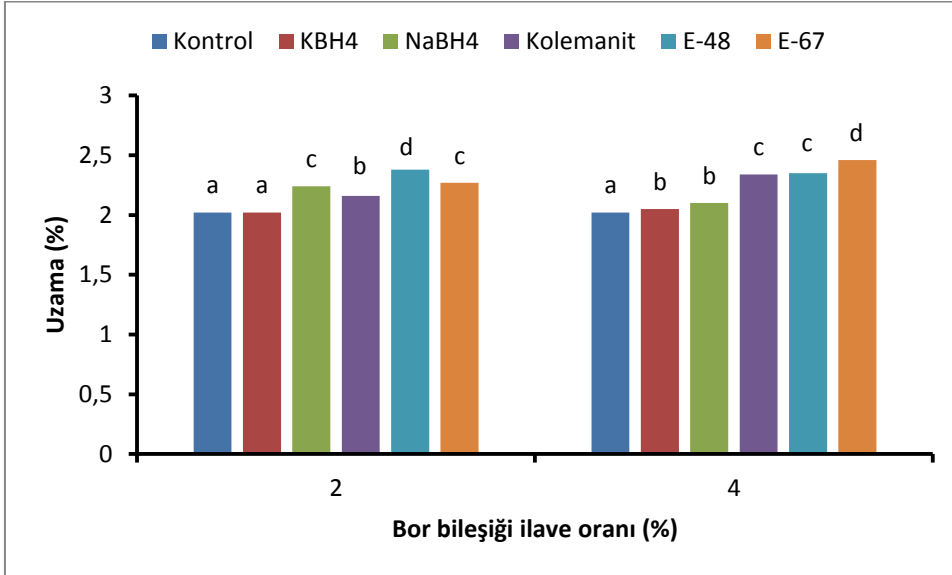
Hem KN ilavesiz hem de ilaveli kağıtlarda en yüksek uzama değeri artışı %4 Etidot-67 ilaveli pişirmelerden elde edilen kağıtlarda tespit edilmiş olup, KN ilavesiz kağıtlarda uzama artışı %21,78 (2,02'den 2,46'ya) (Tablo 14), KN ilaveli kağıtlarda ise %13,15 (2,13'den 2,41'e) olarak belirlenmiştir (Tablo 15).

Hem KN ilavesiz hem de ilaveli kağıtlarda en düşük uzama değeri artışı %4 NaBH<sub>4</sub> ilaveli pişirmelerden elde edilen kağıtlarda belirlenmiş olup, KN ilavesiz kağıtlarda uzama artışı %3,96 (%2,02'den %2,10'a) (Tablo 14), KN ilaveli kağıtlarda ise %3,27 (2,13'den 2,20'ye) olarak tespit edilmiştir (Tablo 15).



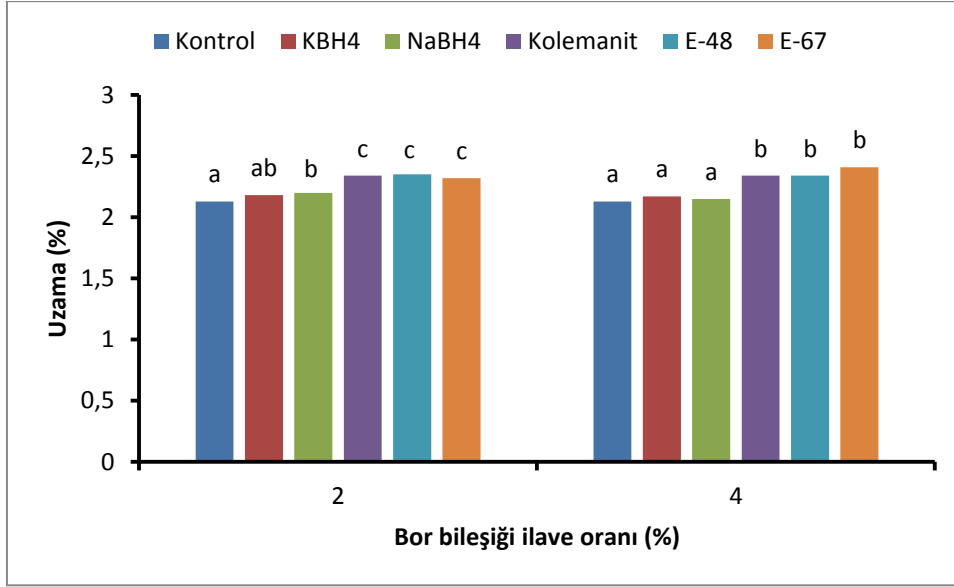
Şekil 45: KN ilaveli deneme kağıtlarının uzama üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi (Duncan testi).

%2 bor bileşiği ilaveli pişirmeler kendi içerisinde kıyaslandığında KN ilavesiz kağıtlarda Etibor-48'in (Şekil 46, Tablo 16), KN ilaveli kağıtlarda (Şekil 47, Tablo 18) ise kolemanit, Etibor-48 ve Etidot-67'nin diğer bor bileşiği türlerinden daha yüksek oranda uzama artışlarına neden olduğu görülmüştür.



Şekil 46: KN ilavesiz deneme kağıtlarının uzama üzerine bor bileşiği türünün etkisi (Duncan testi).

%4 bor bileşimi ilaveli pişirmeler kendi içerisinde kıyaslandığında KN ilavesiz kağıtlarda Etidot-67'nin (Şekil 46, Tablo 17), KN ilaveli kağıtlarda (Şekil 47, Tablo 19) ise kolemanit, Etibor-48 ve Etidot-67 diğer bor bileşimi türlerinden daha yüksek oranda uzama artışlarına neden olduğu tespit edilmiştir.



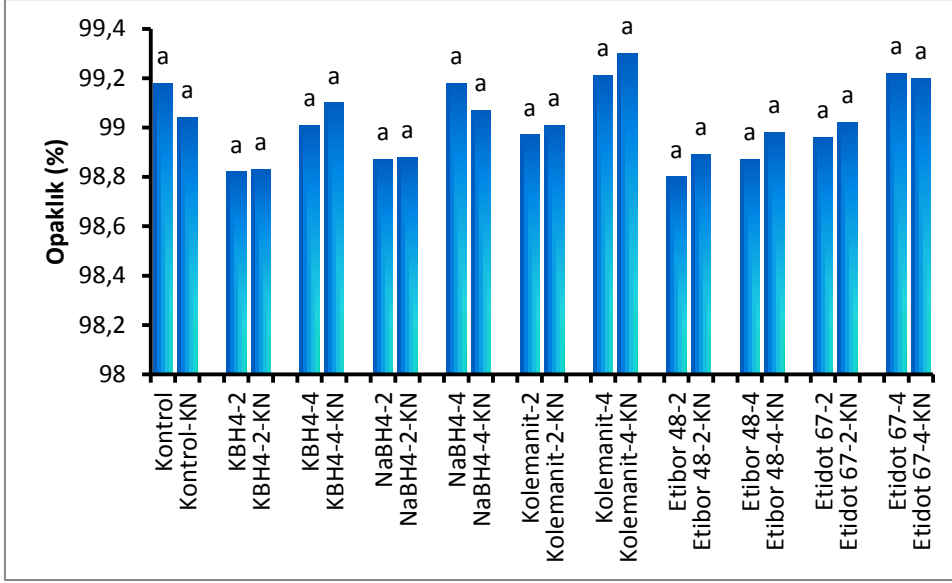
Şekil 47: KN ilaveli deneme kağıtlarının uzama üzerine bor bileşimi türünün etkisi (Duncan testi).

### 3.4.2 Kağıtların Optik Özellikleri

#### 3.4.2.1 Opaklık

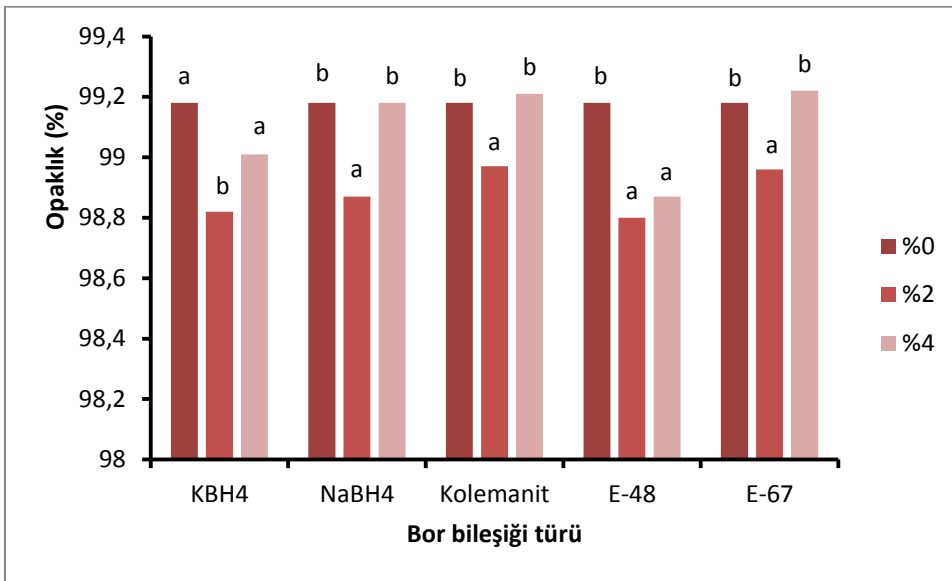
Opak bir kağıt, görünür ışığın bütün dalga boylarını kesin olarak geçirmeyen kağıttır. Kağıdın gramajı, dolgu maddeleri ve kullanılan boyar madde miktarı arttıkça opaklığı da artar (Eroğlu, 2003; Casey, 1960).

*Pinus sylvestris* L. yongalarından kraft, kraft-KBH<sub>4</sub>, kraft-NaBH<sub>4</sub>, kraft-Etibor 48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen hamurların opaklık değerleri üzerine KN ilavesinin etkisi Şekil 48'de verilmiştir (Tablo 13). Kontrol ve bor ilaveli pişirmelerden elde edilen liflerin lif süspansiyonlarına %0,75 KN ilavesinin kağıtların opaklık değerlerini tüm hamurlarda %95 güven aralığında istatistiki olarak anlamlı ölçüde değiştirmedigi tespit edilmiştir (P>0,05). Fakat Bu değişimin kağıtçılık açısından bir ehemmiyeti olmadığı düşünülmektedir.



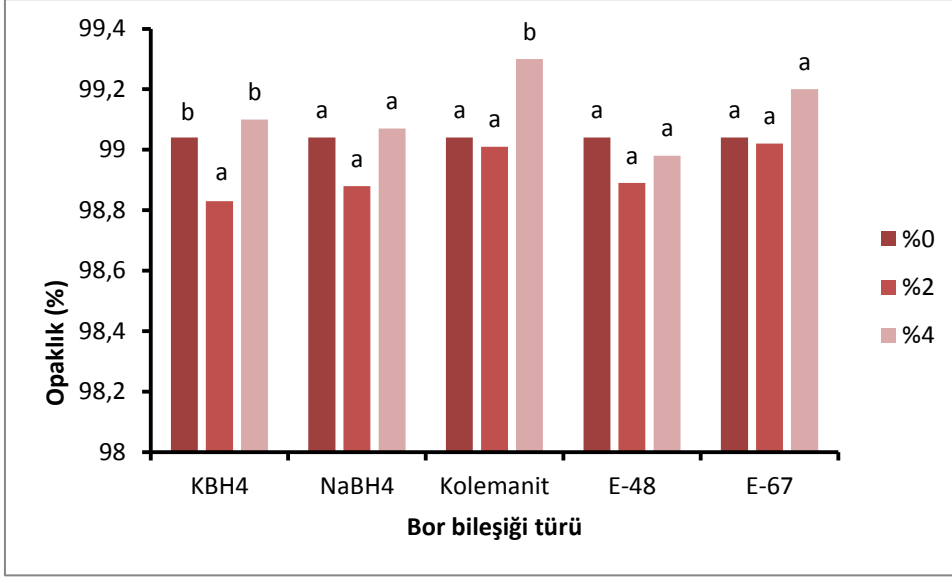
Şekil 48: Deneme kağıtlarının opaklık üzerine KN ilavesinin etkisi (t-testi).

Sarıçam yongalarından kraft, kraft-KBH<sub>4</sub>, kraft-NaBH<sub>4</sub>, kraft-Etibor 48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen KN ilavesiz hamurların opaklık değerleri üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi Şekil 49'da (Tablo 14), KN ilaveli hamurlarda opaklık değerleri üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi ise Şekil 50'de (Tablo 15) gösterilmiştir. Hem KN ilaveli hem de KN ilavesiz örneklerde bor bileşiği ilave oranının artmasıyla kağıtların opaklık değerlerinin istatistiki olarak anlamlı ölçüde artırdığı tespit edilmiştir (P<0,05). Ancak, bu artışın kağıtçılık açısından bir ehemmiyet olmadığı düşünülmektedir.



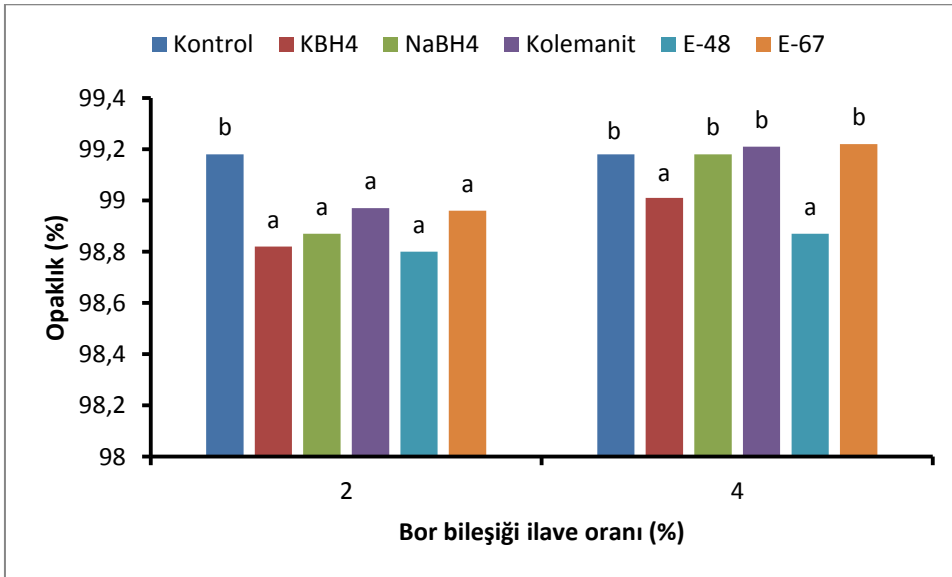
Şekil 49: KN ilavesiz deneme kağıtlarının opaklık üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi (Duncan testi).





Şekil 50: KN ilaveli deneme kağıtlarının opaklık üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi (Duncan testi).

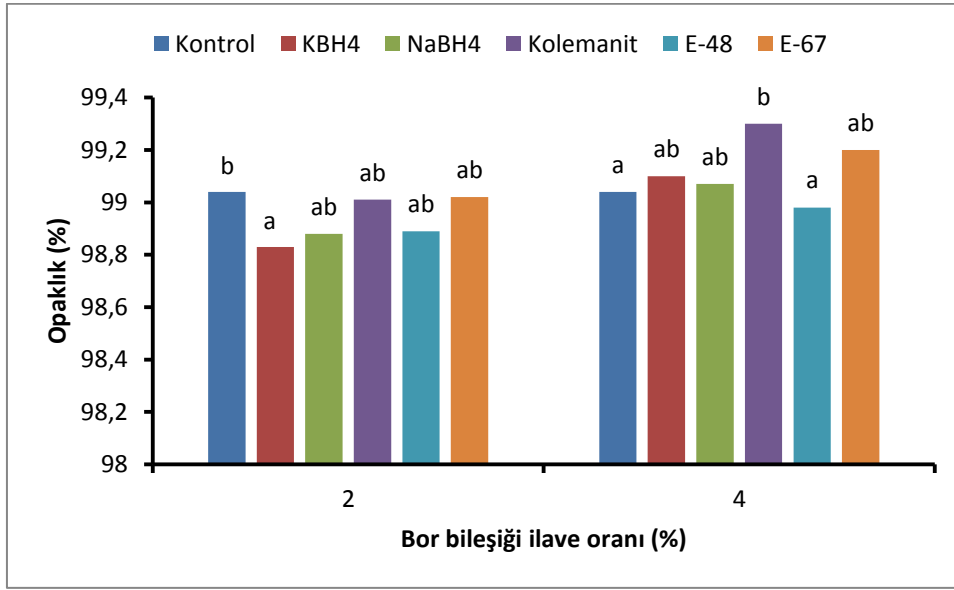
%2 bor bileşiği ilaveli pişirmeler kendi içerisinde kıyaslandığında hem KN ilavesiz kağıtlarda (Şekil 51, Tablo 16), hem de KN ilaveli kağıtlarda (Şekil 52, Tablo 18) opaklık değerinin bor bileşiği ilavesiyle azaldığı görülmüştür.



Şekil 51: KN ilavesiz deneme kağıtlarının opaklık üzerine bor bileşiği türünün etkisi (Duncan testi).

%4 bor bileşiği ilaveli pişirmeler kendi içerisinde kıyaslandığında opaklık değeri KN ilavesiz kağıtlarda KBH<sub>4</sub> ve Etibor-48 ilaveleriyle istatistiki olarak anlamlı ölçüde azaldığı

(Şekil 51, Tablo 117), KN ilaveli kağıtlarda (Şekil 52, Tablo 19) ise kolemanitin opaklık artışına sebep olduğu görülmüştür.

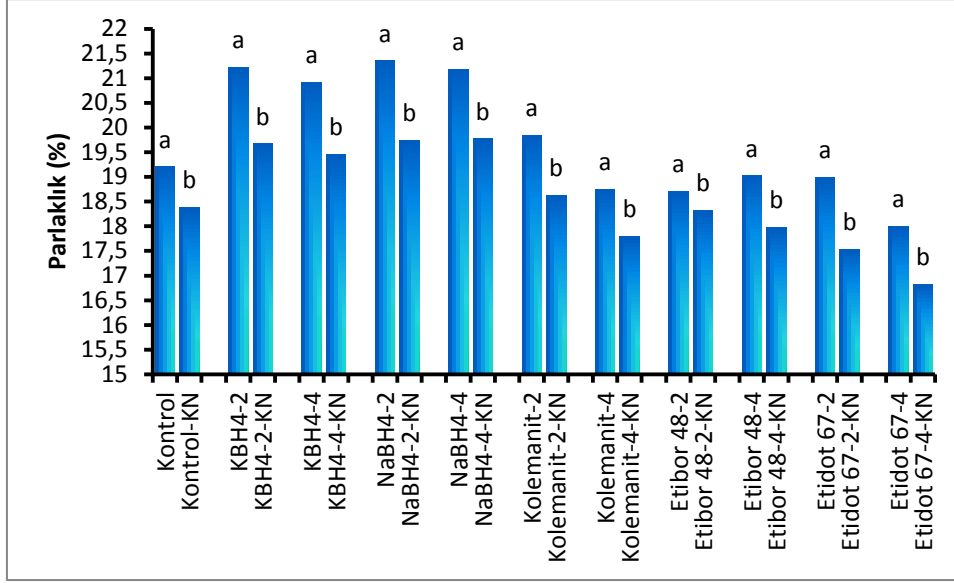


Şekil 52: KN ilaveli deneme kağıtlarının opaklığı üzerine bor bileşiği türünün etkisi (Duncan testi).

### 3.4.2.2 Parlaklık

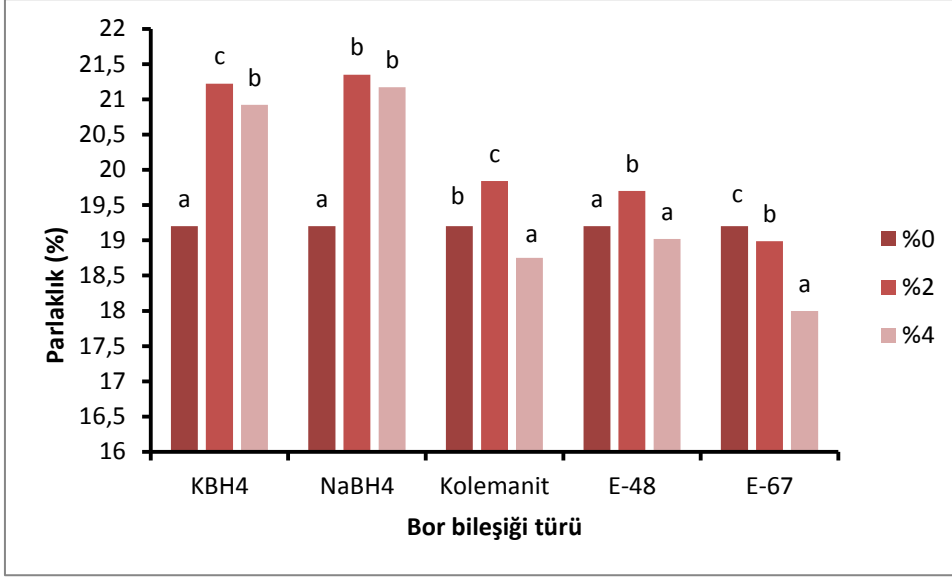
Parlaklık, belirli bir yansıma açısı altında ( $75^\circ$ ) kağıdın ışığı düzenli yansıtma miktarının dağınık yansıtma miktarına oranıdır (Eroğlu, 2003).

*Pinus sylvestris* L. yongalarından kraft, kraft-KBH<sub>4</sub>, kraft-NaBH<sub>4</sub>, kraft-Etibor 48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen hamurların parlaklık üzerine KN ilavesinin etkisi Şekil 53’de verilmiştir (Tablo 13). Kontrol ve bor ilaveli pişirmelerden elde edilen liflerin lif süspansiyonlarına %0,75 KN ilavesinin kağıtların parlaklık azalttığı ve bu azalmanın tüm hamurlarda %95 güven aralığında istatistiki olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ( $P < 0,05$ ).



Şekil 53: Deneme kağıtlarının parlaklık üzerine KN ilavesinin etkisi (t-testi).

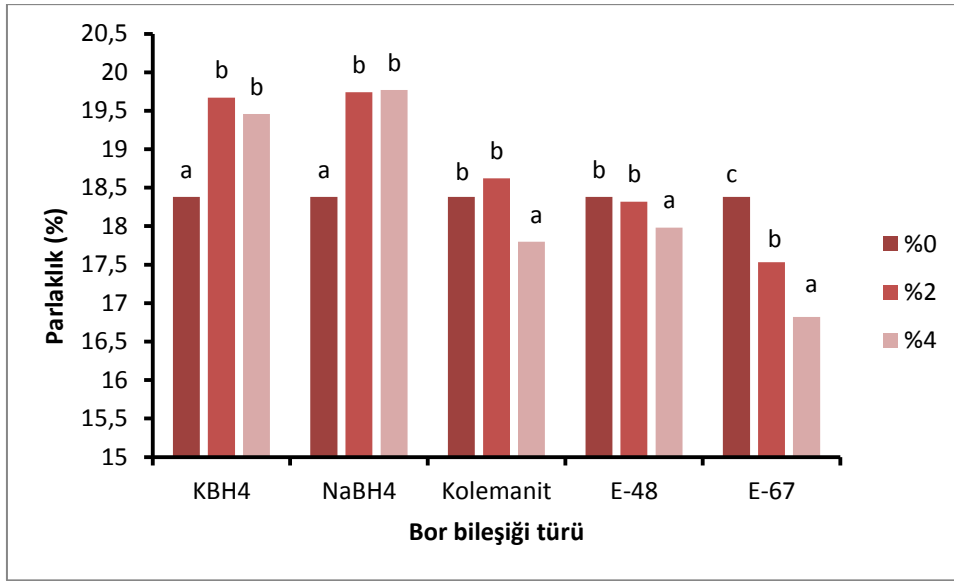
Sarıçam yongalarından kraft, kraft-KBH<sub>4</sub>, kraft-NaBH<sub>4</sub>, kraft-Etibor 48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen KN ilavesiz hamurların parlaklıkları üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi Şekil 54’de (Tablo 14), KN ilaveli hamurlarda parlaklık değeri üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi ise Şekil 55’de (Tablo 15) gösterilmiştir. Hem KN ilaveli hem de KN ilavesiz örneklerde bor bileşiği ilave oranının artmasıyla kağıtların parlaklığı istatistiki olarak anlamlı ölçüde azaldığı tespit edilmiştir (P<0,05). ). Bor bileşiği ilavesinin %2’den %4’e çıkarılmasının parlaklık üzerine olumlu bir etki göstermediği görülmüştür. Bu çalışmada elde edilen NaBH<sub>4</sub> ilaveli kağıtların parlaklık değerlerindeki değişim çeşitli araştırmacılar tarafından rapor edilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. Tutuş vd. (2010) doğu ladini yongalarından kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltisine %0,5 oranın da NaBH<sub>4</sub> ilave edildiğinde kağıdın ISO parlaklık değerlerinin %27,45’den %25,75’e düştüğü belirtmişlerdir. Buna karşın, Çöpür ve Tozluoğlu (2008) kızılçam yongalarından, İstek ve Özkan (2008) titrek kavak yongalarından, İstek ve Gönteki (2009) sahil çamı yongalarından, Gülsoy (2009) karaçam yongalarından, Aytekin (2011) Anadolu kestanesi ve türk fıncığı yongalarından, kraft yöntemi ile kağıt hamur üretimi esnasında pişirme çözeltisine NaBH<sub>4</sub> ilave edildiğinde kağıdın ISO parlaklık değerlerinin arttığını belirtmişlerdir.



Şekil 54: KN ilavesiz deneme kağıtlarının parlaklık üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi (Duncan testi).

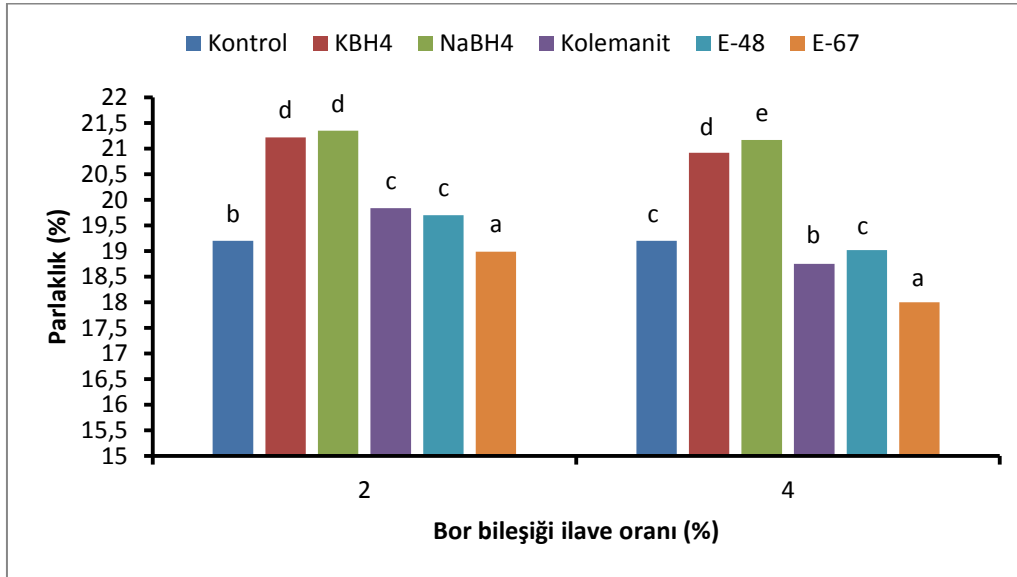
KN ilavesiz kağıtlarda en yüksek parlaklık değeri artışı %11,20 (19,20'den 21,35'e) ile %2 NaBH<sub>4</sub> ilaveli pişirmelerden elde edilen kağıtlarda (Tablo 14), KN ilavesiz kağıtlarda ise en yüksek parlaklık değeri artışı %7,56 (18,38'den 19,77'ye) ile %4 NaBH<sub>4</sub> ilaveli pişirmelerden elde edilen kağıtlarda tespit edilmiştir (Tablo 15).

Hem KN ilavesiz hem de KN ilaveli kağıtlarda en yüksek parlaklık azalışları %4 Etidot-67 ilaveli pişirmelerden elde edilen kağıtlarda tespit edilmiş olup, KN ilavesiz kağıtlarda parlaklık azalışı %6,25 (19,20'den %18,00'a) (Tablo 14) olarak, KN ilaveli kağıtlarda parlaklık azalışı %8,49 (18,38'den 16,82'ye) olarak belirlenmiştir (Tablo 15).



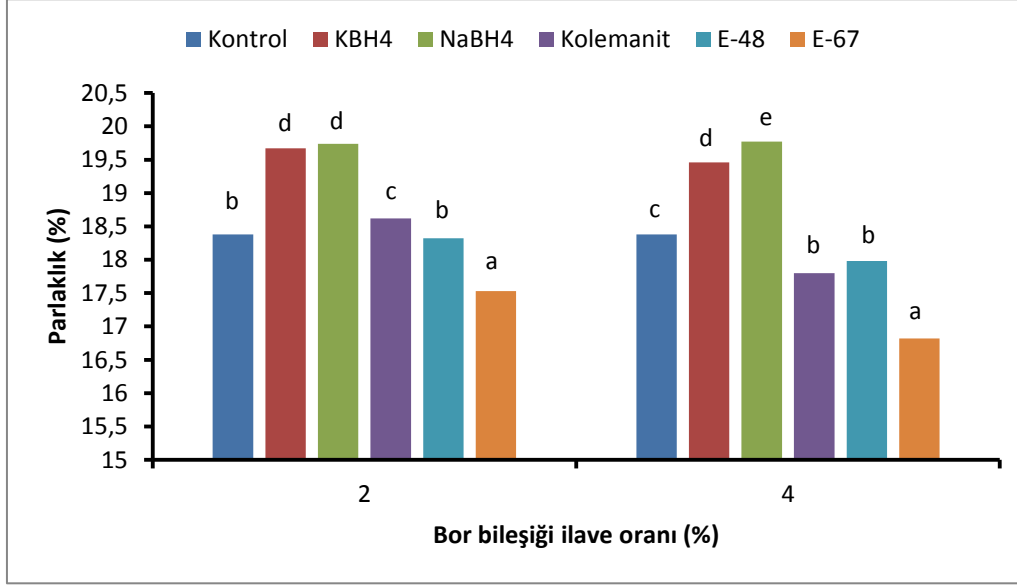
Şekil 55: KN ilaveli deneme kağıtlarının parlaklık üzerine bor bileşiği ilave oranının etkisi (Duncan testi).

%2 bor bileşiği ilaveli pişirmeler kendi içerisinde kıyaslandığında KN ilavesiz kağıtlarda  $\text{KBH}_4$  ve  $\text{NaBH}_4$  'ün (Şekil 56, Tablo 16), KN ilaveli kağıtlarda (Şekil 57, Tablo 18) ise yine  $\text{KBH}_4$  ve  $\text{NaBH}_4$  'ün diğer bor bileşiği türlerinden daha yüksek oranda parlaklık artışlarına neden olduğu belirlenmiştir.



Şekil 56: KN ilavesiz deneme kağıtlarının parlaklık üzerine bor bileşiği türünün etkisi (Duncan testi).

%4 bor bileşigi ilaveli pişirmeler kendi içerisinde kıyaslandığında KN ilavesiz kağıtlarda  $\text{NaBH}_4$  'ün (Şekil 56, Tablo 17), KN ilaveli kağıtlarda (Şekil 57, Tablo 19) ise yine  $\text{NaBH}_4$ 'ün diğer bor bileşigi türlerinden daha yüksek oranda parlaklık artışlarına neden olduğu görülmüştür.



Şekil 57: KN ilaveli deneme kağıtlarının parlaklık üzerine bor bileşigi türünün etkisi (Duncan testi).

## BÖLÜM IV

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) yongalarından pişirme koşulları sabit alınıp NaBH<sub>4</sub>, KBH<sub>4</sub>, Etibor-48, Etidot-67 ve kolemanit oranları %2 ve %4 alınarak yapılan kraft, kraft-KBH<sub>4</sub>, kraft-NaBH<sub>4</sub>, kraft-Etibor 48, kraft-Etidot 67 ve kraft-kolemanit pişirmelerinden elde edilen kağıt hamuru ve kağıtların özellikleri tespit edilmiştir. Ayrıca, tüm kağıt hamurlarının lif süspansiyonlarına %0,75 oranında KN ilave edilerek KN'nın farklı bor bileşiği ve oranında elde edilen kağıtların direnç ve optik özelliklerine etkileri belirlenmiştir.

Hamurların kapp numaraları karşılaştırıldığında %2 KBH<sub>4</sub>, %2 NaBH<sub>4</sub>, %2 ve %4 Etibor-48 ilaveli pişirmeler hariç diğer pişirmelerden elde edilen hamurların kapp numarasının kontrol örneğinden daha yüksek değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, pişirmelerde kullanılan bor bileşiği oranının artmasıyla hamurların kapp numaralarının da arttığı tespit edilmiştir.

Hamurların viskozite değerleri karşılaştırıldığında tüm bor bileşiği ilaveli pişirmelerden elde edilen hamurların viskozite değerlerinin kontrol örneğinden daha düşük değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, tüm bor bileşiği türlerinde pişirmelerde kullanılan bor bileşiği oranının artmasıyla hamurların viskozite değerlerinin arttığı belirlenmiştir.

Tüm bor bileşiği ilavelerinin kağıt hamurlarının elenmiş ve toplam verimlerinde artışlara neden olduğu, en yüksek elenmiş ve toplam verim artışları %4 KBH<sub>4</sub> ilaveli pişirmelerde sırasıyla %13,96 ve %18,24 olarak tespit edilmiştir. En düşük elenmiş ve toplam verim artışları ise %2 kolemanit ilaveli pişirmelerde sırasıyla %0,02 (%45,67'den %45,68' e) ve %1,37 olarak belirlenmiştir. Buna karşın, pişirme çözeltilisine %4 Etidot-67 ilave edildiğinde elenmiş verimin kontrol örneğine göre %0,35 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Hamurların elek artığı oranları karşılaştırıldığında kontrol örneğine oranla bazı bor bileşiği ilavelerinde elek artığı oranı azalırken, bazı bor bileşiği ilavelerinde ise elek artığı oranının arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, pişirme çözeltisine ilave edilen bor bileşiği oranının artmasıyla elek artığı oranlarının da arttığı, en yüksek elek artığı oranı %3,04 ile %4 KBH<sub>4</sub> ilaveli pişirmelerde, en düşük elek artığı oranı ise %0,61 ile %2 KBH<sub>4</sub> ilaveli pişirmelerde tespit edilmiştir.

Kontrol ve bor bileşiği ilaveli kağıt hamurlarının lif süspansiyonlarına %0,75 oranında KN ilave edildiğinde bu ilavenin kağıtların yırtılma indisi ve parlaklık değerlerinde azalışa, patlama indisi, kopma indisi, TEA ve uzama değerlerinde ise artışa neden olduğu görülmüştür. Ayrıca, KN ilavesinin kağıdın opaklığını etkilemediği tespit edilmiştir.

KN ilaveli ve ilavesiz kağıtların sağlamlık özellikleri incelendiğinde pişirme çözeltisine ilave edilen bor bileşiği oranının artmasıyla kağıtların yırtılma indisi, patlama indisi, kopma indisi, TEA, uzama ve parlaklık değerlerinin bazı bor bileşiği türlerinde azaldığı, bazı bor bileşiği türlerinde ise istatistiki olarak anlamsız ( $P>0,05$ ) bir değişime neden olduğu belirlenmiştir. Kağıtların opaklıklarında meydana gelen değişimler istatistiki olarak anlamlı ( $P<0,05$ ) olsa da kağıtçılık açısından anlam ifade etmediği düşünülmektedir.

Kağıt hamurları ve deneme kağıtları test sonuçlarına göre, toplam verim bakımından %4 KBH<sub>4</sub>, kapa numarası bakımından ise %2 KBH<sub>4</sub> optimum pişirme olarak seçilmiştir. Ayrıca, KN ilavesiz kağıtların yırtılma ve patlama indisi bakımından %4 Etibor-48, kopma indisi bakımından %2 Etidot-67, TEA ve uzama değeri bakımından %4 Etidot-67, kağıtların parlaklık özellikleri bakımından ise %2 NaBH<sub>4</sub> ilaveli pişirmeler optimum pişirme olarak seçilmiştir.

Kontrol ve bor bileşiği ilaveli kağıt hamurlarının lif süspansiyonlarına %0,75 oranında KN ilave edilerek elde edilen kağıtlarda ise yırtılma ve patlama indisi bakımından %2 Etidot-67, kopma indisi bakımından %4 NaBH<sub>4</sub>, TEA değeri bakımından %4 Etibor-48, uzama değeri bakımından %4 Etidot-67, kağıtların parlaklık özellikleri bakımından ise %4 NaBH<sub>4</sub> ilaveli pişirmelerin kağıt hamurlarından elde edilen kağıtlar optimum olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, kağıt hamurlarının elenmiş ve toplam verimleri bakımından NaBH<sub>4</sub> ve KBH<sub>4</sub>'ün diğer bor bileşiği türlerinde daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Kağıtların sağlamlık özellikleri bakımından Etibor-48 ve Etidot-67'nin, optik özellikleri bakımından



ise  $\text{NaBH}_4$  ve  $\text{KBH}_4$ 'ün diđer bor bileřiđi tűrlerinde daha iyi sonuđlar verdiđi belirlenmiřtir.

Bor bileřikleri ile ilgili yapılan ve bor bileřiklerinin kullanım alanlarının geniřletilmesini amađlayan çalıřmalar űlkemiz açısından önemli bor rezervlerimiz nedeniyle bűyűk önem arz etmektedir.  $\text{NaBH}_4$ 'űn kađıt hamuru űretiminde kullanımı ile ilgili çok sayıda arařtırma yapılmıřtır. Ancak,  $\text{KBH}_4$  ve yerli bor űrűnlerimizden Etibor-48, Etidot-67 ve kolemanit sarıamdan kraft yűntemiyle kađıt hamuru űretiminde piřirme űzeltisine farklı oranlarda katılarak kađıt hamuru ve kađıt űzellikleri űzerine etkileri ilk kez bu çalıřma ile ortaya konulmuřtur. Adı geçen bor bileřiklerinin farklı piřirme yűntemlerinde ve farklı odun hammaddelerinde farklı oranlarda kullanımının kađıt hamuru ve kađıt űzellikleri űzerine etkilerinin belirlenmesi ile ilgili çalıřmalar yapılarak, űzellikle yerli bor űrűnlerimizin ticari anlamda kađıt sanayisinde kullanılabilirliđinin ortaya konulması gerekmektedir. Son olarak, Etibor-48, Etidot-67 ve kolemanit gibi yerli bor űrűnlerinin birim fiyatlarının  $\text{NaBH}_4$  ve  $\text{KBH}_4$ 'űn fiyatlarına gűre daha ekonomik olması gűzden kaçırılmaması gereken bir durumdur.

## KAYNAKLAR

- Akgül, M. ve Temiz S. (2006). Determination of Kraft-NaBH<sub>4</sub> pulping conditions of Uludağ fir (*Abies bornmulleriana* Mattf.). *Pakistan Journal of Biological Science*, 9(13): 2493-2497.
- Akgül, M., Çöpür, Y. ve Temiz, S. (2007). A comparison of kraft and kraft sodium borohydrate brutia pine pulps. *Buildingand Environmen*, 42(7): 2586–2590.
- Alemdağ, Ş. (1967). *Türkiye'deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar*, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 20, Ankara, 160 s.
- Alkan, Ç. (2004). Türkiye'nin Önemli Yapraklı ve İğne Yapraklı Ağaç Odunlarının Mikro Grafik Yönden İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 110 s.
- Anonim (1994). *Sarıçam*. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, El Kitapları Dizisi: 7, Muhtelif Yayınlar Serisi: 67, Sinem Ofset, Ankara.
- Anşin, R. (2001). *Tohumlu Bitkiler: Gymnospermae (Açık Tohumlular)*, I. Cilt, III. Baskı, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 22, Fakülte Yayın No: 15, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon, 296 s.
- Aribert, M. (1954). *La Fabrication du Papier et des Pâtes à Papier*, EFP, Grenoble, 34 pp.
- Atalla, R.H., Hackney, J.M., Uhlin, I. ve Thompson, N.S. (1993). Hemicellulose as structure regulators in the aggregation of native cellulose. *International Journal of Biological Macromolecules*, 15(2): 109-112.
- Auhorn, W.J. (2006). Chemical additives- in: Holik, H. (Ed.), *Handbook of Paper and Board*, Wiley-Vch, Weinheim, pp. 62–149.
- Aurell, R. ve Hartler, N. (1965). Kraft Pulping of pine part 1. The Changes in the composition of the wood residue during the cooking process. *Svensk Papperstidning*, 68(3): 59-68.
- Ayata, Ü. (2008). Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* ve *Eucalyptus grandis*)'ün Odun Özellikleri ve Kağıt Endüstrisinde Kullanımının Araştırılması, Y. Lisans Tezi, KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Edüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş, 90 s.
- Aytekin, E. (2011). Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) Ve Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.) Odunlarından Modifiye Kraft Yöntemi İle Kağıt Hamuru Üretimi Olanaklarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Edüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Düzce, 115 s.

- Bensend, D.W. (1975). *Wood Technology Forestry*, Department of Forestry Iowa State University, Ames, Iowa. 380 p.
- Bostancı, Ş. (1987). *Kağıt Hamuru Üretim ve Ağartma Teknolojisi*, K.T.Ü. Basımevi, No:114, Orman Fakültesi Yayın No:13, Trabzon,258 s.
- Bozkurt, A.Y. (1971). *Önemli Bazı Ağaç Türleri Odunlarının Tanımı, Teknolojik Özellikleri ve Kullanış Yerleri*, İ.Ü. Orman Fakültesi, İ.Ü Yayın No: 1653, O.F. Yayın No: 177,İstanbul.
- Brouwer, P.H., Johnson, M.A. ve Olsen, R.H. (1998). Starch and Retention, in: Gess, J. M.(Ed.), *Retentions of Fines and Fillers During Papermaking*, Tappi Press, Atlanta, pp. 197–242.
- Brouwer, P.H., Baas, J. ve Wielema, T. A. (2002). Anionic wet-end starch: A wealth of possibilities to improve paper quality and/or reduce paper costs. *Tappi technology summit–CD ROM edition:2002*.
- Bujanovic, B., Cameron, J.H. ve Yılgör, N. (2003). Comparative studies of kraft and kraft-borate pulping of black spruce. *Journal of Pulp and Paper Science*, 29(6): 190-196.
- Bujanovic, B., Cameron, J.H. ve Yılgör, N. (2004). Some properties of kraft and kraft-borate pulps of different wood species. *Tappi Journal*, 3(6): 3-6.
- Casey, J.P. (1960). *Pulp and Paper*, Interscience Pulplihers Inc. New York.
- Casey, J. P. (1980). *Pulp and Paper*, Third edition, Interscience Pulplihers Inc. New York.
- Christensen, P. K. (1981).*Wood and Pulping Chemistry Lecture Notes*, Trodheim NTH, Institut for Treforedlingskjemi, Norvey.
- Chen, H.T., Funaoka, M. ve Lai, Y.-Z. (1997). Attempts to understand the nature of phenolic and etherified components of wood lignin, *Wood Science and Technology*, 31(6): 433-440.
- Çepel, N., Dündar, M. ve Günel, A. (1997). *Türkiye'nin Önemli Yetiştirme Bölgelerinde Saf Sarıçam Ormanlarının Gelişimi ile Bazı Edafik ve Fizyografik Etmenler Arasındaki İlişkiler*, Tübitak Yayın No: 354.
- Çöpür, Y. ve Tozluoğlu, A. (2008). A comparison of kraft, PS, kraft-AQ and kraft-NaBH<sub>4</sub> pulps of brutia pine. *Bioresources Technology*, 99(5): 909–913.
- Demirci, A. (2006). *Silvikültürün Temel İlkeleri*, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Ders Notları Serisi No: 83, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon, 198 s.
- Deniz, İ. (2013). *Odun Dışı Orman Ürünleri Endüstrisi Ders Notları*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh. Bölümü, Trabzon, 215s.

- Deniz, İ. (2013). *Orman Ürünleri Kimyası Ders Notları*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh. Bölümü, Trabzon, 213s.
- Deniz, İ., Odabaş Serin, Z., Öz, M., Okan, O.T., Yılmaz, B. ve Pekal, M. (2014). Ülkemizde asit-pasta yöntemi ile reçine (Oleoresin) üretim çalışmaları, *III. Uluslararası Odun Dışı Orman Ürünleri Sempozyumu*, 8-10 Mayıs 2014, Kahramanmaraş.
- Dönmez, İ. E. (2010). Yükselti Farkına Göre Sarıçamın (*Pinus sylvestris* L.) Anatomik ve Kimyasal Bileşiminde Meydana Gelen Değişimler. Doktora Tezi. Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 163 s.
- Duchesne, I. ve Daniel, G., (2000). Changes in surface ultrastructure of Norway spruce fibres during kraft pulping - Visualisation by field-emission-SEM. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 15(1): 54-61.
- Duchesne, I., Hult, E-L., Molin, U., Danial, G., Iversen, T. ve Lennholm, H. (2001). The influence of hemicellulose on fibril aggregation of kraft pulp fibres as revealed by FE-SEM and CP/MAS C-NMR, *Cellulose*, 8: 103-111.
- Erdönmez, İ. (2010). Kanola (*Brassica napus* L.) Saplarından Modifiye Kraft Yöntemi ile Kağıt Hamuru ve Kağıt Üretimi Üzerine Bir Araştırma, (Yüksek Lisans Tezi), Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Düzce, 112 s.
- Eroğlu, H. (1980). O<sub>2</sub>-NaOH Yöntemiyle Buğday (*Triticum aestivum* L.) Saplarından Kağıt Hamuru Elde Etme Olanaklarının Araştırılması, KTÜ Orman Endüstri Mühendisliği, Doçentlik Tezi, Trabzon.
- Eroğlu, H. (1986). *Sülfat yöntemiyle kağıt hamuru elde edilmesi*, K.T.Ü. Orman Fakültesi Dergisi 4(1): 64-79.
- Eroğlu, H. ve Usta M. (2004). *Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi*, Ders Kitabı I ve II. Cilt, Esen Ofset Matbaacılık, İstanbul.
- Eroğlu, H. (2003). *Kağıt Hamuru ve Kağıt Fiziği Ders Notları*. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Bartın Orman Fakültesi Yayınları, Üniversite Yayın No: 27, Fakülte Yayın No: 13, Bartın.
- Eti Maden (2012). *Bor Sektör Raporu 2011*, Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, 17 sayfa.
- Eriksson, M., Pettersson, G. ve Wågberg, L. (2005). Application of polymeric multilayers of starch onto wood fibres to enhance strength properties of paper. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 20, pp. 270–276.
- Ezici, A. C. (2010). Pamuk Saplarından (*Gossypium hirsutum* L.) Kraft -Sodyumborhidrür Yöntemiyle Kağıt Hamuru Ve Kağıt Üretim Koşullarının Belirlenmesi, Y. Lisans

Tezi, KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş, 69 s.

Fernandez, E.O. ve Young, R.A. (1996). Properties of cellulose pulps from acidic and basic processes. *Cellulose*, 3: 21–44.

Fengel, D. ve Wegener, G. (1989). *Wood Chemistry, Ultrastructure, Reactions*, Walter de Gruyter inc., Berlin, Germany.

Fengel, D. (1970). The ultrastructural behavior of cell wall polysaccharides, *Tappi Journal*, 53(3): 497-503.

Frey-Wyssling, A. ve Mühlethaler, K. (1963). The elementary fibrils of cellulose, *Makromolekulare Chemie*, 62:25-30.

Formento, J.C., Maximino, M.G., Mina, L.R., Srayh, M.I. ve Martinez, M.J. (1994). Cationic starch in the wet end: Its contribution to interfiber bonding. *Appita Journal*, 47(4): 305-308.

Gabir, S. ve Khristov, T. (1973). Kraft cooks of papyrus (*Cyperus papyrus l.*) stalks in the presence of sodium borohydride. *Tseluloza Khartiya* 4(6): 12-18.

Ghasemian, A. Ghaffari, M. ve Ashori, A. (2012). Strength-enhancing effect of cationic starch on mixed recycled virgin pulps. *Carbohydrate Polymer*, 87(2): 1269–1274.

Gönteki, E. (2009). Sahilçamı (*Pinus pinaster Ait.*) Yongalarından Kraft Yöntemleriyle Kağıt Hamuru Üretimine NaBH<sub>4</sub>'ün Etkisi. Yüksek Mühendislik Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 81 s.

Gullichsen J. ve Fogelbolm C.J. (2000). *Chemical Pulping, Papermaking Science and Teknology Series*, Gummerus Printing, Jyvaskyla, Finland.

Gücüş, M. O. (2007). Titrek Kavak (*Populus tremula L.*) Odunundan Soda Yöntemi İle Kağıt Hamuru Üretimine Sodyum Borhidrür Ve Antrakininonun Etkisi. Yüksek Mühendislik Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 124 s.

Gülsoy S.K. (2009). Beyaz Çürüklük Mantarı (*Ceriporiopsis subvermispora*) İle Muamele Edilen *Pinus nigra* Arnold.'Dan NaBH<sub>4</sub> İlaveli Biyolojik-Kraft Kağıt Hamuru Üretimi. Doktora Tezi. Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 143 s.

Gülsoy S.K. ve Eroğlu H. (2011). Influence of sodium borohydride on kraft pulping of European black pine as a digester additive. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 50 (4): 2441-2444.

Gülsoy S.K. (2014). Effects of cationic starch addition and pulp beating on strength properties of softwood kraft pulp. *Starch/Stärke*, 66: 655-659.

- Gümüşkaya, E., Erişir, E., Kırıcı, H. ve Mısır, N. (2011). The effect of sodium borohydride on alkaline sulfite-anthraquinone pulping of pine (*Pinus pinea*) wood. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 50: 8340-8343.
- Hamzeh, Y., Sabbaghi, S., Ashori, A., Abdulkhani, A. ve Soltani, F. (2013). Improving wet and dry strength properties of recycled old corrugated carton (OCC) pulp using various polymers. *Carbohydrate Polymer*, 94(1): 577–583.
- Howard, R.C. ve Jowsey, C.J. (1989). The effect of cationic starch on the tensile strength of paper. *Journal Pulp and Paper Science*, 15: 225–229.
- Hubbe, M. (2006). Bonding between cellulosic fibers in the absence and presence of dry strength agents—a review. *BioResources*, 1: 281–318.
- İstek, A. ve Gönteki, E. (2009). Utilization of sodium borohydride (NaBH<sub>4</sub>) in kraft pulping process. *Journal of Environmental Biology*, 30(6): 5-6.
- İstek, A. ve Özkan, İ. (2008). Effect of sodium borohydride on *Populus tremula* L. kraft pulping. *Turkish of Journal Agriculture Foresryt*, 32: 131–136.
- Kerr, A.J. ve Goring, D.A.I. (1975). The ultrastructural arrangement of the wood cell wall, *Cellulose Chemistry and Technology*, 9: 563-573.
- Khaustova, L.G., Ioffe, G.M., Pen, R.Z. ve Ignat'eva, N.I. (1971). Pulp from larchwood: kraft cooks of larchwood with liquors containing reducing agents and sulfur. *Izv. VUZ, Lesnoi Zh.* 14(3): 101–1066 p.p.
- Khosravani, A. ve Rahmaninia, M. (2013). The potential of nanosilica–cationic starch wet end system for applying higher filler content in fine paper. *BioResources*, 8(2): 2234–2245.
- Kleppe, P.J. (1970). Kraft pulping, *Tappi Journal*, 53(1): 35-47.
- Kırıcı, H. (2003). *Kağıt Hamuru ve Endüstrisi Ders Notları*. K.T.Ü., Trabzon, s.1-269.
- Kılıç, A., Hafizoğlu, H., Dönmez İ.E., Tümen, İ., Sivrikaya, H. ve Hemming J. (2010). Phenolic extractives of cones and berries from Turkish coniferous species. *European Journal of Wood and Wood Products*, 69: 63-66.
- Kocurek, M. (1989). Alkaline pulping, *Tappi Press*, Atlanta, USA.
- Lachenal D. (2003). Reasons for yield loss in Kraft cooking. Possible strategies for yield increase, <http://cerif.efpg.inpg.fr/EFPG-days/2003>.
- Laleg, M., Ono, H., Barbe, M.C., Pikulik, I.I. ve Seth, R.S. (1990). The effect of starch on the properties of groundwood furnishes paper. *In 1990 Papermakers Conference Proceedings*, Atlanta, pp. 383-389.

- Lindström, T. ve Florén, T. (1984) The effects of cationic starch wet end addition on the properties of clayfilled papers. *Svensk Papperstidning*, 87(12): R99–104.
- Mark, H. (1940). Intermicellar hole and tube system in fiber structure. *Journal of Physical Chemistry*, 44: 764-788.
- Meller, A. (1963). Retention of polysaccharides in kraft pulping. Part 1. The effect of borohydride treatment of *Pinus radiata* wood on its alkali stability. *Tappi*, 46(5): 317-319.
- Merev, N. (2003). *Odun Anatomisi ve Odun Tanıtımı*, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 210, Fakülte Yayın No: 32, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon.
- Mossello A.A., Harun, J., Resalati, H., Ibrahim, R., Tahir, P.Md., Shamsi, S.R.F. ve Mohamed, A. Z. (2010). Soda-anthraquinone pulp from malaysian cultivated kenaf for linerboard production. *BioResources*, 5(3): 1542-1553.
- Moeller, H.W. (1966). Cationic starch as a wet-end strength additive. *Tappi*, 49: 211–214.
- OGM. (2013) [http://web.ogm.gov.tr/Resimler/sanalkutuphane/orman\\_atlasi.pdf](http://web.ogm.gov.tr/Resimler/sanalkutuphane/orman_atlasi.pdf).
- Okan, O. T. Deniz, İ. ve Yıldırım, İ. (2013). Bleaching of bamboo (*Phyllostachys bambusoides*) kraft-AQ pulp with sodium perborate tetrahydrate (SPBTH) after oxygen delignification. *BioResources*, 8(1): 1332-1344.
- Özkan İ. (2006). Titrek Kavak (*Populus tremula* L.) Yongalarında NaBH<sub>4</sub> İlaveli Kraft Kağıt Hamuru Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 132 s.
- Pettersson, S.E. ve Rydholm, S.A. (1961). Hemicelluloses and paper properties of birch pulps, Part 3. *Svensk Papperstidning*, 64(1): 4-17.
- Prihoda, S., Wandelt, P. ve Kubes, G. (1996). The effect of borate on kraft, kraft-AQ and soda-AQ cooking of black spruce, *Paperi ja Puu*, 78(8): 456-460.
- Rowell, R.M. (2005). *Wood Chemistry and Wood Composites*. CRC press, USA.
- Rydholm S A. (1965). *Pulping processes*. First Edition, Interscience Publishers, 1269.
- Salmén, L. ve Olsson, A.-M. (1998). Interaction between hemicelluloses, lignin and cellulose: structure - property relationships. *Journal of Pulp and Paper Science*, 24(3):99-103
- Scott, W.E., Abbott, J. C.ve Trosset, S. (1995). *Properties of Paper: An Introduction*; Tappi Press: Atlanta, GA.
- Scott, W. E. (1996). *Principles of Wet End Chemistry*, Tappi Press, Atlanta, pp: 49–60.

- Sorvari, J., Sjöström, E., Klemola, A. ve Laine, J.E. (1986). Chemical characterization of wood constituents, especially lignin, in fractions separated from middle lamella and secondary wall of Norway spruce. *Wood Science and Technology*, 20: 35-51.
- Sjöström, E. (1993). *Wood chemistry. Fundamentals and applications*, Academic Press, San Diego, California, USA.
- Tank, T. (1980). *Lif ve Selüloz Teknolojisi 1*. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, No:272, İstanbul.
- Tapın, S., Sığoillot, J. C. Asther, M. ve Conil, M. P. (2006). feruloyl esterase utilization for simultaneous processing of nonwood plants into phenolic compounds and pulp fibers. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 54(10): 3697-3703.
- Temiz, S. (2006). Kraft-NaBH<sub>4</sub> yöntemiyle Uludağ Göknaarı (*Abies bornmuelleriana* Mattf.) ve Kızıl Çam (*Pinus brutia* Ten.) Odunlarından Kraft hamuru Üretim Koşullarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Düzce, 113 s.
- Tokoh, C., Takabe, K., Fujita, M. ve Saiki, H. (1998). Cellulose synthesized by *Acetobacter xylinum* in the presence of acetyl glucomannan, *Cellulose*, 5(4): 249-261.
- Tutuş, A. ve Alma, H. (2005). Borlu bileşiklerin kağıt hamuru üretimi ve ağartmada kullanılması, *I. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı*, 28-29 Nisan 2005, s. 399-403, Ankara.
- Tutuş A. ve Şah, S. (2009). Asma budama artıklarından kraft-sodyum borhidrür yöntemi ile kraft hamuru üretimi. *IV. Uluslararası Bor Sempozyumu* (15-17-Ekim 2009), 43-50, Eskişehir.
- Tutuş, A., Ateş, S. ve Deniz, İ. (2010). Pulp and paper production from spruce wood with kraft and modified kraft methods. *African Journal of Biotechnology*, 9(11): 1648-1654.
- Tutuş A., Çiçekler, M. ve Karataş, B. (2011). Pulp and paper production by soda-sodium borohydride method from poppy stems. *2nd International Non-Wood Products Symposium*, 8-10 September 2011 - Isparta/TURKEY.
- Türkoğlu, T. (2004). Kraft Hamurunun Soda-Oksijen-Borhidrür Yöntemi İle Delignifikasyonu. Yüksek Mühendislik Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 132 s.
- Tyrväinen, J. (1995). Wood and Fibre Properties of Norway Spruce and its Suitability for Thermomechanical Pulping. Ph.D. Thesis, Acta Forestalia 249, University of Helsinki, 154 p.
- URL-1. (2014) [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/90/ScotsPine\\_map.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/90/ScotsPine_map.jpg) 2 Haziran 2014.



- URL-2, (2014) [http://web.ogm.gov.tr/BilgiServisleri/agacturleri/saricam\\_y.jpg](http://web.ogm.gov.tr/BilgiServisleri/agacturleri/saricam_y.jpg) 2 Haziran 2014.
- URL-3 (2012) <http://www.boren.gov.tr/icerik.php?id=26>
- URL-4 (2014) <http://www.etimaden.gov.tr/etibor-48-115s.htm>
- URL-5 (2014) <http://www.etimaden.gov.tr/etidot-67-68s.htm>
- URL-6 (2014) <http://www.etimaden.gov.tr/ogutulmus-kolemanit-119s.htm>
- URL-7 (2014) <http://www.rsc.org/education/eic/issues/2013March/paper-conservation-cellulose-acid-hydrolysis.asp>
- Usta, M. (1993). Yerli çam türlerimizin kabuk ve odun bileşenlerinin karşılaştırılması, "ORENKO'93" II. Ulusal Orman Ürünleri Kongresi Bildiri Metinleri, 6-9 Ekim 1993, Trabzon.
- Vaaler, D.A.G. (2008). Yield-Increasing Additives in Kraft Pulping: Effect on Carbohydrate Retention, Composition and Handsheet Properties. Ph.D. Thesis, Department of Chemical Engineering, Faculty of Natural Sciences and Technology, Norwegian University of Science and Technology. 169 p.
- Veguru, P.K. ve Cameron, J.H. (2005). Use of borate in semi-chemical pulping, 2005 *Engineering, Pulping & Environmental Conference.CD-ROM Edition*. Tappi Press, p. 20.
- Villalba L.L., Scott G.M. ve Schroeder L.R. (2006) Modification of loblolly pine chips with *Ceriporiopsis subvermisporea* Part 2. Kraft pulping of treated chips. *Journal of wood Chemistry and Technology*, 26: 349-362.
- Xie, S.X., Liu,Q. ve Cui, S.W. (2005). Starch modification and applications, in:Cui,S.W.(Ed.), *Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties, and Applications*, Taylor & Francis, Boca Raton, pp. 357–406.
- Wise, L.E. ve Jahn, E.C. (1952). *Wood Chemistry*. 2<sup>nd</sup> Edition, Vol 1-2, Reinhold Publication Co. New York, U.S.A, 1330.
- Wan Rosli, W.D., K.N. Law, Z. ve Zainuddin, R. Asro (2004). Effect of pulping variables on the characteristics of oil-palm frond-fiber. *Bioresource Technology*, 93(3): 233–240.
- Zhang, J. ,Pelton, R., Wågberg, L. ve Rundlöf, M. (2001) The effect of molecular weight on the performance of paper strength enhancing polymers. *Journal Pulp and Paper Science*, 27(5):145–151.

## ÖZ GEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Süleyman KUŞTAŞ  
Doğum Yeri ve Tarihi : Pazarcık/1991

### Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Bartın Üniversitesi Bartın Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği  
Yüksek Lisans Öğrenimi : Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Bilim Dalı  
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce  
Bilimsel Faaliyet/Yayınlar : The Effect of Old Corrugated Container (OCC) Pulp Addition on the Properties of Paper Made with Virgin Softwood Kraft Pulps. BioResources. 8(4),5842-5849.

### İş Deneyimi

Stajlar : 2009 Zulkadiroğulları Ve Pakiş Kereste (Kahramanmaraş).  
2010 Kahramanmaraş Kağıt Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi(Kahramanmaraş)  
Projeler ve Kurs Belgeleri :  
Çalıştığı Kurumlar :

### İletişim

E-Posta Adresi : S\_kustas@hotmail.com

Tarih : 04.8.2014