



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TEST LİNER KAĞITLARININ GRAMAJI İLE KURU SAĞLAMLIK
MADDESİ İLAVESİ ARASINDAKİ İLİŞKİ**

HAZIRLAYAN

SERHAT ŞİMŞİR

DANIŞMAN

DOÇ.DR.SEZGİN KORAY GÜLSOY

BARTIN-2017



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TEST LİNER KAĞITLARININ GRAMAJI İLE KURU SAĞLAMLIK MADDESİ
İLAVESİ ARASINDAKİ İLİŞKİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN

Serhat ŞİMŞİR

JÜRİ ÜYELERİ

Danışman	:	Doç. Dr. Sezgin Koray GÜLSOY	-	Bartın Üniversitesi
Üye	:	Yrd. Doç. Dr. Ayhan GENÇER	-	Bartın Üniversitesi
Üye	:	Yrd. Doç. Dr. Ayhan TOZLUOĞLU	-	Düzce Üniversitesi

BARTIN-2017

KABUL VE ONAY

Serhat ŞİMŞİR tarafından hazırlanan “TEST LİNER KAĞITLARININ GRAMAJI İLE KURU SAĞLAMLIK MADDESİ İLAVESİ ARASINDAKİ İLİŞKİ” başlıklı bu çalışma, 02.01.2017 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Sezgin Koray GÜLSOY (Danışman)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ayhan GENÇER

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ayhan TOZLUOĞLU

Bu tezin kabulü Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/...../20... tarih ve 20...../.....-.....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. H. Selma ÇELİKİYAY
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Doç. Dr. Sezgin Koray GÜLSOY danışmanlığında hazırlamış olduğum “TEST LİNER KAĞITLARININ GRAMAJI İLE KURU SAĞLAMLIK MADDESİ İLAVESİ ARASINDAKİ İLİŞKİ” başlıklı 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.

02.01.2017

Serhat ŞİMŞİR

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması 2015-2016 yılları arasında Bartın Üniversitesi Bartın Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Orman Ürünleri Kimyası Anabilim Dalı'nda kıymetli hocam Doç. Dr. Sezgin Koray GÜLSOY yönetiminde hazırlanmıştır.

Tez savunmamda jüri üyesi olma nezaketini gösteren sayın hocalarım Yrd. Doç. Dr. Ayhan GENÇER ve Yrd. Doç. Dr. Ayhan TOZLUOĞLU, laboratuvar çalışmalarında bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Ayhan GENÇER ve Doç. Dr. Sezgin Koray GÜLSOY'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Ayrıca, Bartın Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Bilim Dalındaki arkadaşlarım Saffet UYSAL, Fadime YURDAKURBAN ve Muhsin TAŞ'a araştırmalarımda yardımcı olduğu için teşekkür ederim. Bu çalışma, Bartın Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir (Proje No: 2016-FEN-CY-014). Katkılarından dolayı Bartın Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim

Bununla birlikte, çalışmalarım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

Serhat ŞİMŞİR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TEST LİNER KAĞITLARININ GRAMAJI İLE KURU SAĞLAMLIK MADDESİ İLAVESİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

Serhat ŞİMŞİR

Bartın Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Sezgin Koray GÜLSOY

Bartın- 2017, sayfa: XV + 81

Bu çalışmada, 7 farklı gramajda (85 g/m^2 , 90 g/m^2 , 95 g/m^2 , 100 g/m^2 , 105 g/m^2 , 110 g/m^2 , ve 115 g/m^2) test liner kağıdı üretilerek kağıdın sağlamlık özellikleri üzerine gramajın etkileri incelenmiştir. Ayrıca, katyonik nişasta (KN) ve karboksimetil selüloz (KMS) %0,75 ve %1,5 oranında kullanılarak her bir gramajda test liner kağıdı üretilmiştir. Elde edilen kağıtların sağlamlık özelliklerine kuru sağlamlık maddesi ilavesinin etkileri belirlenmiştir.

Kağıtların uzama ve TEA değerlerinin gramaj artışları ile arttığı tespit edilmiştir. Kopma ve yırtılma indisi değerlerinin gramaj artışı ile doğrusal olmayan bir değişim gösterdiği belirlenmiştir. Diğer taraftan, patlama indisi değerlerinin gramaj değişiminden etkilenmediği tespit edilmiştir.

Tüm kağıt gramajlarında, kağıdın sağlamlığının KN ve KMS ilaveleri ile arttığı tespit edilmiştir. En yüksek sağlamlık artışı %1,5 KN ilaveli örneklerde belirlenmiştir. Diğer taraftan, kuru sağlamlık maddesi ilavesinin kağıdın sağlamlık özelliklerine etkisinin düşük gramajlı kağıtlarda (85 ve 90 g/m^2) yüksek gramajlı kağıtlardan (110 ve 115 g/m^2) daha belirgin olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler

Katyonik nişasta; karboksimetil selüloz; test liner; gramaj; sağlamlık özellikleri

Bilim Kodu

502.06.01

ABSTRACT

M.Sc.Thesis

THE RELATIONSHIP BETWEEN GRAMMAGE AND DRY STRENGTH AGENT ADDITION OF TEST LINER HANDSHEETS

Serhat ŞİMŞİR

Bartın University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Forest Industrial Engineering

Thesis Advisor: Doç. Dr. Sezgin Koray GÜLSOY

Bartın-2017, pp: XV + 81

In this study, test liner papers in seven different grammage (85 g/m², 90 g/m², 95 g/m², 100 g/m², 105 g/m², 110 g/m², and 115 g/m²) were made, and effects of grammage on strength properties of handsheets were investigated. Also, cationic starch (CS) and carboxymethyl cellulose (CMC) (0.75% and 1.5%) added test liner papers in seven different grammage were made. The effects of dry strength agent addition on strength properties of handsheets in the different grammage.

The stretch and TEA values of handsheets were increased with increasing grammage. The tensile and tear indices of handsheets were changed irregularly with increasing grammage. On the other hand, burst index of handsheets was not affected with grammage increases.

In the all handsheet grammages, the strength properties of handsheets were increased with addition of CS and CMC. The highest strength increases were determined in 1.5% CS added handsheets. On the other hand, effect of dry strength agents on strength properties of test liner in the lower grammage (85 and 90 g/m²) was prominent than that of test liner in the higher grammage (110 and 115 g/m²).

Key Words

Cationic starch; carboxymethyl cellulose; test liner; grammage; strength properties.

Science Code

502.06.01

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KABUL VE ONAY	ii
BEYANNAME.....	iii
ÖNSÖZ	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
BÖLÜM 1_GİRİŞ	1
1.1 Genel Bilgiler.....	2
1.1.1 Atık Kağıt.....	2
1.1.2 Atık Kağıtların Sınıflandırılması.....	3
1.1.3 Kağıt Geri Dönüşüm İşlemlerinin Lifler ve Kağıt Özellikleri Üzerine Etkisi	4
1.1.4 Dünya’da ve Türkiye’de Atık Kağıt Kullanımı ve Geri Kazanımı	8
1.2 Oluklu Mukavva	9
1.2.1 Kraft Liner.....	10
1.2.2 Test Liner	11
1.3 Kuru Sağlamlık Maddeleri.....	11
1.3.1 KN’nın Kağıdın Sağlamlık Özelliklerine Etkileri ile İlgili Çalışmalar.....	12
1.3.2 KMS’nin Kağıdın Sağlamlık Özelliklerine Etkileri ile İlgili Çalışmalar.....	14
1.4. Gramajın Kağıt Özelliklerine Etkileri ile İlgili Çalışmalar	16
1.5 Çalışmanın Amacı.....	17
BÖLÜM 2_MATERYAL VE YÖNTEM	18
2.1 Materyal	18
2.2 Yöntem.....	18
2.2.1 Deneme Kağıtlarının Yapılması.....	18
2.2.2 Kağıtlarının Bazı Fiziksel, Optik ve Mekanik Özellikleri	19
2.2.3 Verilerin Değerlendirilmesi.....	19

BÖLÜM 3_BULGULAR VE İRDELEME	20
3.1 Deneme Kağıtlarının Sağlamlık Özelliklerine Gramajın Etkisi	20
3.2.1 Deneme Kağıtlarının Kopma İndisi Üzerine Gramajın Etkisi	22
3.2.2 Deneme Kağıtlarının Uzama Değerleri Üzerine Gramajın Etkisi.....	25
3.2.3 Deneme Kağıtlarının TEA Değerleri Üzerine Gramajın Etkisi	28
3.2.4 Deneme Kağıtlarının Yırtılma İndisi Değerleri Üzerine Gramajın Etkisi	32
3.2.5 Deneme Kağıtlarının Patlama İndisi Değerleri Üzerine Gramajın Etkisi	35
3.3 Deneme Kağıtlarının Sağlamlık Özellikleri Üzerine KN ve KMS'nin Etkileri	38
3.3.1 Deneme Kağıtlarının Kopma İndisi Değerlerine KN ve KMS'nin Etkileri.....	43
3.3.2 Deneme Kağıtlarının Uzama Değerlerine KN ve KMS'nin Etkileri	48
3.3.3 Deneme Kağıtlarının TEA Değerlerine KN ve KMS'nin Etkileri.....	54
3.3.4 Deneme Kağıtlarının Yırtılma İndisi Değerlerine KN ve KMS'nin Etkileri	59
3.3.5 Deneme Kağıtlarının Patlama İndisi Değerlerine KN ve KMS'nin Etkileri.....	64
BÖLÜM 4_SONUÇ VE ÖNERİLER	70
KAYNAKLAR.....	73
ÖZGEÇMİŞ	81

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
1. Selüloz mikrofibrillerinin kuruma etkisiyle yapısının değişimi (hornifikasyon).....	6
2. Hornifikasyon ile liflerin esnekliğini yitirmesi.	6
3. Geri dönüşüm nedeniyle lif yüzeylerindeki serbest OH ⁻ grup sayısındaki azalma.....	8
4. Amiloz (solda), amilopektin (sağda).....	13
5. Selüloz (a) ve karboksimetil selülozun (b) yapısı	15
6. Kontrol kağıtlarında kopma indisi üzerine gramajın etkisi.....	23
7. %0,75 KN ilaveli kağıtlarda kopma indisi üzerine gramajın etkisi.	23
8. %1,5 KN ilaveli kağıtlarda kopma indisi üzerine gramajın etkisi.	24
9. %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda kopma indisi üzerine gramajın etkisi.	24
10. %1,5 KMS ilaveli kağıtlarda kopma indisi üzerine gramajın etkisi.	25
11. Kontrol kağıtlarında gramajın uzama üzerine etkisi.	26
12. %0,75 KN ilaveli kağıtlarda gramajın uzama üzerine etkisi.....	26
13. %1,5 KN ilaveli kağıtlarda gramajın uzama üzerine etkisi.....	27
14. %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda gramajın uzama üzerine etkisi.....	27
15. %1,5 KMS ilaveli kağıtlarda gramajın uzama üzerine etkisi.....	28
16. Kontrol kağıtlarında gramajın TEA üzerine etkisi.....	29
17. %0,75 KN ilaveli kağıtlarda gramajın TEA üzerine etkisi.	29
18. %1,5 KN ilaveli kağıtlarda gramajın TEA üzerine etkisi.	30
19. %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda gramajın TEA üzerine etkisi.	31
20. %1,5 KMS ilaveli kağıtlarda gramajın TEA üzerine etkisi.	31
21. Kontrol kağıtlarında gramajın yırtılma indisi üzerine etkisi.	32
22. %0,75 KN ilaveli kağıtlarda gramajın yırtılma indisi üzerine etkisi.	33
23. %1,5 KN ilaveli kağıtlarda gramajın yırtılma indisi üzerine etkisi.	33
24. %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda gramajın yırtılma indisi üzerine etkisi.....	34
25. %1,5 KMS ilaveli kağıtlarda gramajın yırtılma indisi üzerine etkisi.....	34
26. Kontrol kağıtlarında gramajın patlama indisi üzerine etkisi.	35
27. %0,75 KN ilaveli kağıtlarda gramajın patlama indisi üzerine etkisi.	36
28. %1,5 KN ilaveli kağıtlarda gramajın patlama indisi üzerine etkisi.	36
29. %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda gramajın patlama indisi üzerine etkisi.....	37
30. %1,5 KMS ilaveli kağıtlarda gramajın patlama indisi üzerine etkisi.....	38

Şekil	Sayfa
No	No
31. 85 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin kopma indisi üzerine etkileri.....	43
32. 90 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin kopma indisi üzerine etkileri.....	44
33. 95 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin kopma indisi üzerine etkileri.....	45
34. 100 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin kopma indisi üzerine etkileri.....	45
35. 105 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin kopma indisi üzerine etkileri.....	46
36. 110 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin kopma indisi üzerine etkileri.....	47
37. 115 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin kopma indisi üzerine etkileri.....	47
38. 85 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin uzama üzerine etkileri.	49
39. 90 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin uzama üzerine etkileri.	50
40. 95 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin uzama üzerine etkileri.	50
41. 100 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin uzama üzerine etkileri. ...	51
42. 105 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin uzama üzerine etkileri. ...	52
43. 110 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin uzama üzerine etkileri. ...	52
44. 115 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin uzama üzerine etkileri. ...	53
45. 85 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin TEA üzerine etkileri.....	54
46. 90 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin TEA üzerine etkileri.....	55
47. 95 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin TEA üzerine etkileri.....	55
48. 100 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin TEA üzerine etkileri.....	56
49. 105 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin TEA üzerine etkileri.....	57
50. 110 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin TEA üzerine etkileri.....	57
51. 115 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin TEA üzerine etkileri.....	58
52. 85 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin yırtılma indisi üzerine etkileri.....	59
53. 90 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin yırtılma indisi üzerine etkileri.....	60

Şekil	Sayfa
No	No
54. 95 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin yırtılma indisi üzerine etkileri.....	60
55. 100 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin yırtılma indisi üzerine etkileri.....	61
56. 105 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin yırtılma indisi üzerine etkileri.....	62
57. 110 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin yırtılma indisi üzerine etkileri.....	62
58. 115g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin yırtılma indisi üzerine etkileri.....	63
59. 85 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin patlama indisi üzerine etkileri.....	64
60. 90 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin patlama indisi üzerine etkileri.....	65
61. 95 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin patlama indisi üzerine etkileri.....	66
62. 100 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin patlama indisi üzerine etkileri.....	66
63. 105 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin patlama indisi üzerine etkileri.	67
64. 110 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin patlama indisi üzerine etkileri.....	68
65. 115 g/m ² 'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin patlama indisi üzerine etkileri.....	68

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo No	Sayfa No
1. Deneme kağıtlarının testlerinde kullanılan bazı yöntemler.	19
2. Kontrol kağıtların sağlamlığı üzerine gramajın etkisi.	20
3. %0,75 KN ilaveli kağıtların sağlamlığı üzerine gramajın etkisi.	21
4. %1,5 KN ilaveli kağıtların sağlamlığı üzerine gramajın etkisi.	21
5. %0,75 KMS ilaveli kağıtların sağlamlığı üzerine gramajın etkisi.	21
6. %1,5 KMS ilaveli kağıtların sağlamlığı üzerine gramajın etkisi.	22
7. 85 g/m ² 'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri.	38
8. 85 g/m ² 'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri (% değişimler).	39
9. 90 g/m ² 'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri.	39
10. 90 g/m ² 'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri (% değişimler).	39
11. 95 g/m ² 'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri.	40
12. 95 g/m ² 'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri (% değişimler).	40
13. 100 g/m ² 'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri.	40
14. 100 g/m ² 'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri (% değişimler).	41
15. 105 g/m ² 'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri.	41
16. 105 g/m ² 'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri (% değişimler).	41
17. 110 g/m ² 'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri.	42
18. 110 g/m ² 'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri (% değişimler).	42
19. 115 g/m ² 'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri.	42
20. 115 g/m ² 'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri (% değişimler).	43

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

g	:	Gram
m	:	metre
%	:	Yüzde

KISALTMALAR

KN	:	Katyonik Nişasta
KMS	:	Korboksimetil Selüloz
SEKA	:	Türkiye Selüloz ve Kağıt Fabrikaları
SPSS	:	Statistical Package for the Social Sciences
TEA	:	Kopma enerji absorpsiyonu

BÖLÜM 1

GİRİŞ

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

Kağıt hamuru endüstrisi dünya genelinde en geniş sanayi kollarından birine sahiptir. Bu sanayide Kuzey Amerika, Kuzey Avrupa ve Doğu Asya ülkelerinin yeri daha geniştir. Ayrıca Latin Amerika ve Avustralya da sektörde önemli yere sahiptir. Önümüzdeki birkaç yıl içinde, Çin ve Hindistan'ın kağıt hamuru endüstrisinin de önemli ülkeler arasında olacağı beklenmektedir (Bajpai, 2014).

Kağıt hamuru üretiminin ana hammadde kaynağın yapraklı ve iğne yapraklı ağaç odunlarından oluşturmaktadır (Eroğlu ve Usta, 2004).

Kağıt endüstrisinde iğne yapraklı ağaç odunlarından uzun lifli hamurlar, yapraklı ağaç türü odunları ve benzer lif özelliklerine sahip çoğu yıllık bitki saplarından elde edilen hamurların kısa lifli hamurlar olarak isimlendirilmesi alışkanlık haline gelmiştir. Uzun lifli iğne yapraklı ağaç odunu hamurları kağıt yapımında safiha direncini olumlu yönde artırırken; kısa ve ince liflere sahip yapraklı ağaç odunu ve yıllık bitki hamurları formasyonu homojen olan fevkalade yüzey düzgünlüğüne sahip kağıtlar verirler. Bu nedenle, dünyada olduğu gibi ülkemizde de değişik kağıt türlerinin üretimi için uzun ve kısa lifli hamurlar harmanlanarak kullanılmaktadır (Kırcı, 2003).

Dünya genelinde atık kağıtların toplanarak yeniden kağıt üretiminde değerlendirilmesine ilgi artarak devam etmektedir. Bu durumun oluşmasında özellikle son yıllarda ormanların kağıt ve orman ürünleri endüstrisi için aşırı tüketilmesi sonucu ekolojik dengede kaydedilen olumsuz etkiler önemli yer tutmaktadır. Ayrıca toplumun bilinçlenmesi ve zaten hazır halde kağıt yapısında bulunan lifsel maddelerin yeniden ve defalarca

kullanılabileceğinin bilinmesi de atık kağıt geri dönüşüme olan ilginin artmasına neden olmaktadır.

1.1 Genel Bilgiler

1.1.1 Atık Kağıt

Atık kağıt, herhangi bir kullanım alanında fonksiyonunu tamamlayan ve atılan her türlü kâğıt, karton ve mukavvalara denilmektedir. Gazeteler, dergiler, broşürler, kataloglar, telefon rehberleri, bilgisayar kağıtları, yazı kağıtları, karton, mukavva, ambalaj kağıdı, kâğıt fabrikalarından çıkan kopuk kâğıtlar, dönüşüm sırasında çıkan kırpıntı kâğıtlar, gazete basan matbaalardan çıkan hatalı gazete baskıları, baskı fazlası gazete kâğıtları atık kağıtlara örnek olarak verilebilir (URL-1, 2014).

Kağıt geri dönüşümü dünyadaki sayısız ülkede uzun yıllardır yapılmaktadır. Kağıt geri dönüşümü ve kağıt ile ilgili ürünler sürdürülebilir ekonomik büyüme için çok önemlidir. Dönüşüm işlemi depolama alanı ve maliyetten tasarruf sağlar, kağıt üretimi için gerekli olan enerji gereksinimlerini ve değerli doğal kaynakların tüketimini azaltır (odun, su, mineraller ve fosil yakıtlar). Bu ise topluma sağlanan önemli ve karlı bir hizmettir (Bajpai, 2014).

Ülkemizde atık kağıt toplanması ve kullanımı 80’li yıllardan sonra gelişmeye başlamış olup, atık kağıdın hammadde olarak kullanımı özel sektör tarafından daha çok tercih edilmektedir. 1990 yılında SEKA’nın atık kağıt alımındaki payı %16, özel sektörün ise % 84 iken, 2001 yılında SEKA’nın payı % 5’e düşmüş, özel sektörün payı ise % 95’e ulaşmıştır. Atık kağıt kullanımında her geçen yıl biraz daha artış sağlansa da atık kağıt ülkemizde halen gelişmemiş yöntemlerle toplandığı için sanayiye dönüş oranı düşük kalmaktadır.

Atık kağıt üretimde diğer hammaddelerle karıştırılarak kullanılabildiği gibi gelişen teknoloji sonucu %100 atık kağıt kullanılarak elde edilen ürün sayısı artmaktadır. Özellikle ambalaj kağıdı ve karton türlerinde atık kağıt kullanımı daha yaygındır (Usta, 2004).

Atık kağıdın birinci elden cinslerine ayrılarak depolanması gerekmektedir. Cinslerine ayrılmadan toplanan karışık atık kağıtlar daha çok katma değeri düşük olan gri karton, imitasyon karft, şrenz fluting, testliner ve kroma karton gibi kağıt türlerinin üretiminde kullanılmaktadır. Oysa cinslerine ayrılarak depolanmış olan atık kağıdın açma, mürekkep giderme, temizleme ve beyazlatma kademelerinden geçilerek katma değeri daha yüksek olan kağıt türlerinin üretiminde kullanılması mümkün olmaktadır. Dolayısıyla atık kağıtların cinslerine göre toplanarak depolanması ve bunları işleyecek sistemlere sahip olunabilmesi oldukça önemlidir (Sakarya ve Canlı, 2011).

Kullanılmış kağıtların %15-20'lik kısmını pratik olarak kağıt üretiminde geri kazanarak kullanmak mümkün değildir. Çünkü, kullanılmış kağıtların lifleri her seferinde ortalama %15-20 oranında zayıflar (Byström ve Lönnstedt, 1997).

Kullanılmış kağıtların tekrar işlenmesinden dolayı selülozik liflerin boylarında görülen bu kısalma nedeniyle kısa lifler elekte kalamadığından prosesten atık olarak ayrılır. Ülkemizde atık kağıt işleyen oluklu mukavva üreten fabrikaların ürettiği kağıt kalitesine göre %5 ile %20 arasında lif kaybı olmaktadır. Bu sebeple geri dönüşüm ile oluklu mukavva yapan fabrikalarda bile günde yaklaşık 9 ton kağıt atığı geri dönüşümde kullanılamamakta ve çevreye atılmaktadır (Yiğiter vd., 2012).

1.1.2 Atık Kağıtların Sınıflandırılması

Kağıt üretimi ve kağıt dönüşüm işlerinde birçok tip ve özellikte maddelerin kullanılması, kâğıtların sınıflandırılarak geri dönüşümlerinin yapılmasını daha da önemli kılmıştır. Amaca uygun ve başarılı bir atık kağıt geri dönüşüm işleminin temelini, benzer türdeki kağıt gruplarının aynı anda işleme sokulması oluşturur (Şahin, 2009).

Genel olarak, benzer türdeki kağıtların aynı anda geri dönüşümlerinin yapılması ile geri kazanılan liflerin kalitesinin yükseldiği ve prosesin veriminin olumlu yönde etkilendiğine inanılmaktadır. Bu nedenle, aynı özellikteki kağıtların bir arada, büyük miktarlar halinde tesislerde işlenebilmesi için, atık kağıt ürünlerinin daha ilk oluşumu veya geri dönüşüm tesislerine ulaştırılması esnasında özelliklerine göre sınıflandırılması ve aynı sınıf kağıtların bir arada geri dönüşümlerinin yapılması, başarılı bir prosesin gerçekleştirilmesi için önemlidir (Thomson, 1992).

Geri kazanılan kağıt esaslı ürünlerde lifsel maddeler dışında, birçok doğal ve sentetik yabancı madde bulunabilir. Bu maddelere örnek olarak tel, zimba, iplik, plastik kaplama malzemeleri, sentetik yüzey kaplamalar, nişasta, kil, mürekkep verilebilir. Atık kağıtlarda bu tip maddelerin türü ve miktarı, geri dönüşüm işlemlerinde verim ve kalite yanında üretim maliyetini de önemli derecede etkilemektedir (Mulligan, 1993).

İnsanların günlük kullanımında faydalandığı kağıtlar çok farklı şekilde üretilmiş olabilir. Örneğin, mekanik veya ağartılmamış kimyasal hamur içeren düşük kalitedeki yazı kağıtları, gazeteler, zarflar, ambalaj kağıtları ile birlikte yüksek kaliteli ağartılmış kimyasal hamurdan üretilen fotokopi kağıtları vb. (Thomson, 1992; Mulligan, 1993).

Atık kağıtların sınıflandırılması, kullanılan dolgu veya yüzey maddeleri tipi, üretim teknolojilerine bağlı olarak çok değişik şekilde yapılabilir. Diğer kâğıt sınıflarından kalite ve sayfa yapısı olarak belirgin şekilde ayrılan, geri dönüşüme konu olan kağıt ve karton ürünleri 4 ana grupta sınıflandırılmaktadır (Kleinau, 1990; Mulligan, 1993; Thomson, 1992; Bajpai, 2014).

- Karışık atıklar (Mixed waste, MW)
- Oluklu mukavva atıkları (Old corrugated containers, OCC)
- Atık gazete kâğıtları (Old newsprint, ONP)
- Atık dergiler (Old magazines, OMG)

1.1.3 Kağıt Geri Dönüşüm İşlemlerinin Lifler ve Kağıt Özellikleri Üzerine Etkisi

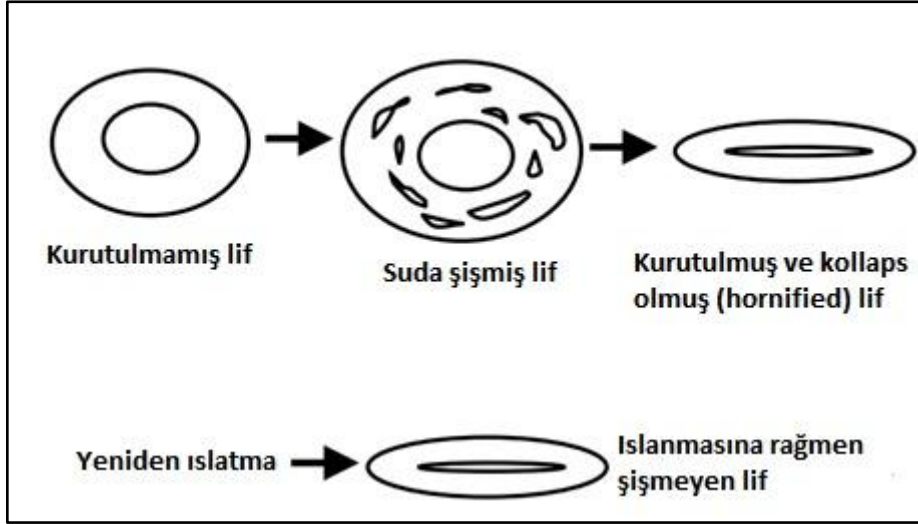
Lifler bireysel selüloz moleküllerinden oluşmuştur. Bir selüloz lifi içinde bulunan alt birimleri küçükten büyüğe doğru selüloz molekül zincirleri, filamentler, fibriller ve lif şeklinde sıralayabiliriz. Selüloz molekülleri kristalitler içerisinde birleşerek ip şeklinde ve lif boyuna paralel olarak uzanırlar. Fibriller kısmen kaba morfolojik birimlerdir. Filamentler içinde selüloz zincirleri sıkıca bağlandığından su içine nüfuz edemez, fakat arasına girebilir. Filamentler elektron mikroskobu altında kolayca görülebilirler. Saçaklanma sonucu fibriller gevşeyerek filamentler ortaya çıkar ve dövmenin mekanik etkisi sonucu olarak filamentler gevşer. Filamentlerin lif yüzeyine çıkmaları (dış saçaklanma) birbirleriyle ilişkiye gelerek bağ oluşturabilecek yüzey alanını artırır. Lif içindeki filamentlerin gevşemesi ise lifin bükülebilirliğinde artışa neden olur. Buna iç saçaklanma denir. Bu nedenle, lif ağı içinde tutulan su miktarı da artar (Casey, 1961;

Emerton, 1965; Spencer vd., 1970; Vilars, 1978). Liflerin şişmesi genellikle iç fibrillenme olarak adlandırılır (Page, 1989). İç fibrillenme mikroskop yardımıyla gözlemlenebilmektedir (Page ve de Grace, 1967).

Kurutma işlemi sırasında kağıdın genellikle çekmesi ve lifler arası bağ oluşturmaları veya hücre lümeni ve çeperleri arasında bulunan açıklıkların kapanması ve daha sonra tekrar su ile muamele edildiğinde oluşan bu bağların açılmamasına hornifikasyon denir (Minor, 1994).

Hornifikasyon selüloz liflerinde fiziksel ve kimyasal bir değişim olarak tanımlanır (Weise, 1998). Hornifikasyon mekanizması suyun uzaklaştırılması sonucu selüloz liflerinin birbiri ile daha sıkı bir yapı oluşturmalarıdır. Selüloz liflerinin kurumaları ve tekrar su ile muamelesi sonucu mikrofibrillerin yeniden oryantasyonu ve karbonhidrat zincirlerinin birbirlerine karşılık gelecek şekilde düzenlenmesi sonucu daha yoğun hidrojen bağları oluşmakta ve selülozun kristal yapısı artmaktadır. Yüzey gerilmeleri ile oluşan kuvvetlerde karşı yüzeylerin birbirini çekmesi sonucu boşlukların kapanmasına neden olmaktadır (Minor, 1994).

Bu olay lifler arasında oluşacak bağları ve dolayısıyla kağıt direnç özelliklerini etkilemektedir. Hornifikasyon bağ yapmak için elverişli yüzey alanını azaltmakta ve kağıdın çekme, kopma, patlama, katlama dirençlerini ve yoğunluğunu düşürmektedir (Üner ve Şahin, 2004) (Şekil 1). Hornifikasyon liflerin esnekliğini yitirmesine ve rijit bir yapı kazanmasına neden olmaktadır (Şekil 2).



Şekil 1: Selüloz mikrofibrillerinin kuruma etkisiyle yapısının değişimi (hornifikasyon) (URL-2, 2016).



Şekil 2: Hornifikasyon ile liflerin esnekliğini yitirmesi (URL-2, 2016).

Genel olarak hiç kurumamış selüloz liflerinden elde edilmiş kağıtlara göre, atık kağıtlardan yeniden imal edilmiş kağıtlarda, karakteristik olarak kalite düşmektedir. Özellikle direnç özelliklerinde 4. dönüşüme kadar yüksek oranda azalmalar olmaktadır. Bu durumun oluşmasındaki sebepler ise bireysel lif direncinin, uzunluğunun, çözelti içindeki şişme özelliğinin değişmesi sonucu selüloz liflerinin aralarındaki hidrojen bağ yapabilmeye kabiliyetlerinin azalması olarak verilebilir (Üner ve Şahin, 2004).

Elektron mikroskobu ile yapılan çalışmada; kağıtların geri dönüşümünden kazanılmış selüloz liflerinin (sekonder lif), hiç kurumamış bakir liflere göre daha ince, kısa ve enine kesit alanları daralmış olduğu açıklanmıştır (Minor, 1994).

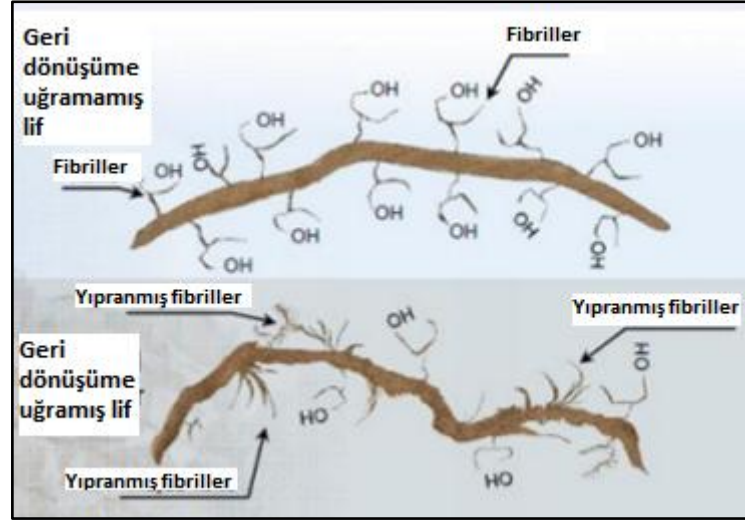
Safihalarda mekanik direnç özelliklerinin oluşması ve geliştirilmesinde selüloz liflerinin bireysel boyutları (kalınlık ve uzunluk) önemlidir. Zira, bitkisel kaynaklardan elde edilmiş liflerin kağıt yapımına uygunluğunun pratik olarak belirtilmesinde de liflerin bireysel

boyut özellikleri (Runkel oranı, lif keçeleşmesi, lif kabalığı vb.) göz önüne alınmakta ve temel kural olarak: uzun ve ince liflerden, kalın ve kısa liflere göre daha yüksek direnç özelliklerine sahip kağıtlar elde edilmektedir (Biermann, 1993).

Bireysel lif boyları azalmış, enine kesit alanları daralmış küçük boyutlu lifler kırıntı lif olarak tanımlanmaktadır (Laivin ve Scallan, 1996; Wistara vd., 1999). Eşdeğer dövme zamanlarında, geri dönüştürülmüş lif içeren kağıtların birincil liften elde edilenlere göre yoğunluğu daha az ve genellikle geçirgenliği daha fazladır. İkincil lifler dövüldüğü zaman daha fazla kırıntı lif oluşur. Kırıntılar lifler arasına girerek bağların güçlenmesini sağlar. Dövme esnasında serbest kalan kırıntı lifler şişme potansiyelinden ziyade süspansiyondaki spesifik yüzey alanını arttırmırlar. Dolgu maddesi gibi davranırlar. Direnç özellikleri üzerinde az, drenaj özellikleri üzerinde çok büyük etkileri vardır (De Ruvo vd., 1986). Geri dönüştürülmüş lifler birincil liflerden daha düşük sağlamlığa ve daha yüksek drenaj direncine sahiptirler (Bhatt vd., 1991).

Dövme işlemi, lifler arası bağları kopararak suyun hücre çeperine, dolayısıyla lifler arasına girmesini sağlar ve bunun sonucu olarak da lifler esnek bir yapı kazanır. Esnek liflerin oluşması, liflerin bağ yapma yüzeyini dolayısıyla bağ yapabilme kapasitesini etkilediğinden bu durumdaki liflerden üretilen kağıtların optik ve mekanik özelliklerini doğrudan etkilemektedir (Cao vd., 1999).

Şişme, kağıt üretimi için son derece önemli olan ve liflerin su veya kimyasal maddelerle temas etmesi sonucunda görülen fizikokimyasal bir olaydır. Su molekülleri, lif içindeki boşluklara nüfuz ederek polar bir çözücü gibi hidrojen bağlarını açmakta ve selüloz liflerini şişme için uygun hale getirmektedir. Şişme esnasında selüloz molekülleri arasındaki hidrojen bağları kırılmakta ve su molekülleri hidrojen bağları arasına yerleşmektedir. Böylece, su molekülleri hidrojen bağları yardımıyla selüloz liflerinin amorf kısımlarında bulunan serbest OH⁻ gruplarına bağlanmakta ve lifler bu olayın sonucu olarak şişmeye başlamaktadır. Şişmenin derecesi lifin taşıdığı serbest hidroksil gruplarına bağlıdır (Hafızoğlu, 1982; Luukko ve Maloney, 1999). Geri dönüşüme uğramış liflerin yüzeylerinde bulunan ve diğer lifler ile bağ yapmasını sağlayan serbest OH⁻ gruplarının sayısı geri dönüşüme uğramamış liflere göre hornifikasyona uğradıkları için daha azdır (Şekil 3).



Şekil 3: Geri dönüşüm nedeniyle lif yüzeylerindeki serbest OH⁻ grup sayısındaki azalma (URL-3, 2016).

Hücre çeperi içerisindeki suyun miktarı, yani lifin şişme derecesi hamur özellikleri açısından çok önemli ve gereklidir. Şişme; kağıt üretim prosesinde katkı maddelerinin adsorpsiyonu da dahil olmak üzere tüm safhaları etkilemektedir. Şişme; ayrıca ıslak sonda, pres kısmında suyun uzaklaştırılmasında, kurutma kısmında ve bağ yapısında etki göstermektedir (Maloney vd., 1998).

Su içerisinde hamur liflerinin şişebilirliği, bu liflerden kağıt yapımı ve kağıt özellikleri ile yakından ilgili olduğu için önemli bir parametredir (Ottestam vd., 1991). Kağıt, selüloz lifleri arasında hidrojen bağlarının oluşması ile üretilir. Geri dönüşüm sırasında yaş pres ve kurutma, hücre duvarlarının çökmesine ve açıklıklarının kapanmasına neden olup, hidrojen bağlarını etkilemektedir (Üner ve Şahin, 2004). Bu olay, liflerin kollapsa uğramasıdır.

1.1.4 Dünya’da ve Türkiye’de Atık Kağıt Kullanımı ve Geri Kazanımı

2015 yılında Dünya’da 406 milyon ton kağıt ve karton üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu üretimin %44,58’ini (181 milyon ton) birincil lifler, %55,42’sini (225 milyon ton) ise atık kağıt lifleri oluşturmaktadır (FAOSTAT, 2016). Kağıt endüstrisinde hammadde olarak atık kağıt kullanımının önemi son on yılda önemli ölçüde artmıştır (Bajpai, 2014). Atık kağıt toplanması, kağıt ve karton ürünlerinin kullanıldıktan sonra tekrar geri dönüştürülerek hammadde olarak yararlanılması günümüz kağıt üretim teknolojilerinde mümkün olmaktadır. Böylelikle kullanılmış kağıtların çöpe atılmasının oluşturduğu çevre

kirliliği ve kağıttan yeniden kağıt üretilmesi sonucu daha fazla ağaç kesilmesi önlenebilmektedir (Usta, 2004).

Bir ülkede toplanan atık kağıt miktarının üretilen kağıt miktarına oranına atık kağıt geri dönüşüm oranı denir. Ülkede tüketilen atık kağıt miktarının üretilen toplam kağıt miktarına oranı ise atık kullanım oranı olarak adlandırılmaktadır (Sakarya ve Canlı, 2011).

Atık kağıt geri dönüşüm oranı 2011 yılında ABD’de % 66, Almanya’da %77, Japonya’da %78, Fransa’da %74, Endonezya’da %53, Rusya’da %44, Çin’de %45, Türkiye’de ise %39 olarak gerçekleşmiştir. 2011 yılında atık kağıt geri dönüşüm oranının Dünya ortalaması %57’dir (URL-4, 2016).

Atık kağıt kullanım hacimleri ve oranları ülkeden ülkeye büyük farklılıklar gösterir. 2006 yılında en önemli 13 ülke 155 milyon ton atık kağıt kullanmışlardır. Bu Dünya atık kağıt kullanımının yaklaşık %79 olduğunu göstermektedir. Zaten önemli ülkelerden 4’ü Çin, A.B.D., Japonya ve Almanya 108 milyon ton atık kağıt ile Dünya atık kağıt kullanımının %55’ini oluşturmaktadırlar (Bajpai, 2014).

Türkiye’de 2013 yılında 3,1 milyon ton kağıt üretilirken, kağıt tüketimi 5,7 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (Çevik, 2016). Türkiye’de 2015 yılında 3 milyon ton atık kağıt toplanarak yeniden kağıda dönüştürülmüştür (Saral, 2016).

1.2 Oluklu Mukavva

Ambalaj, bir ürünün fabrikadan tüketiciye kadar ulaştırılması aşamalarında dağıtım zinciri olarak ifade edilen taşıma, depolama ve yükleme-boşaltma işlemlerinde içerdiği ürünü, koruyan ve üzerinde yer alan bilgilerle iletişim sağlayan optimum maliyetli kaplar ve/veya sargılar olarak tanımlanmaktadır. Kâğıdın ucuz ve işlenmesi kolay olması nedeniyle ambalaj maddeleri içinde tercih sıralamasında kâğıt ve karton ilk sırada yer almaktadır (Önen, 2002).

Kağıda dayalı ambalaj ürünleri, genel anlamda kâğıt ambalajlar, karton ambalajlar ve oluklu mukavva ambalajlar olarak üç grupta toplanabilmektedir (Bayraktar, 2004). Oluklu mukavva, 20. yüzyılda bulunmuş kâğıttan mamul en önemli ambalaj maddelerinden

biridir. İki düz karton (liner) arasında bunları birleştiren oluklu bir kartondan (fluting) ibaret olan oluklu mukavva şok ve basınca çok dayanıklı bir yapı teşkil eder (Önen, 2002).

Oluklu mukavva, mal ve eşyaların korunması ve paketlenmesi ihtiyacı nedeni ile yeni bir kâğıt kullanımı olarak ortaya çıkmıştır. Bugüne kadar değişimlere uğramış olmasına rağmen, oluklu mukavva hammaddesi açısından eski örneklerinden çok farklı değildir. Hammaddesi olan kağıdın yeniden üretilebilen, yeniden kullanılabilen ve geri dönüştürülebilen bir madde olması dolayısıyla çevre uyumu en yüksek olan ambalaj türü diye tanımlanabilir (Bayraktar, 2004).

Oluklu mukavva üretiminde kullanılan kâğıtlar; odundan, saman ve benzeri bitkilerden, atık kâğıttan elde edilen, cinsine göre farklı oranlarda kullanılan lif, su, katkı maddeleri ve kâğıt yapım yöntemleri kullanılarak üretilmektedir. Oluklu mukavvayı oluşturan strüktürel elemanlar, yüzlerde kullanılan “Liner” (Şekil 5), ondülede kullanılan “Fluting” (Şekil 5) cinsi kâğıtlardır. Liner olarak adlandırılan kâğıtlar, istenildiğinde esmer, beyaz veya renklendirilmiş olabilen “Kraft Liner”, “Test Liner” ve “Schrenz”, ondülede kullanılanlar ise “NSSC Fluting”, “Saman Fluting” ve “Schrenz”dir (Önen, 2002).

Schrenz veya geri kazanılmış kâğıt (recycled) olarak adlandırılan ve üretilen kâğıtlar cinslerine göre liner veya fluting olarak kullanılabilir (Bayraktar, 2004).

1.2.1 Kraft Liner

Liner, oluklu mukavvaların dış yüzeylerinde kullanılan kâğıttır (URL-5, 2014). Kraft liner, uzun lifli olan, çam, göknar, ladin gibi iğne yapraklı ağaçlardan, kraft yöntemi ile üretilen yüksek mukavemetli bir kâğıt türüdür (Önen, 2002).

Oluklu mukavva üretiminde iç ve dış astar olarak kullanılır. Doğal renkleri kahverengi olan kraft liner kâğıtlar kısmen ya da tamamen ağartılabilir. Ancak, herhangi bir ağartma yöntemi kağıdın dayanıklılığını %5 - 10 arası azaltır (URL-5, 2014). Dayanıklılık göstergesi olan patlama indisi değerleri 3,5-5 kPa.m²/g, gramajları ise 100-200 g/m² arasında değişebilir (Önen, 2002).

1.2.2 Test Liner

İkincil lif üzerine esmer veya beyaz birincil veya ikincil lif eklenerek üretilen iki veya üç katlı liner kâğıtlarıdır. Yine oluklu mukavva üretiminde iç ve dış astar olarak da kullanılabilirler. Ancak, oluklu mukavva kutu astarı olarak geri dönüştürülmüş kâğıt lifi kullanımı, kutunun dayanıklılığını büyük ölçüde azaltır. Eğer, test liner kâğıtlar yüksek kaliteli seçilmiş atıklardan üretilir ve üzeri boyanırsa ortaya imitasyon kraft olarak adlandırılan ve mükemmel dayanıklılığı olan kâğıtlar ortaya çıkar (URL-5, 2014).

Geri kazanmanın büyük önem taşıdığı günümüzde yaygın kullanımları vardır. Patlama indisi değerleri 2-3,5 kPa.m²/g, gramajları ise 90-200 g/m² arasında değişebilir (Önen, 2002).

1.3 Kuru Sağamlık Maddeleri

Ambalaj kâğıtları üretiminde kâğıtların sağamlık özellikleri son derece önemlidir. Son yıllardaki çevreyle ilgili endişeler nedeni ile yeni kâğıt hamuru yerine geri kazanılmış kâğıt hamurlarının kullanımı artmaktadır. Fakat, kâğıdın sağamlık özelliklerinde geri kazanılmış lif kullanımı ile bir azalma görülmektedir. Bunu gidermek amacı ile ya hamur karışımına uzun liflere sahip birincil kâğıt hamurlarının ilave edilmekte ya da sağamlık kimyasallarının kullanımına gidilmektedir. Kullanım yerlerine bağlı olarak kâğıt ürünlerine farklı derecelerde sağamlık kazandırmak amacıyla kuru ve ıslak sağamlık maddeleri ilave edilmektedir (Eklund ve Lindström, 1991; Roberts, 1996; Eroğlu ve Usta, 2004).

Kâğıtlarda kondisyonlanmış haldeki sağamlık 20°C ve %65 nispi nemde ölçülen sağamlıktır. Kondisyonlanmış haldeki sağamlığı arttıran ve fakat; ıslak sağamlığı değiştirmeyen maddelere kuru sağamlık maddesi denir. Kuru sağamlık veren maddeler lif süspansiyonuna az miktarlarda katıldıklarında kuru sağamlığı %30-60 oranında artırır. Böylece, daha az lif kullanarak aynı sağamlıkta kâğıt yapılabileceğinden hammaddeden tasarruf sağlanabilir. (Eroğlu, 2009).

Suda çözünen ve hidrojen bağ yapan birçok polimer kuru mukavemet katkı maddesi olarak kullanılabilir. Aslında odun lifleri, hemiselüloz formunda kuru mukavemet maddesini

kendi içinde bulundururlar. Hemiselülozların liften ayrıştırılmasının mukavemeti düşürdüğü bilinen bir gerçektir (URL-6, 2014).

Kuru sağlamlık özelliğinin geliştirilmesi için genellikle KN, luredur, KMS (karboksi metil selüloz), anyonik poliakrilamid, anyonik polistiren sülfonat gibi farklı doğal ve sentetik polimerler kullanılmaktadır (Eklund ve Lindström, 1991; Roberts, 1996; Eroğlu ve Usta, 2004). Bunlara ek olarak, ksiloglukanlar ve çitozan da kuru sağlamlığın geliştirilmesi için kullanılabilir (Myllytie, 2009).

1.3.1 KN'nın Kağıdın Sağlamlık Özelliklerine Etkileri ile İlgili Çalışmalar

Kağıt endüstrisinde nişastanın ıslak son kimyasalı, yüzey yapıştırıcı ve kuşe bağlayıcı olarak kullanımı her geçen yıl artmaktadır. Nişastanın artan kullanımının asıl nedeni düşük sağlamlığa sahip atık kağıt liflerinin artan kullanım oranıdır. Atık kağıt liflerinin kullanımı ile kağıdın sağlamlığında meydana gelen kayıp daha fazla nişasta kullanımı ile bertaraf edilebilmektedir (Brouwer vd., 1998).

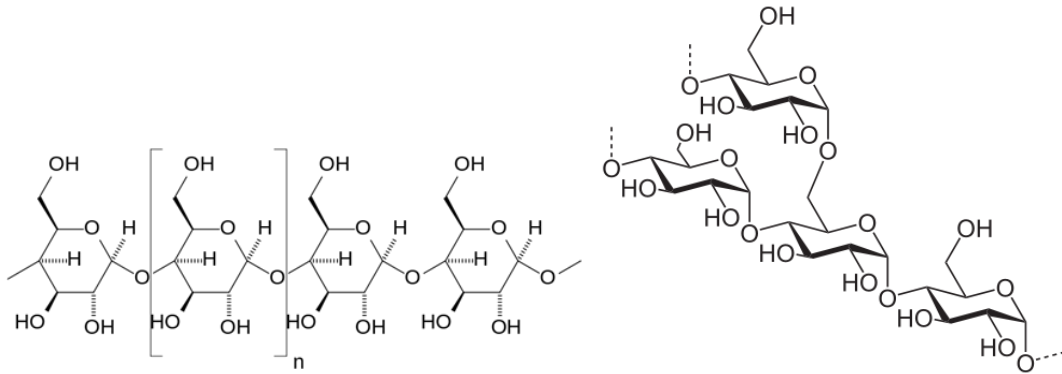
Nişasta dolgu maddeleri ve liflerden sonra kağıt endüstrisinde kullanılan üçüncü önemli hammaddedir. Dünya kağıt ve karton üretimi 2015 yılında 406 milyon tona ulaşmıştır. Aynı yıl kağıt endüstrisinde yaklaşık 7,5 milyon ton nişasta kullanılmıştır. Kağıt üretiminde kullanılan ortalama nişasta oranı %1,6'dır. KN 2,3-(epoksipropil) trimetilamonyum klorür ve 2-dietilaminoetil klorür gibi katyonikleştirici kimyasallar ile nişastanın muamelesi ile elde edilmektedir (Xie vd., 2005). Yenilenebilir, çevreye dost ve düşük fiyatı (Brouwer vd., 2002) nedeniyle nişasta kağıt endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Eriksson vd., 2005; Hamzeh vd., 2013).

KN bitkilerde fotosentezin temel ürünüdür ve polisakkaritlerin hem fotosentetik hem de fotosentetik olmayan dokulardaki en yaygın depo şeklidir. KN insan ve hayvan beslenmesinde temel olarak tüketilen bir gıda olmakla sınırlı kalmayıp, yiyecek endüstrisi başta olmak üzere kağıt, tekstil ve diğer birçok endüstriyel alan için de temel bir hammaddedir (Ölçer ve Akın, 2008).

KN doğada bol miktarda buğday, mısır, pirinç, soya, patates, tapiako gibi bitkilerin tanelerinde ya da yumrularında bulunur (Eroğlu, 2009). Bitkiler fotosentez ile yıllık 2850

milyon ton KN üretir. Tahıllardan yıllık KN üretimi yaklaşık 2050 milyon ton, kök ve yumrulardan ise 679 milyon tondur (Burrell, 2003).

KN granülleri temel olarak glikoz polimeri olan amiloz ve amilopektinden meydana gelir, fakat yapısında az miktarda fosfat ve lipid de içerir. Amiloz (Şekil 4) genellikle 600-3000 sayıda 1-4 α -glikozidik bağlara sahip glikoz anhidrit biriminden oluşur. Liner formda olup, her 1000 glikoz anhidrit biriminde bir 1-6 α -glikozidik yan gruplarına yani dallara sahiptir. Amilopektin (Şekil 4) ise daha büyük bir molekül olup, amiloza göre daha fazla dallanma gösterir. Yaklaşık 6000-60000 glikoz anhidrit gruba sahip ve her 20-26 ünite de bir 1-6 α -glikozidik yan grubu taşır (Preiss, 1998).



Şekil 4: Amiloz (solda, URL-6, 2014), amilopektin (sağda, URL-7, 2014).

Kağıt endüstrisinde ıslak son kimyasalı, yüzey yapıştırıcı veya kuşe bağlayıcısı olarak nişastanın kullanımı her geçen gün artmaktadır. Bu artışın nedeni, kağıt endüstrisinde birincil liflerden daha zayıf atık kağıt liflerinin ve minerallerin (dolgu maddeleri vs.) her geçen gün daha fazla kullanılmasıdır. Atık kağıt liflerinin ve minerallerin kullanımı ile meydana gelen sağlamlık kayıpları daha fazla nişasta kullanılarak bertaraf edilmektedir (Brouwer vd., 1998).

Kağıt üretiminde nişasta %0,25-2,5 gibi geniş bir aralıkta kullanılabilir (Scott, 1996). %2'den daha yüksek orandaki ilaveler lifler tarafından absorbe edilmeksizin çözelti olarak lif süspansiyonunda kalmaktadır (Hubbe, 2006). Katyonik nişastanın kağıt sağlamlığını artırıcı etkisi çeşitli yazarlar tarafından rapor edilmiştir (Moeller vd., 1966; Marton ve Marton, 1976; Greif ve Gaspar, 1980; Hofreiter, 1981; Lindström vd., 1984; Lindström ve Florén, 1984; Roberts vd., 1986; Howard vd., 1989; Nachtergaele, 1989;

Laleg vd., 1990, Alince vd., 1990; Lim vd., 1992; Formento vd., 1994; Beaudoin vd., 1995; Ghasemian vd., 2012; Hamzeh vd., 2013; Khosravani ve Rahmaninia, 2013; Rasa ve Resalati, 2014; Gülsoy, 2014; Gülsoy ve Erentürk).

Lim vd. (1992) ağartılmış kraft hamuruna %0,45, %0,91 ve %1,82 oranlarında katyonik yulaf nişastası ilave ettiklerinde kağıtların kopma uzunluğunun ve patlama indisinin arttığını tespit etmişlerdir.

Ghasemian vd. (2012) atık kağıt ve birincil NSSC hamur karışımlarına %0,5, %1,25, %2 ve %3 oranında KN (katyonik nişasta) ilave ettiklerinde kağıtların kopma indisi, kopma uzunluğu, TEA, uzama, patlama indisi ve yırtılma indisi değerlerinin arttığını tespit etmişlerdir. Hamzeh vd. (2013) atık kağıt liflerine %0,5, %1, %1,5 ve %2 oranlarında KN ilave ettiklerinde kağıdın kopma indisi ve uzama değerlerinin arttığını tespit etmişlerdir.

Gülsoy (2014) ağartılmamış kraft hamuruna %0,75, %1,5 ve %2,25 KN ilave ederek KN'nın kağıdın sağlamlığı üzerine etkilerinin incelemiştir. KN ilavesiyle kağıdın kopma indisi, TEA, uzama ve patlama indisi değerlerinin arttığını, yırtılma indisi değerinin ise azaldığını tespit etmiştir.

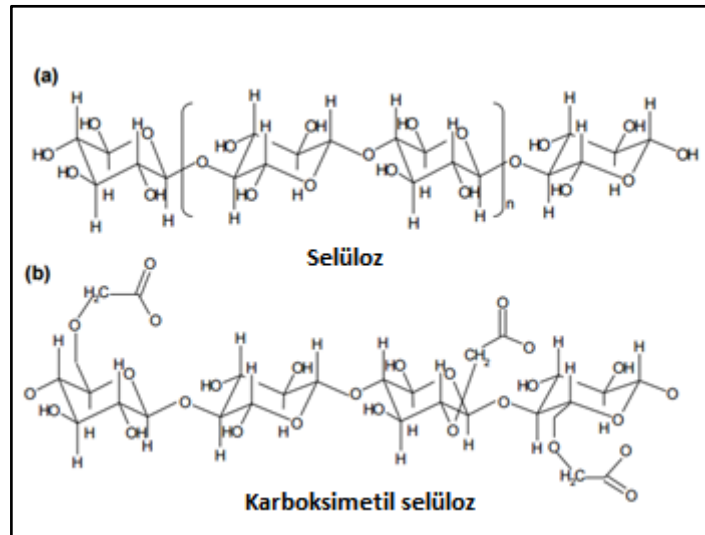
Rasa ve Resalati (2014) atık kağıt liflerine %1, %1,5 ve %2 KN'yı %0,5 KMS ile karıştırarak ilave ettiklerinde KN-KMS karışımlarının kağıdın sağlamlık özelliklerinde artışa neden olduğunu, en yüksek sağlamlık artışını %2 KN ve %0,5 KMS karışımının elde edildiğini belirtmişlerdir. Gülsoy ve Erentürk ağartılmamış çam kraft hamuruna %0,75 KN ilave edildiğinde kağıdın sağlamlık özelliklerinin arttığını tespit etmişlerdir.

1.3.2 KMS'nin Kağıdın Sağlamlık Özelliklerine Etkileri ile İlgili Çalışmalar

Sodyum karboksimetil selüloz (KMS) farklı uygulamalar için değişik tiplerde üretilen pek çok çeşide sahip bir üründür. 1940'lı yıllarda ticari olarak üretilmeye başlanmış ve bugüne kadar kullanım alanı ve kullanım miktarı sürekli artmıştır. Literatürde selüloz glukolat olarak adı geçen "Sodium Carboxymethyl Cellulose" günümüzde genellikle KMS olarak tanınmakta ve bu terim, ticari değeri çok az olan serbest asit "Carboxy Methyl Cellulose" yerine onun "Sodium" tuzu anlamında kullanılmaktadır. Kimyasal modifikasyonlara uğratılmış bir selüloz türevidir (URL-8, 2014).

Önemli selüloz eterlerinden birisi olan KMS, alkali selüloz ile monokloroasetik asit veya Na-monokloroasetatın reaksiyonu sonucu üretilmektedir. KMS anyonik ve suda çözünabilir bir polimerdir. Kimyasal formülü $C_6H_7O_2(OH)_2OCH_2COO_2$, beyaz ile sarımsı arası renkte ve lifli yapıdadır (URL-8, 2014).

KMS'nin ve onun sodyum tuzunun (Na-KMS) çok fazla kullanım alanına sahip olması diğer ticari selüloz eterlere göre daha fazla üretilmesine yol açmıştır (Fengel ve Wegener, 1989). KMS suda çözünen anyonik bir polimer olup, selüloz zincirine karboksimetil grupları eklenerek elde edilmektedir (Şekil 5). KMS'nin bağlanma derecesi (DS) 0,6-0,95 arasındadır (Blomstedt, 2007).



Şekil 5: Selüloz (a) ve karboksimetil selülozun (b) yapısı (Blomstedt, 2007).

KMS ülkemizde Denkim ve Acıselsan gibi firmalar tarafından üretilmektedir. Kağıt ve kağıt ürünlerinde lif süspansiyonuna eklenerek, kağıdın sertliğini arttırmak için kullanılır. KMS'nin suda çözünebilen hali, kağıt fabrikalarında kuşe çözeltisinde vizkozite ayarlamada kullanılmaktadır (Karıncaoğlu, 2011).

Film yapma özelliği nedeni ile kağıt hamuruna ilâve edildiğinde mukavemeti artırır, baskı kalitesini yükseltir. Kağıda daha çok dolgu maddesi ilavesine imkan verir (URL-9, 2014).

KMS'nin kağıdın sağlamlığı üzerine olumlu etkisi bir çok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Horsey, 1947; Walecka, 1956; Beghello vd., 1997; Tutuş vd., 2001; Zhang vd.,

2002; Laine vd., 2002; Hubbe vd., 2003; Ekavag vd., 2004; Watanabe vd., 2004; Lofton vd., 2005; Blomstedt, 2007; Blomstedt vd., 2007; Duker ve Lindström, 2008, Rasa ve Resalati, 2014).

Zhao vd. (2016) alkali peroksit mekanik hamur liflerine 50 mg KMS/g lif, 100 mg KMS/g lif ve 150 mg KMS/g lif oranında KMS ilave ettiklerinde kağıtların kopma indisi değerlerinin arttığını tespit etmişlerdir.

Blomstedt ve Vourinen (2007) ağartılmış ladin kraft hamuruna %1 KMS ilave edildiğinde kağıtların kopma indisinin 52,4 N.m/g'dan 73,6 N.m/g'a arttığını (%40,46 artma), yırtılma indisinin ise 21,2 mN.m²/g'dan 12,7 mN.m²/g'a azaldığını (%40,09 azalma) tespit etmişlerdir.

Heydari vd. (2013) atık kağıt liflerine %1 KMS ilave ettiklerinde kağıtların kopma indisinin 60,31 N.m/g'dan 65,60 N.m/g'a arttığını (%8,77 artma), patlama indisinin ise 4,50 kPa.m²/g'dan 5,69 kPa.m²/g'a arttığını (%26,44 artma) tespit etmişlerdir.

Kontturi vd. (2008) ladin kraft hamurunun oksijen delignifikasyonu esnasında %1 KMS kullanıldığında elde edilen kağıtların sağlamlık özellikleri üzerine KMS ilavesinin etkisini incelemişlerdir. KMS ilavesi ile kağıtların kopma indisinin %15, yırtılma indisinin ise %25 arttığını belirtmişlerdir.

Fatehi vd. (2010) ağartılmış sülfite hamuruna çitozan ve KMS ilave edildiğinde kağıdın sağlamlık özelliklerindeki değişimi incelemiştir. Çitozan+KMS ilaveli örneklerin kopma indisi, patlama indisi ve yırtılma indisi değerlerinin sadece çitozan ilave edilen örneklerden daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

1.4. Gramajın Kağıt Özelliklerine Etkileri ile İlgili Çalışmalar

Kağıdın gramajı birim alandaki ağırlığı olarak tanımlanmakta olup, birimi g/m²'dir. Son yıllarda, kağıt endüstrisindeki hammadde ve enerji tüketimini azaltmak, atık miktarını en aza indirmek ve posta ücretlerinden tasarruf sağlamak amacıyla kağıtların gramajlarını düşürme yoluna gidilmektedir (Mansfield vd., 2004; Sood vd., 2005). Kağıdın tüm özellikleri gramaj değişiminden etkilenmektedir (Seth vd., 1989). Gramajın kağıt özellikleri üzerine etkileri çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Brandon, 1966;

Seth vd., 1989; Skowronski, 1991; Mohlin, 1992; Nordstrom ve Norman, 1995; Retulainen ve Nieminen, 1996; Nordstrom, 2003; I'Anson vd., 2008; Gülsoy vd., 2016).

Nazhad vd. (2000) termomekanik çam kağıt hamurundan elde edilen kağıtlarda gramajın artması ile kağıtların kopma uzunluğu değerlerinin arttığını tespit etmişlerdir. Huş ve çam ağartılmış kraft hamurlarında kağıdın gramajının artması ile kağıtların kopma sağlamlıklarının arttığı I'Anson ve Sampson (2007) ve I'Anson vd. (2008) tarafından rapor edilmiştir.

Adamopoulos vd. (2014) atık kağıt liflerinden elde edilen 21 farklı ticari kağıdın gramajı ile sağlamlık özellikleri arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Kağıdın gramajı ile kopma ve patlama sağlamlıkları arasında doğrusal bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir.

Gülsoy vd. (2016) titreşim kavak ve sahil çamı kraft kağıtlarının sağlamlık özellikleri üzerine kağıdın gramajının etkisini araştırmışlardır. Artan kağıt gramajı ile kağıtların kopma, patlama ve yırtılma indisleri ile TEA değerlerinin arttığını rapor etmişlerdir.

1.5 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın ilk amacı, ağartılmamış atık kağıt liflerinden 85-90-95-100-105-110 ve 115 g/m²'lik test liner kağıtları elde edilerek gramajın kağıdın sağlamlık özellikleri üzerine etkilerini belirlemektir. İkinci amacı ise, belirtilen 7 farklı gramajdaki kağıtların üretimleri esnasında lif süspansiyonuna %0,75 ve %1,5 oranında KN veya KMS ilave edilerek farklı gramajlardaki test liner kağıtlarının sağlamlık özellikleri üzerine KN ve KMS ilavelerinin etkilerini araştırmaktır. Çalışmada kullanılan test liner kağıdı gramajları, kağıt sektöründe yaygın olarak kullanılan gramajlardan seçilmiştir.

BÖLÜM 2

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Çalışmada kullanılan atık kağıt hamuru OYKA Kağıt Ambalaj Sanayi ve Tic. A.Ş. 'den temin edilmiştir. Atık kağıt lifleri ise çoğunlukla esmer kraft kağıtlarının yeniden lif haline dönüştürülmesi ile elde edilen liflerdir. Çalışmada kullanılan atık kağıt hamurunun kappa numarası 31,2, viskozitesi 580 cm³/g'dır. Atık kağıt liflerinin lif uzunluğu 1,66 mm, lif genişliği 28 µm, lümen genişliği 10,75 µm ve çeper kalınlığı 8,63 µm'dir.

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 için kullanılır. Beyaz toz halinde olan KN'nin kuru madde oranı %82, pH değeri ~6 ve bağlanma derecesi (Degree of Substitution, DS) ~ 0,050'dir. Alevlenme noktası >300 °C, patlama limiti >%0,006, özgül ağırlığı 700kg/m³, otomatik ateşleme sıcaklığı >300 °C, ayrışma sıcaklığı >160 °C'dir. Çalışmada kullanılan karboksimetil selüloz (KMS) ise Denizli Kimya San. ve Tic. A.Ş. 'den temin edilmiştir. Kullanılan KMS'nin ticari ismi Alfacell olup, kremi beyaz renkli ve tanecikli yapıdadır. KMS'nin bağlanma derecesi (DS) 0,78, rutubeti %10,3, aktif maddesi %58,5, pH'ı 9,8'dir.

2.2 Yöntem

2.2.1 Deneme Kağıtlarının Yapılması

Kağıt fabrikasından temin edilen atık kağıt hamuru içerisindeki kirliticileri uzaklaştırmak için TAPPI T 275 sp-02 standardına göre Somerville tipi lif eleğinde elenmiştir. Elenen liflerin serbestlik derecesi Schopper Riegler cihazında (ISO 5267-1) 21° SR olarak tespit edilmiştir. Bu liflerden ISO 5269-2 standardına göre Rapid Koethen deneme kağıdı cihazında 115 g/m², 110 g/m², 105 g/m², 100 g/m², 95 g/m², 90 g/m² ve 85 g/m² gramajda 15'ar adet deneme kâğıtları yapılmıştır.

Her bir gramajda kağıt üretimi esnasında tam kuru lif ağırlığına oranla %0,75 veya %1,5 oranlarında KN veya KMS atık kağıt hamurlarına eklenmiştir. 100 mL destile suya hesaplanan miktarda kuru sağlamlık maddesi ilave edilerek elde edilen çözelti, su banyosu içerisinde sürekli karıştırılarak 95°C'ye kadar ısıtılmıştır. Süspansiyon jelatinleşmeye başladıktan sonra, karıştırma işlemine 10 dak. boyunca aynı sıcaklıkta devam edilmiştir. Çözelti daha sonra lif karıştırıcısındaki lif süspansiyonu üzerine ilave edilmiştir. Kuru sağlamlık maddesi ilavesinden sonra lif süspansiyonunun kesafeti %0,3'e ayarlanmıştır. Kuru sağlamlık maddesi lifler tarafından absorbe edilebilmesi için 30 dak. beklendikten sonra deneme kağıtlarının yapımına geçilmiştir. Kuru sağlamlık maddesi çözeltileri her hangi bir degradasyona maruz kalmamaları için deneme kağıtlarının üretiminden hemen önce hazırlanarak lif süspansiyonlarına ilave edilmiştir.

2.2.2 Kağıtlarının Bazı Fiziksel, Optik ve Mekanik Özellikleri

Elde edilen deneme kağıtları TAPPI T402 sp-03 standardına göre $23 \pm 0^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%50 \pm 2$ bağıl nemde 24 saat kondisyonlandıktan sonra Tablo 1'de gösterilen mekanik testler yapılmıştır.

Tablo 1: Deneme kağıtlarının testlerinde kullanılan bazı yöntemler.

Deney	Kullanılan yöntem
Yırtılma indisi	TAPPI T 414 om-98
Kopma indisi	
TEA	ISO 1924-3
Uzama	
Patlama indisi	TAPPI T 403 om-02

2.2.3 Verilerin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 16.0 paket programı kullanılmıştır. Bu program kullanılarak atık kağıtlardan elde edilen test liner kağıtlarının sağlamlık özellikleri üzerine gramajın ve kuru sağlamlık maddesi ilavesinin 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.

BÖLÜM 3

BULGULAR VE İRDELEME

3.1 Deneme Kağıtlarının Sağlamlık Özelliklerine Gramajın Etkisi

Atık kağıt lif süspansiyonuna ayrı ayrı %0,75 KN, %1,5 KN, %0,75 KMS ve %1,5 KMS ilave edilerek elde edilen deneme kağıtlarının yırtılma indisi, patlama indisi, kopma indisi, uzama ve TEA değerleri üzerine gramaj değişiminin etkileri Tablo 3-7’de verilmiştir.

Tablo 2’de kontrol deneme kağıtlarının, Tablo 3’de %0,75 KN ilaveli deneme kağıtlarının, Tablo 4’de %1,5 KN ilaveli deneme kağıtlarının, Tablo 5’de %0,75 KMS ilaveli deneme kağıtlarının, Tablo 6’da ise %1,5 KMS ilaveli deneme kağıtlarının sağlamlık özellikleri üzerine gramaj değişiminin etkileri verilmiştir.

Tablo 2: Kontrol kağıtların sağlamlığı üzerine gramajın etkisi.

Örnek	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m ²)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)
85 g/m ²	27,89±1,03cd	1,08±0,05a	17,27±0,62a	4,89±0,20c	1,19±0,05ab
90 g/m ²	28,82±0,82e	1,13±0,05b	19,76±0,81b	4,66±0,16b	1,19±0,05ab
95 g/m ²	27,23±1,05bc	1,15±0,04b	19,70±0,68b	4,60±0,24a	1,21±0,05ab
100 g/m ²	27,88±0,81cd	1,20±0,05c	22,30±0,68d	4,90±0,15c	1,21±0,05ab
105 g/m ²	28,03±0,78d	1,15±0,04b	23,69±0,73e	5,33±0,24d	1,22±0,05b
110 g/m ²	26,58±0,90ab	1,07±0,05a	21,75±0,70cd	4,91±0,11c	1,18±0,04a
115 g/m ²	26,06±0,84a	1,05±0,05a	21,56±0,82c	5,29±0,18d	1,19±0,04ab

Tablo 3: %0,75 KN ilaveli kağıtların sağlamlığı üzerine gramajın etkisi.

Örnek	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m ²)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)
85 g/m ²	34,93±1,17bc	1,80±0,08d	37,62±1,10a	4,90±0,17a	1,72±0,06cd
90 g/m ²	36,10±1,03d	1,64±0,06ab	37,16±1,08a	4,93±0,20b	1,73±0,06d
95 g/m ²	36,33±0,98d	1,81±0,06d	44,36±1,23c	5,33±0,07c	1,68±0,06bc
100 g/m ²	34,26±1,00ab	1,69±0,06b	40,78±1,09b	5,21±0,24c	1,67±0,02b
105 g/m ²	35,59±0,86cd	1,66±0,06ab	43,25±1,88c	5,76±0,18d	1,68±0,06bc
110 g/m ²	35,56±0,77cd	1,74±0,06c	46,81±1,55d	5,39±0,20c	1,62±0,04a
115 g/m ²	33,76±0,63a	1,62±0,06a	44,36±1,46c	5,80±0,21d	1,60±0,06a

Tablo 4: %1,5 KN ilaveli kağıtların sağlamlığı üzerine gramajın etkisi.

Örnek	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m ²)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)
85 g/m ²	42,39±1,19cd	1,86±0,06c	46,46±1,65b	4,63±0,17a	2,02±0,09a
90 g/m ²	42,42±1,25cd	1,97±0,07d	52,58±1,49c	4,70±0,19a	2,12±0,09b
95 g/m ²	37,73±1,23a	1,73±0,04a	42,34±1,57a	4,97±0,17b	2,05±0,07a
100 g/m ²	39,05±1,04b	1,75±0,07ab	46,03±1,26b	5,01±0,15b	2,00±0,07a
105 g/m ²	38,33±1,05ab	1,88±0,08c	54,11±1,21d	5,03±0,16b	2,04±0,08a
110 g/m ²	41,58±1,09c	1,79±0,05b	56,54±1,68e	5,14±0,10b	1,99±0,06a
115 g/m ²	43,21±1,04d	2,00±0,07d	70,28±2,46f	5,30±0,15c	2,05±0,07a

Tablo 5: %0,75 KMS ilaveli kağıtların sağlamlığı üzerine gramajın etkisi.

Örnek	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m ²)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)
85 g/m ²	31,67±1,13bc	1,32±0,05ab	24,38±0,81a	4,97±0,21a	1,47±0,06c
90 g/m ²	30,77±0,98a	1,35±0,04bc	25,89±0,75b	5,21±0,19a	1,42±0,06ab
95 g/m ²	31,72±1,05bc	1,38±0,06cd	28,86±0,84c	5,06±0,22a	1,43±0,06ab
100 g/m ²	32,16±0,85c	1,41±0,05d	31,49±0,85e	5,16±0,16a	1,40±0,05a
105 g/m ²	32,00±1,10c	1,42±0,06d	33,26±0,92f	5,83±0,13b	1,44±0,05abc
110 g/m ²	30,90±1,19ab	1,31±0,04a	30,66±0,85d	5,59±0,25b	1,40±0,05a
115 g/m ²	31,11±0,79ab	1,39±0,05cd	34,51±0,93g	5,73±0,24b	1,46±0,05bc

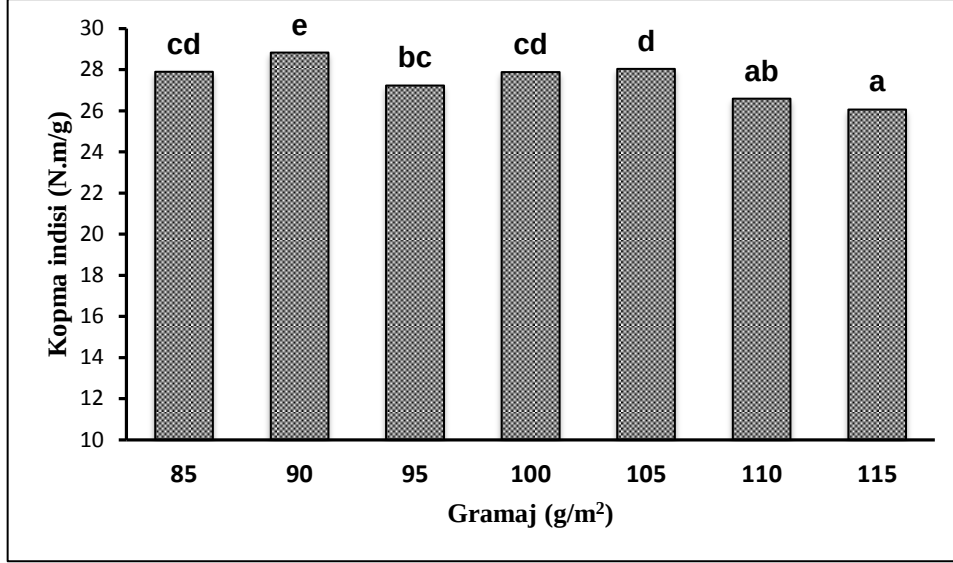
Tablo 6: %1,5 KMS ilaveli kağıtların sağlamlığı üzerine gramajın etkisi.

Örnek	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m ²)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)
85 g/m ²	32,31±1,12a	1,39±0,05a	26,05±0,58a	4,93±0,22a	1,47±0,04a
90 g/m ²	33,21±1,28c	1,42±0,06ab	29,41±0,85b	5,16±0,20ab	1,47±0,04a
95 g/m ²	33,40±1,11bc	1,45±0,06bc	31,75±1,02c	4,94±0,23a	1,52±0,05b
100 g/m ²	33,24±1,25bc	1,48±0,06cd	34,19±0,89d	5,10±0,13ab	1,52±0,06b
105 g/m ²	32,67±0,99ab	1,44±0,05ab	33,71±0,89d	5,59±0,24d	1,54±0,06b
110 g/m ²	32,28±1,08a	1,41±0,05ab	34,16±0,98d	5,23±0,21bc	1,55±0,05b
115 g/m ²	34,11±0,98c	1,51±0,05d	41,63±0,89e	5,41±0,21cd	1,53±0,05b

3.2.1 Deneme Kağıtlarının Kopma İndisi Üzerine Gramajın Etkisi

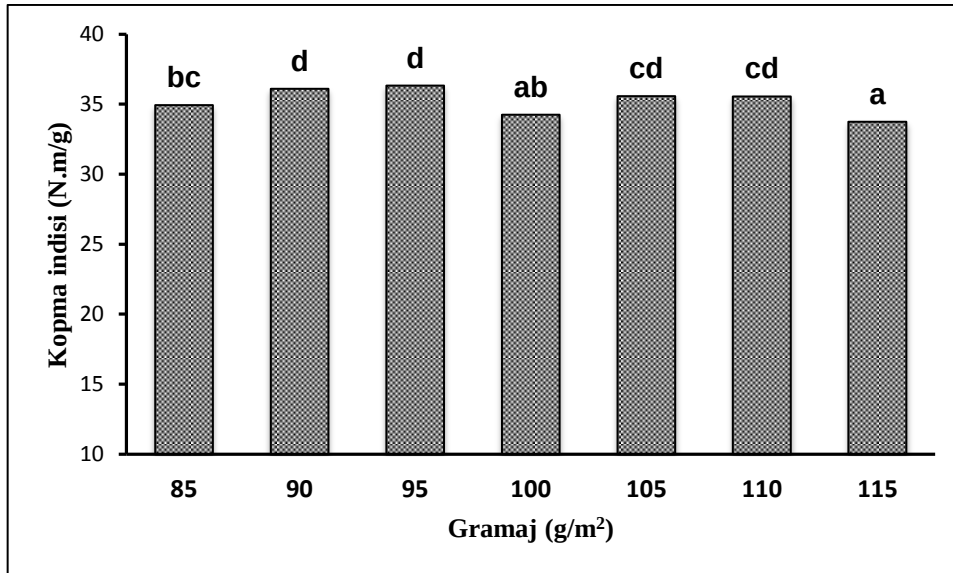
Kontrol (kuru sağlamlık maddesi ilavesiz) örneklerinde kağıdın gramajının kopma indisi üzerine etkisi Şekil 6'da verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi kağıdın gramajının artması ile kopma indisi değerleri istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecelerde değişmiştir. En yüksek kopma indisi değeri 28,82 N.m/g ile 90 g/m² kağıtlarda, en düşük kopma indisi değeri ise 26,06 N.m/g ile 115 g/m² kağıtlarda tespit edilmiştir.

Gülsoy vd. (2016) sahil çamı ve titrek kavak kraft kağıtlarında gramajın 100 g/m²'den 50 g/m²'ye düşmesi ile kağıdın kopma indisinin sırasıyla %18,83 ve %11,26 azaldığını belirtmiştir. Kağıdın gramajı ve kopma indisi arasındaki pozitif korelasyon çeşitli yazarlar tarafından belirtilmiştir (Burgess, 1970; Seth vd., 1989; Mohlin, 1992; Nazhad, 2000; Winters vd., 2002; I'Anson ve Sampson, 2007; I'Anson vd., 2007; I'Anson vd., 2008; Adamopoulos vd., 2014; Gülsoy vd., 2016). Artan kağıt gramajı safihadaki artan lif sayısı ve artan lif bağlanma yeri ile sonuçlanmaktadır. Kağıdın kopma indisi lifler arası bağ alanı ve bağ sağlamlığından etkilenmektedir (Brännvall ve Annergren, 2009). Literatürde belirtilen kağıdın gramajı ve kopma indisi arasındaki pozitif korelasyonun bu çalışmada tespit edilememesi çalışmada hornifikasyona uğramış ve bağ yapma özelliğini kısmen yitirmiş atık kağıt liflerinin kullanılmasına atfedilebilir. Ayrıca atık kağıt lif süspansiyonlarının lif lif bağlanmasını olumsuz yönde etkileyen kirletici maddeler içermesinin kağıdın gramajı ve kopma indisi arasındaki pozitif ilişkisini olumsuz yönde etkilemesine neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 6: Kontrol kağıtlarında kopma indisi üzerine gramajın etkisi.

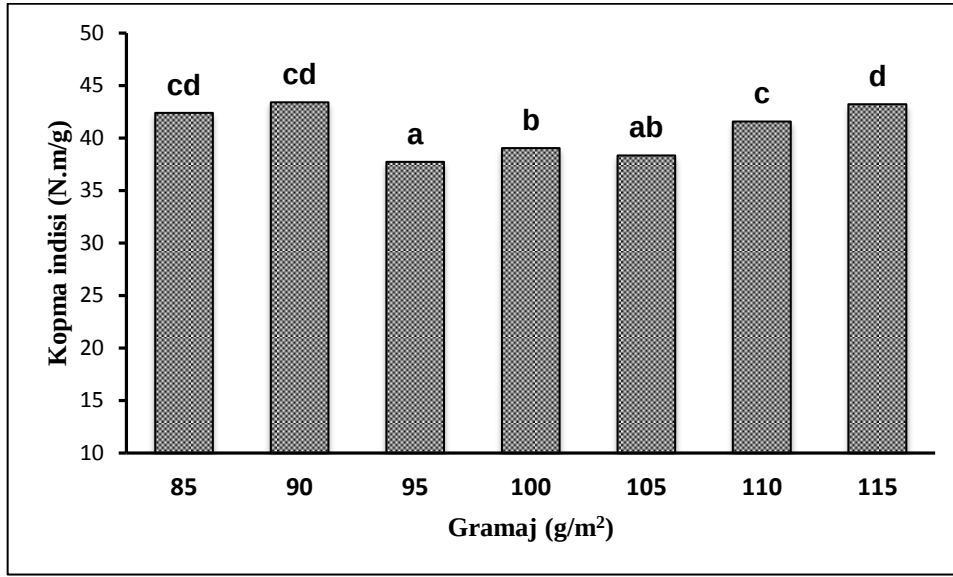
%0,75 KN ilaveli kağıtlarda kağıdın gramajının kopma indisi üzerine etkisi Şekil 7’de verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi kağıdın gramajının artması ile kopma indisi değerleri anlamlı ($p<0,05$) derecelerde değişimler tespit edilmiştir. En yüksek kopma indisi değeri 36,33 N.m/g ile 95 g/m² kağıtlarda, en düşük kopma indisi değeri ise 33,76 N.m/g ile 115 g/m² kağıtlarda tespit edilmiştir.



Şekil 7: %0,75 KN ilaveli kağıtlarda kopma indisi üzerine gramajın etkisi.

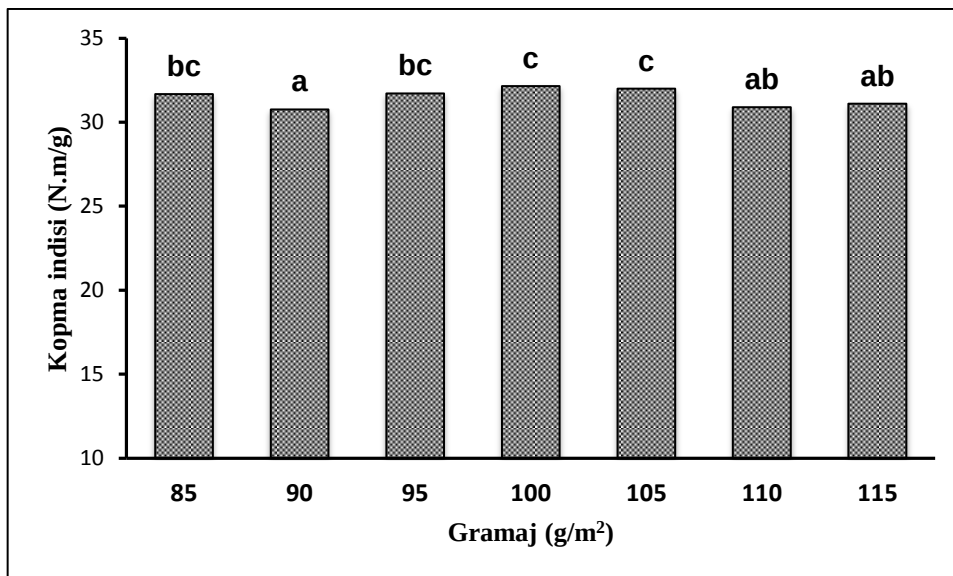
Şekil 8’de %1,5 KN katılarak elde edilen deneme kağıtlarda gramajın kopma indisi üzerine etkisi verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi kağıdın gramajının artması ile kopma indisi değerleri istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede değişmiştir. En yüksek kopma indisi

değeri 43,21 N.m/g ile 115 g/m² kağıtlarda, en düşük kopma indisi değeri ise 37,73 N.m/g ile 95 g/m² kağıtlarda tespit edilmiştir.



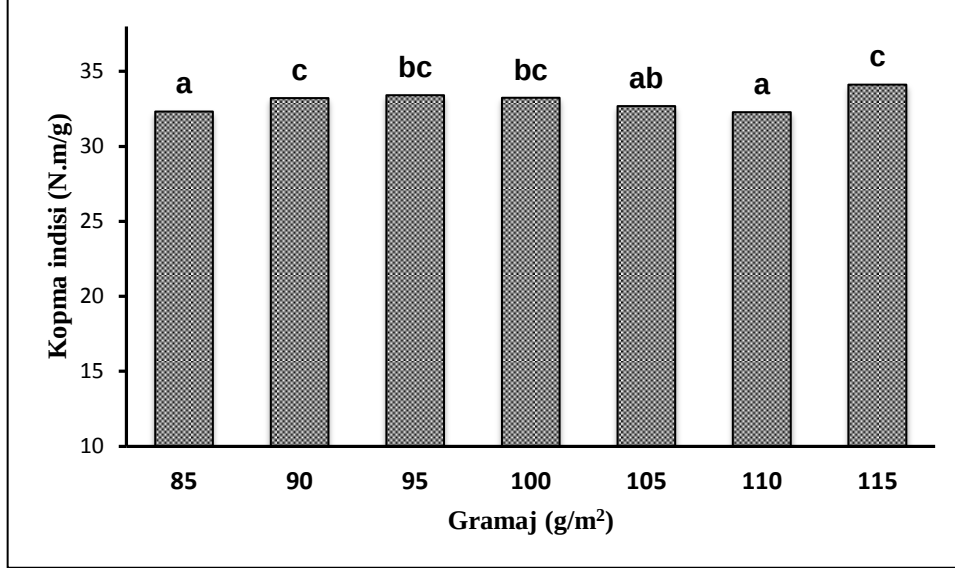
Şekil 8: %1,5 KN ilaveli kağıtlarda kopma indisi üzerine gramajın etkisi.

Şekil 9’da % 0,75 KMS katılarak elde edilen kağıtlarda gramajın kopma indisi üzerine etkisi verilmiştir. Şekil 11’e bakıldığında kağıdın gramajının artması ile kopma indisi değerleri anlamlı ($p<0,05$) derecede artış ve azalmalar tespit edilmiştir. En yüksek kopma indisi değeri 32,16 N.m/g ile 100 g/m² kağıtlarda, en düşük kopma indisi değeri ise 30,77 N.m/g ile 90 g/m² kağıtlardan elde edilmiştir.



Şekil 9: %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda kopma indisi üzerine gramajın etkisi.

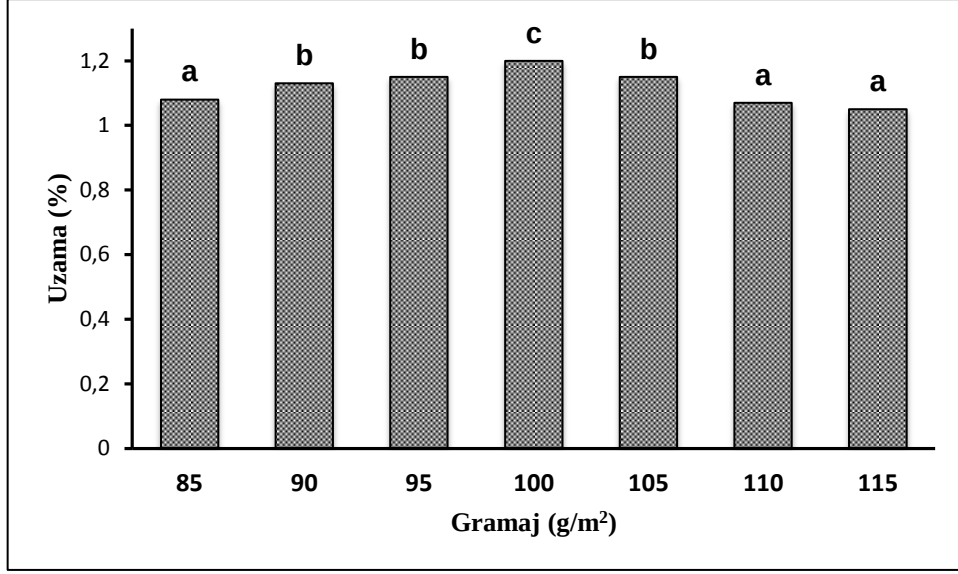
Şekil 10'da % 1,5 KMS katılarak elde edilen kağıtlarda gramajın kopma indisi üzerine etkisi verilmiştir. En yüksek kopma indisi değeri 34,11 N.m/g ile 115 g/m² kağıtlarda, en düşük kopma indisi değeri ise 32,28 N.m/g ile 110 g/m² kağıtlarda belirlenmiştir.



Şekil 10: %1,5 KMS ilaveli kağıtlarda kopma indisi üzerine gramajın etkisi.

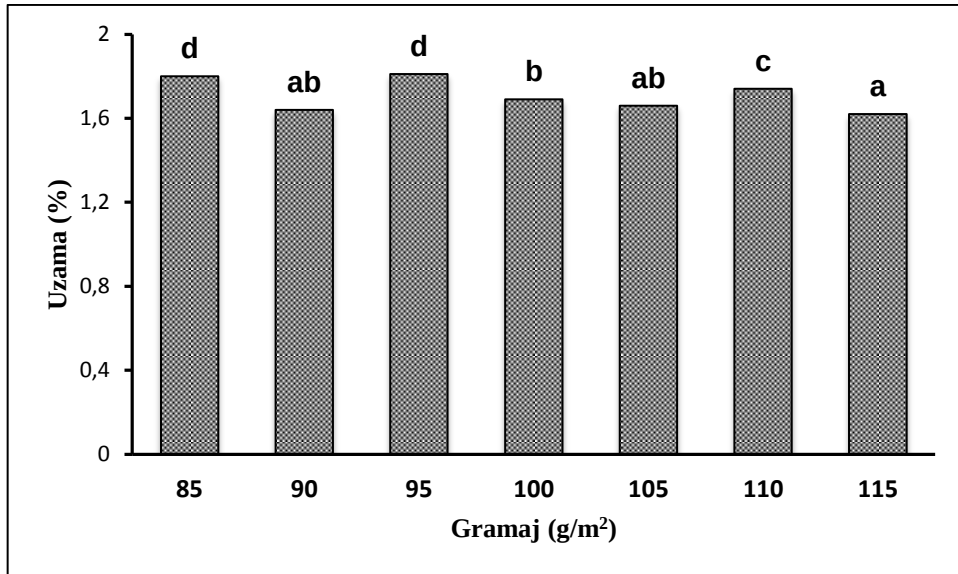
3.2.2 Deneme Kağıtlarının Uzama Değerleri Üzerine Gramajın Etkisi

Şekil 11'de kontrol kağıtlarda gramajın uzama değerleri verilmiştir. Gramajın uzama üzerine etkileri incelendiğinde 90, 95 ve 100 g/m² artış, 105, 110 ve 115 g/m²'de azalış tespit edilmiştir. En yüksek uzama değeri %1,20 ile 100 g/m² kağıtlarda, en düşük uzama ise %1,05 ile 115 g/m² kağıtlarda tespit edilmiştir.



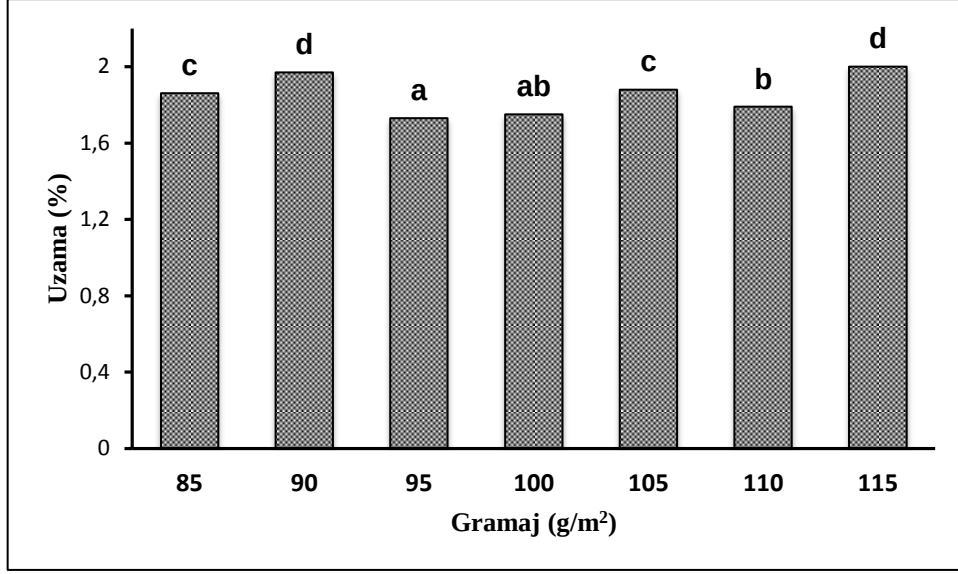
Şekil 11: Kontrol kağıtlarında gramajın uzama üzerine etkisi.

%0,75 KN katılarak elde edilen kağıtlarda gramajın uzama üzerine etkisi Şekil 12’de verilmiştir. En yüksek uzama değeri %1,81 ile 95 g/m² kağıtlarda, en düşük uzama ise %1,62 ile 115 g/m² kağıtlarda tespit edilmiştir.



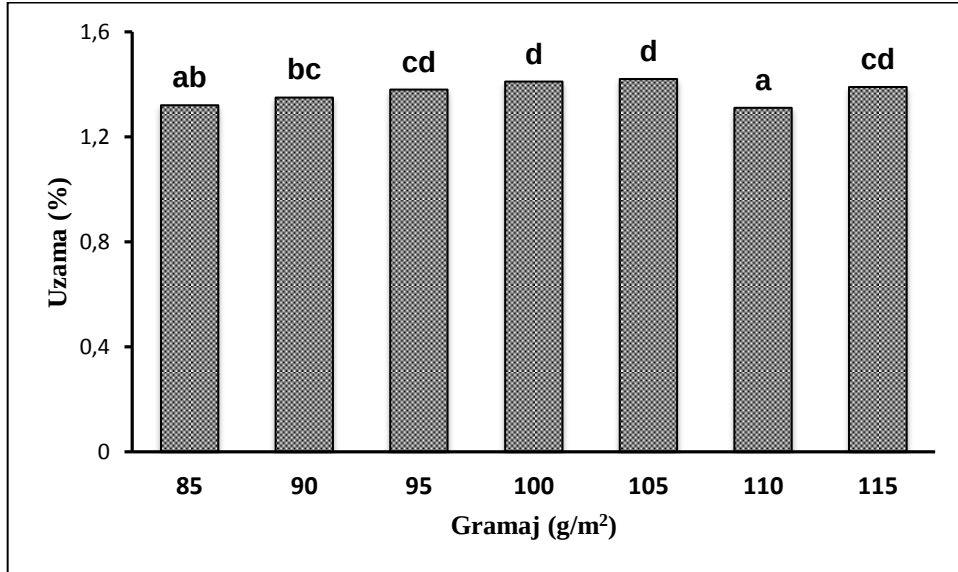
Şekil 12: %0,75 KN ilaveli kağıtlarda gramajın uzama üzerine etkisi.

Şekil 13’de %1,5 KN ilaveli kağıtlarda gramajın kağıtların uzama değerleri üzerine etkileri görülmektedir. En yüksek uzama değeri %2 ile 115 g/m² kağıtlarda, en düşük uzama ise %1,73 ile 95 g/m² kağıtlarda tespit edilmiştir.



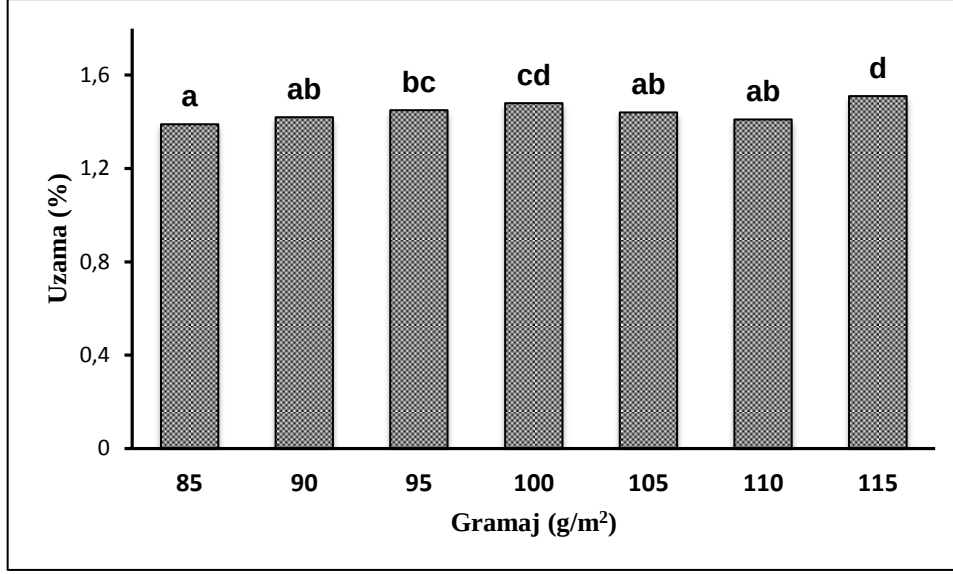
Şekil 13: %1,5 KN ilaveli kağıtlarda gramajın uzama üzerine etkisi.

Şekil 14’de %0,75 KMS katılarak elde edilen kağıtlarda gramajın uzama üzerine etkisi verilmiştir. En yüksek uzama değeri %1,42 ile 105 g/m² kağıtlarda, en düşük uzama ise %1,31 ile 110 g/m² kağıtlarda tespit edilmiştir.



Şekil 14: %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda gramajın uzama üzerine etkisi.

Şekil 15’de %1,5 KMS katılarak elde edilen kağıtlarda gramajın uzama üzerine etkisi verilmiştir. En yüksek uzama değeri %1,51 ile 115 g/m² kağıtlarda, en düşük uzama ise %1,39 ile 90 g/m² kağıtlarda tespit edilmiştir.

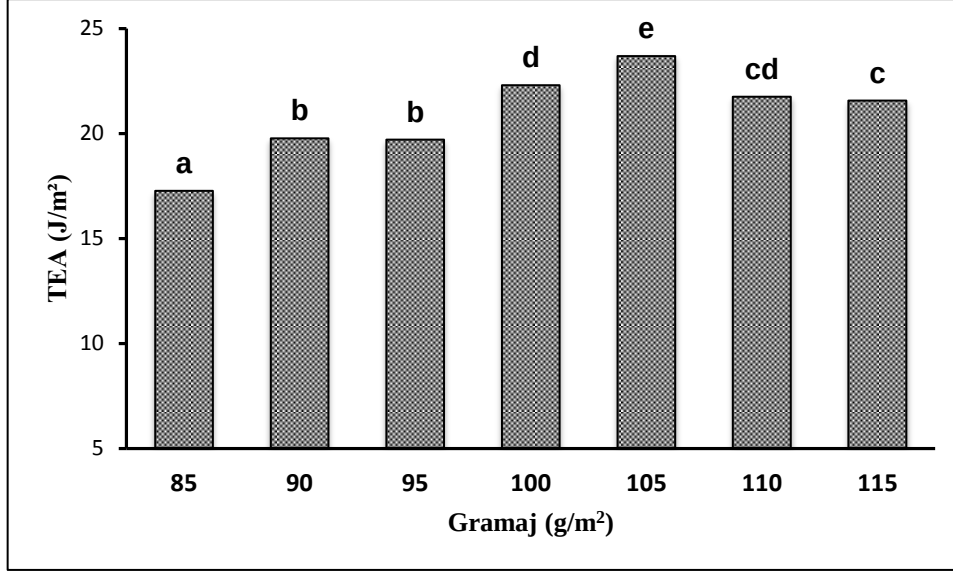


Şekil 15: %1,5 KMS ilaveli kağıtlarda gramajın uzama üzerine etkisi.

3.2.3 Deneme Kağıtlarının TEA Değerleri Üzerine Gramajın Etkisi

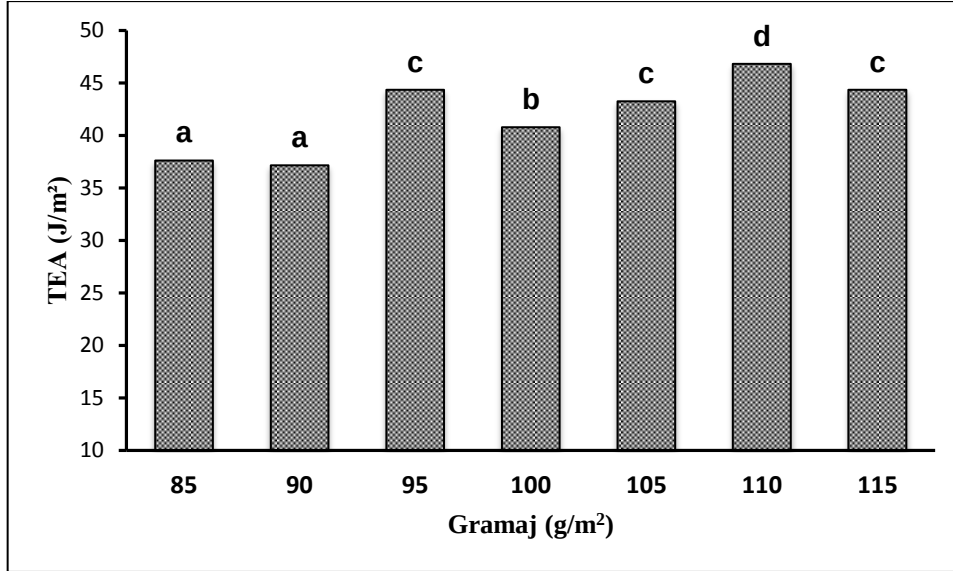
Kontrol kağıtlarında kağıdın gramajının TEA üzerine etkisi Şekil 16'da verilmiştir. Deneme kağıtlarının TEA değerlerinin gramaj artışı ile doğrusal olmayan artışı belirlenmiştir. Ancak bu artışlar istatistiki olarak anlamlı ($p < 0,05$) bir şekil de değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek TEA değeri $23,69 \text{ J/m}^2$ ile 105 g/m^2 kağıtlarda, en düşük TEA değeri ise $17,27 \text{ J/m}^2$ ile 85 g/m^2 kağıtlarda tespit edilmiştir.

Gülsoy vd., (2016) sahil çamı ve titrek kavak kraft kağıtlarında gramajın 100 g/m^2 'den 50 g/m^2 'ye düşmesi ile kağıdın TEA değerlerinin sırasıyla %66,90 ve %58,61 azaldığını belirtmiştir. TEA ve gramaj arasındaki doğrusal ilişki Seth vd., (1989) tarafından da belirtilmiştir.



Şekil 16: Kontrol kağıtlarında gramajın TEA üzerine etkisi.

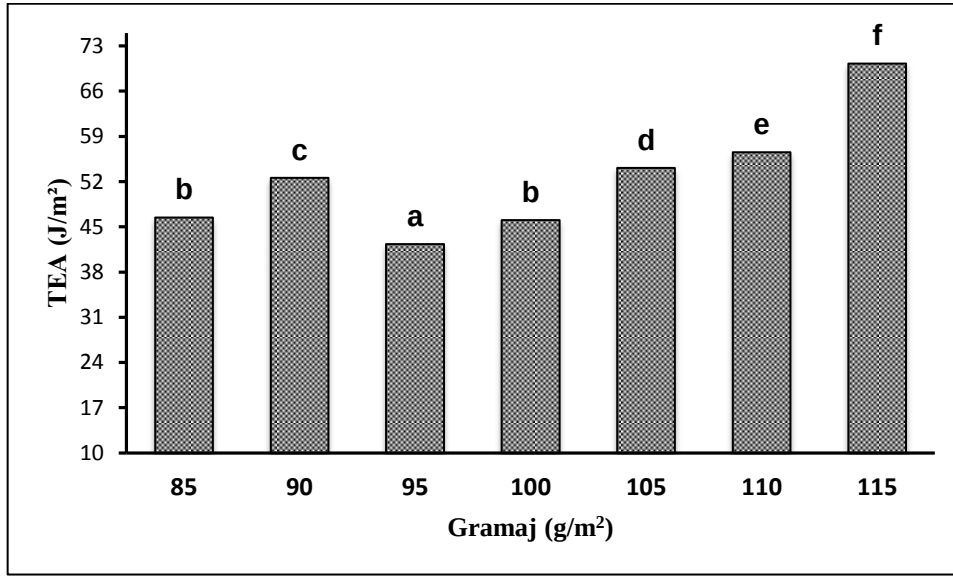
%0,75 KN ilaveli kağıtlarda kağıdın gramajının TEA üzerine etkisi Şekil 17’de verilmiştir. Şekilden de anlaşılabacağı gibi kağıdın gramajının artması ile TEA değerleri istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecelerde değişmiştir. En yüksek TEA değeri $46,81 \text{ J/m}^2$ ile 110 g/m^2 kağıtlarda, en düşük TEA değeri ise $37,16 \text{ J/m}^2$ ile 90 g/m^2 kağıtlarda tespit edilmiştir.



Şekil 17: %0,75 KN ilaveli kağıtlarda gramajın TEA üzerine etkisi.

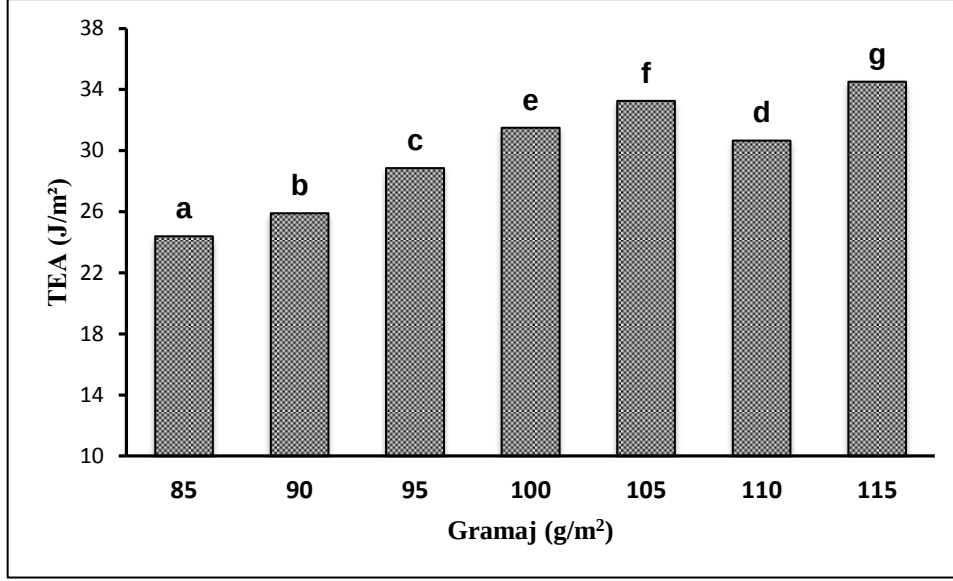
Şekil 18’de %1,5 KN katılarak elde edilen kağıtlarının gramajın TEA üzerine etkisi verilmiştir. %1,5 KN katılarak elde edilen kağıtlarda en yüksek TEA değeri $70,28 \text{ J/m}^2$ ile

115 g/m² kağıtlarda, en düşük TEA değeri ise 42,34 J/m² ile 95 g/m² kağıtlarda tespit edilmiştir.



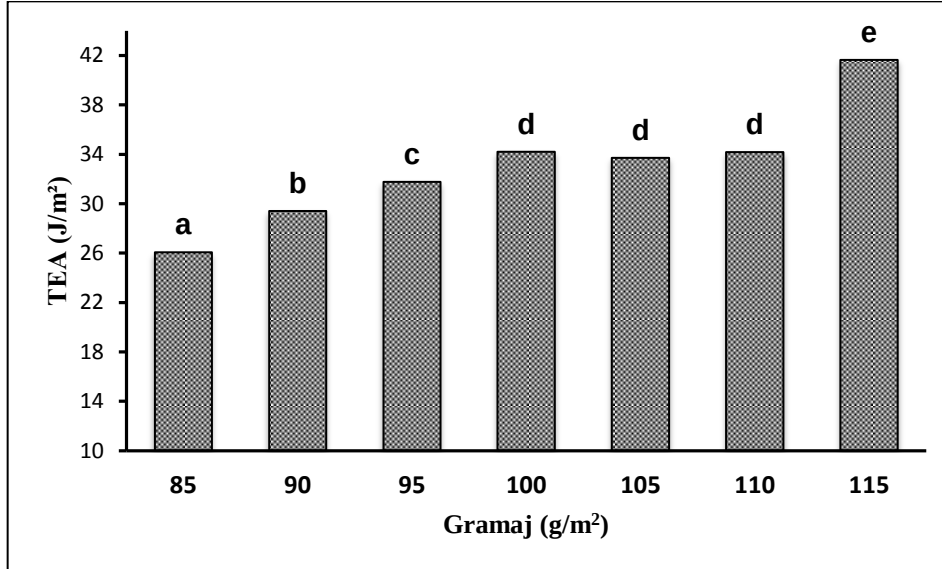
Şekil 18: %1,5 KN ilaveli kağıtlarda gramajın TEA üzerine etkisi.

Şekil 19’da %0,75 KMS katılarak elde edilen kağıtlarda gramajın TEA üzerine etkisi verilmiştir. Kağıtlarının TEA değerlerinin gramaj artışı ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecelerde artışı belirlenmiştir. %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda TEA değeri en yüksek 34,51 J/m² ile 115 g/m² kağıtlarda, en düşük değeri ise 24,38 J/m² ile 85 g/m² kağıtlarda tespit edilmiştir.



Şekil 19: %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda gramajın TEA üzerine etkisi.

Şekil 20’de %1,5 KMS katılarak elde edilen kağıtlarda gramajın TEA üzerine etkisi verilmiştir. Deneme kağıtlarının TEA değerlerinin gramaj artışı ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artışı belirlenmiştir. %1,5 KMS katılarak elde edilen kağıtlarda en yüksek TEA değeri $41,63 \text{ J/m}^2$ ile 115 g/m^2 kağıtlarda, en düşük TEA değeri ise $26,05 \text{ J/m}^2$ ile 85 g/m^2 kağıtlarda tespit edilmiştir.

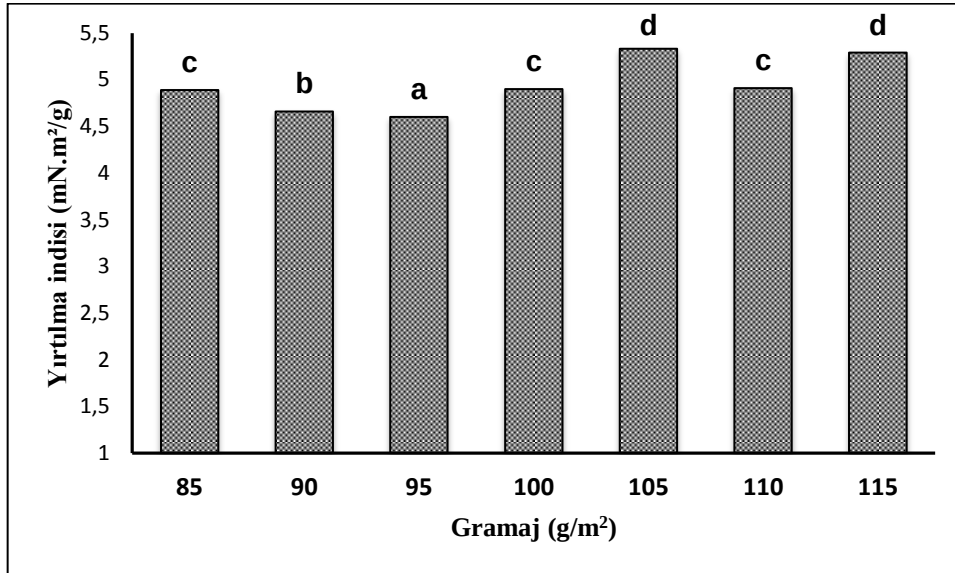


Şekil 20: %1,5 KMS ilaveli kağıtlarda gramajın TEA üzerine etkisi.

3.2.4 Deneme Kağıtlarının Yırtılma İndisi Değerleri Üzerine Gramajın Etkisi

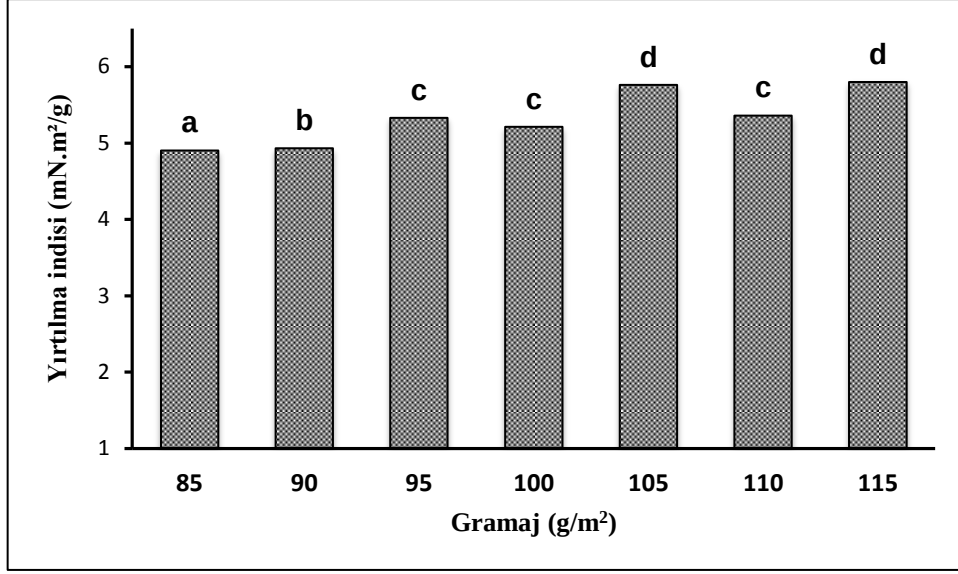
Kontrol kağıtlarında kağıdın gramajının yırtılma indisi üzerine etkisi Şekil 21’de verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi kağıdın gramajının artması ile yırtılma indisi değerlerinde istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) değişimler gerçekleştirmiştir. En yüksek yırtılma indisi değeri $5,33 \text{ mN.m}^2/\text{g}$ ile 105 g/m^2 kağıtlarda, en düşük yırtılma indisi değeri ise $4,60 \text{ mN.m}^2/\text{g}$ ile 95 g/m^2 kağıtlarda tespit edilmiştir.

Gülsoy vd. (2016) sahil çamı ve titrek kavak kraft kağıtlarında gramajın 100 g/m^2 ’den 50 g/m^2 ’ye düşmesi ile kağıdın yırtılma indisinin sırasıyla %25,39 ve %21,24 azaldığını belirtmiştir.



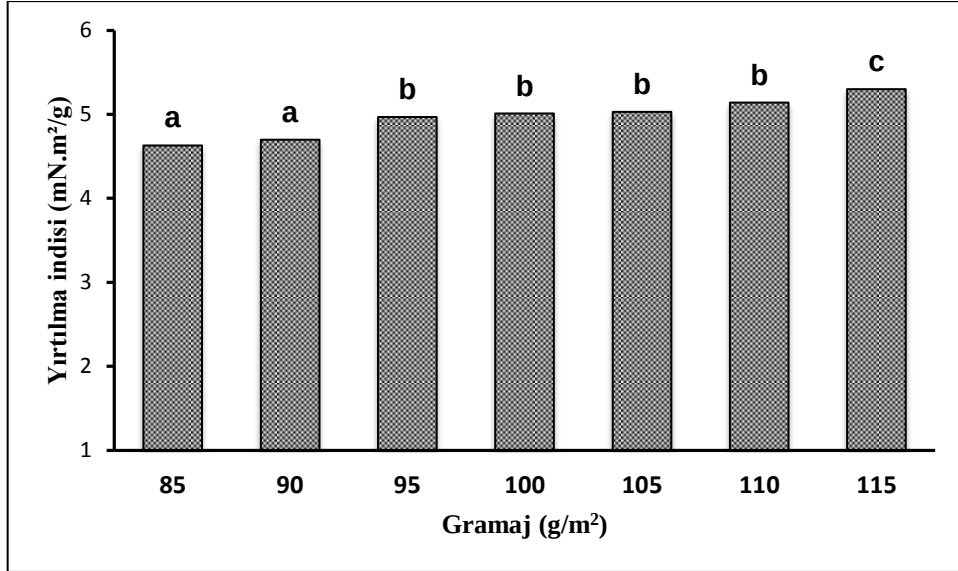
Şekil 21: Kontrol kağıtlarında gramajın yırtılma indisi üzerine etkisi.

%0,75 KN ilaveli kağıtlarda kağıdın gramajının yırtılma indisi üzerine etkisi Şekil 22’de verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi kağıdın gramajının artması ile yırtılma indisi değerleri istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) ölçüde artmaktadır. değişmektedir. En yüksek yırtılma indisi değeri $5,80 \text{ mN.m}^2/\text{g}$ ile 115 g/m^2 kağıtlarda, en düşük yırtılma indisi değeri ise $4,90 \text{ mN.m}^2/\text{g}$ ile 85 g/m^2 kağıtlarda tespit edilmiştir.



Şekil 22: %0,75 KN ilaveli kağıtlarda gramajın yırtılma indisi üzerine etkisi.

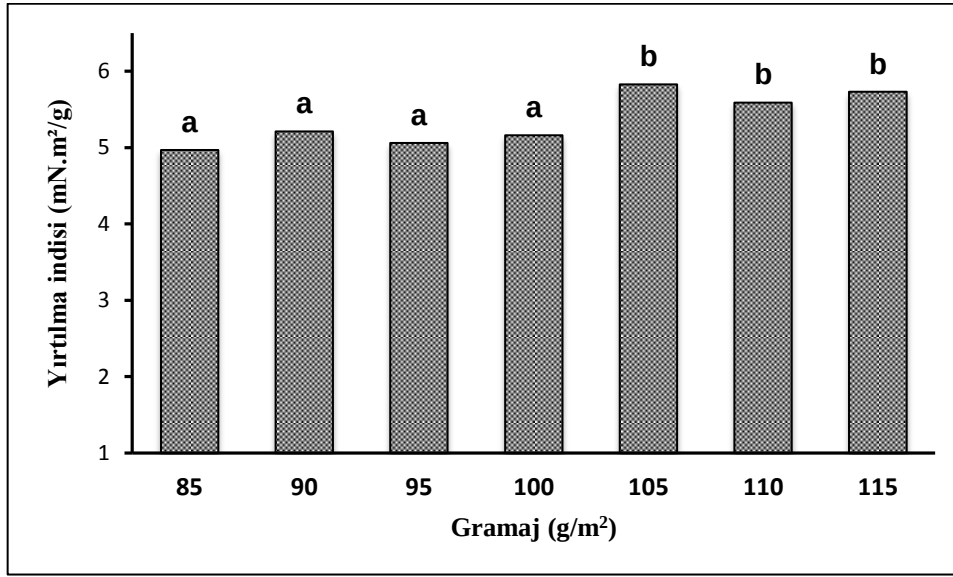
%1,5 KN kağıdının gramajının artması ile yırtılma indisi değerlerinin istatiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecelerde artmaktadır (Şekil 23). En yüksek yırtılma indisi değeri 5,30 mN.m²/g ile 115 g/m² kağıtlarda, en düşük yırtılma indisi değeri ise 4,63 mN.m²/g ile 85 g/m² kağıtlarda tespit edilmiştir.



Şekil 23: %1,5 KN ilaveli kağıtlarda gramajın yırtılma indisi üzerine etkisi.

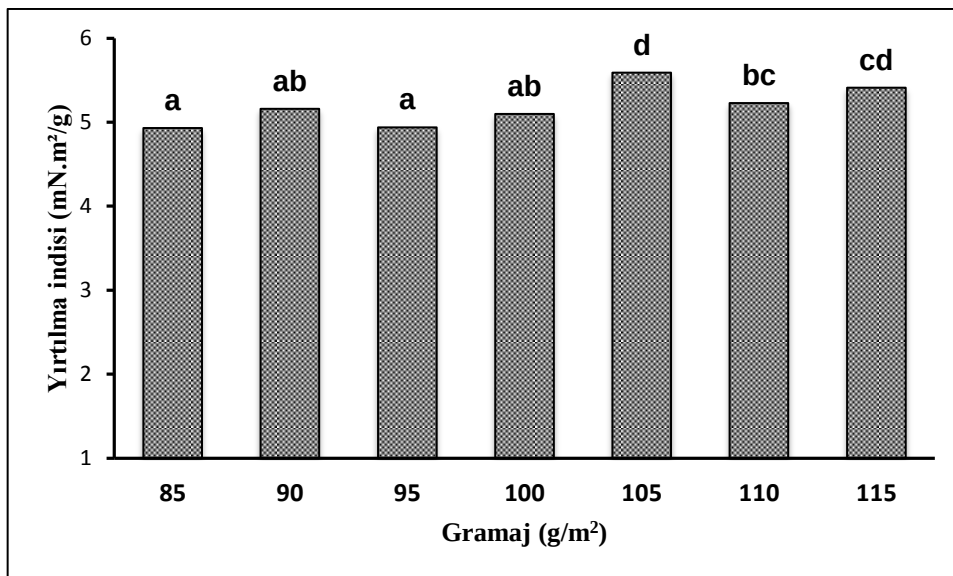
%0,75 KMS kağıdının gramajının artması ile yırtılma indisi değerlerinin istatiki olarak anlamlı ($p<0,05$) ölçüde artmıştır (Şekil 24). En yüksek yırtılma indisi değeri 5,83

mN.m²/g ile 105 g/m² kağıtlarda, en düşük yırtılma indisi değeri ise 4,97 mN.m²/g ile 85 g/m² kağıtlarda tespit edilmiştir.



Şekil 24: %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda gramajın yırtılma indisi üzerine etkisi.

Şekil 25’de %1,5 KMS kağıdının gramajının artması ile yırtılma indisi üzerine etkisi verilmiştir. En yüksek yırtılma indisi değeri 5,59 mN.m²/g ile 105 g/m² kağıtlarda, en düşük yırtılma indisi değeri ise 4,93 mN.m²/g ile 85 g/m² kağıtlarda tespit edilmiştir. Gramaj artışı ile kağıdın yırtılma indisi değerlerinin doğrusal olmayan bir artış sergilediği tespit edilmiştir.

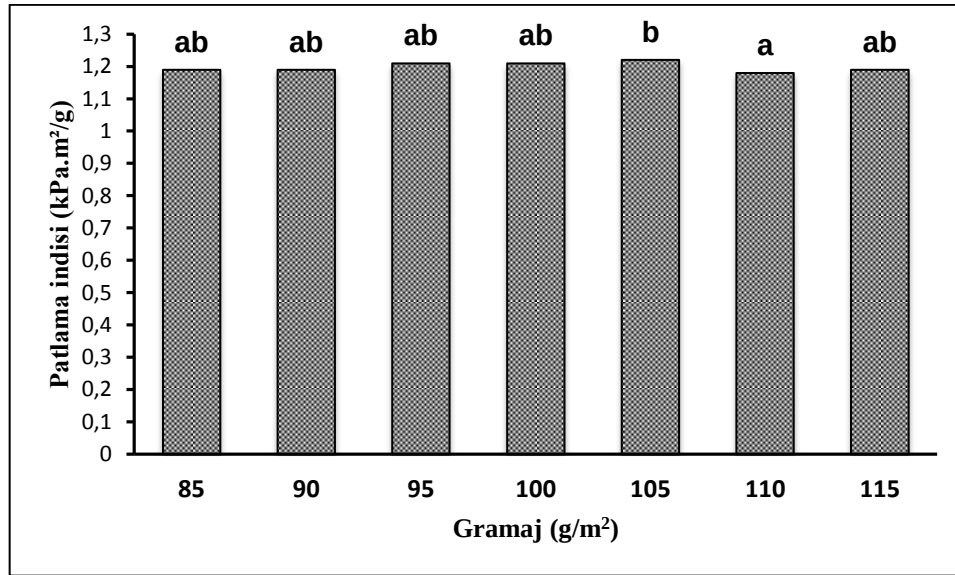


Şekil 25: %1,5 KMS ilaveli kağıtlarda gramajın yırtılma indisi üzerine etkisi.

3.2.5 Deneme Kağıtlarının Patlama İndisi Değerleri Üzerine Gramajın Etkisi

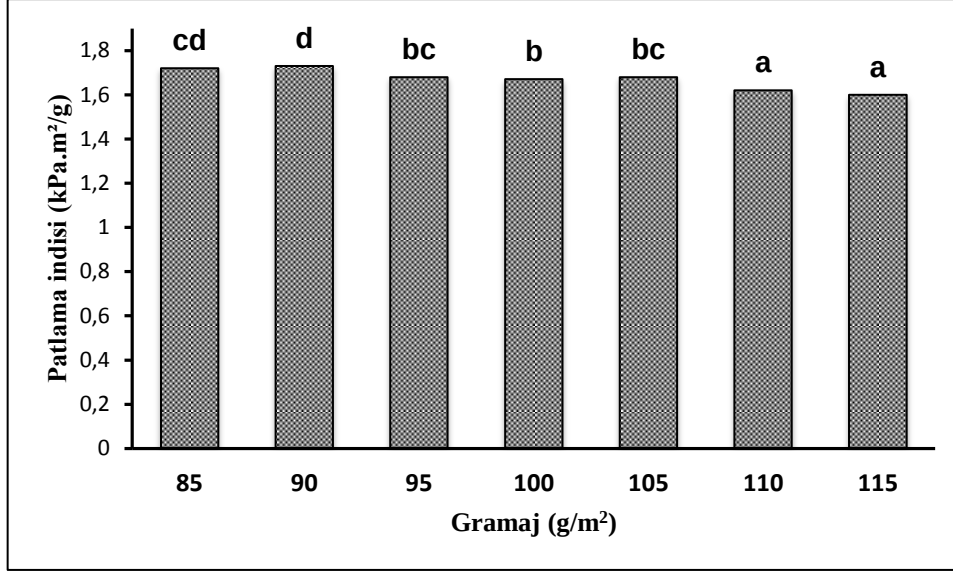
Kontrol kağıtlarında kağıdın gramajının patlama indisi üzerine etkisi Şekil 26'da verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi kağıdın gramajının artması ile patlama indisi değerleri istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede değişimler saptanmıştır. En yüksek patlama indisi değeri 1,22 kPa.m²/g ile 105 g/m² kağıtlarda, en düşük patlama indisi değeri ise 1,18 kPa.m²/g ile 110 g/m² kağıtlarda tespit edilmiştir.

Gülsoy vd. (2016) sahil çamı ve titrek kavak kraft kağıtlarında gramajın 100 g/m²'den 50 g/m²'ye düşmesi ile kağıdın patlama indisinin sırasıyla %21,34 ve %13,09 azaldığını belirtmiştir. Adamopoulos vd. (2014) atık kağıt liflerinden elde edilen kağıtların gramajı ile patlama sağlamlıkları arasında doğrusal bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir.



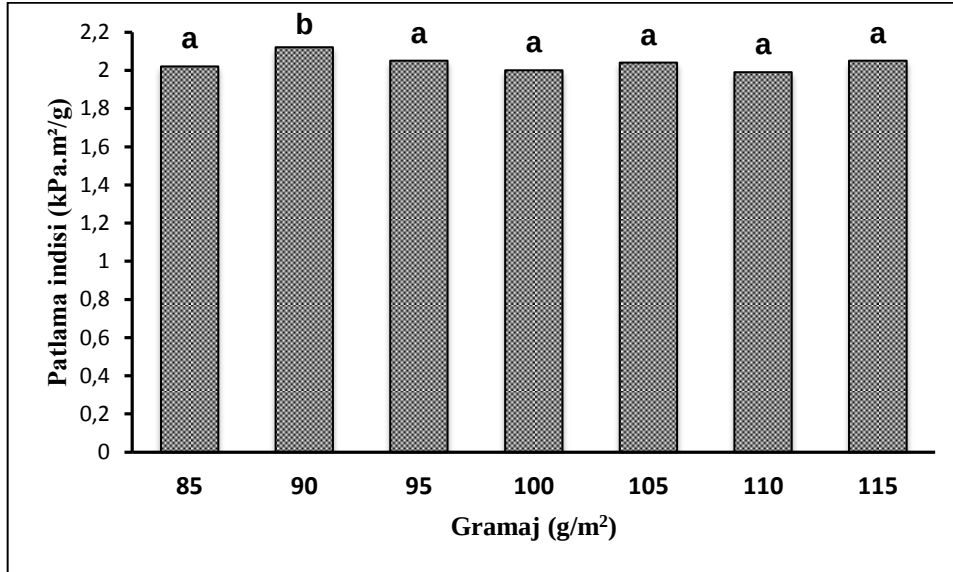
Şekil 26: Kontrol kağıtlarında gramajın patlama indisi üzerine etkisi.

%0,75 KN ilaveli kağıtlarda kağıdın gramajının patlama indisi üzerine etkisi Şekil 27'de verilmiştir. Grafikten de anlaşılacağı gibi kağıdın gramajının artması ile patlama indisi değerleri istatistiki olarak anlamlı ($p>0,05$) derecede azaldığı saptanmıştır. En yüksek patlama indisi değeri 1,73 kPa.m²/g ile 90 g/m² kağıtlarda, en düşük patlama indisi değeri ise 1,60 kPa.m²/g ile 115 g/m² kağıtlarda tespit edilmiştir.



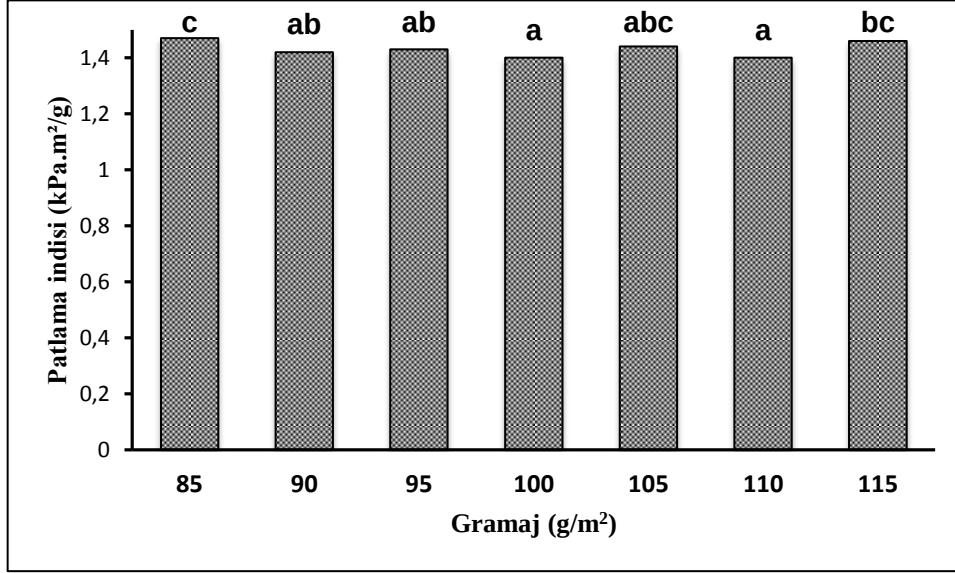
Şekil 27: %0,75 KN ilaveli kağıtlarda gramajın patlama indisi üzerine etkisi.

%1,5 KN ilaveli kağıtlarda kağıdın gramajının patlama indisi üzerine etkisi Şekil 28’de verilmiştir. Grafikten de anlaşılacağı gibi kağıdın gramajının artması ile patlama indisi değerleri istatistiki olarak anlamsız ($p>0,05$) değişim göstermiştir. Sadece 90 g/m²’lık kağıtların patlama indisi değerlerinin diğer gramajlardaki kağıtların patlama indisi değerlerinden istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede yüksek olduğu görülmüştür. En yüksek patlama indisi değeri 2,12 kPa.m²/g ile 90 g/m² kağıtlarda, en düşük patlama indisi değeri ise 1,99 kPa.m²/g ile 110 g/m² kağıtlarda tespit edilmiştir.



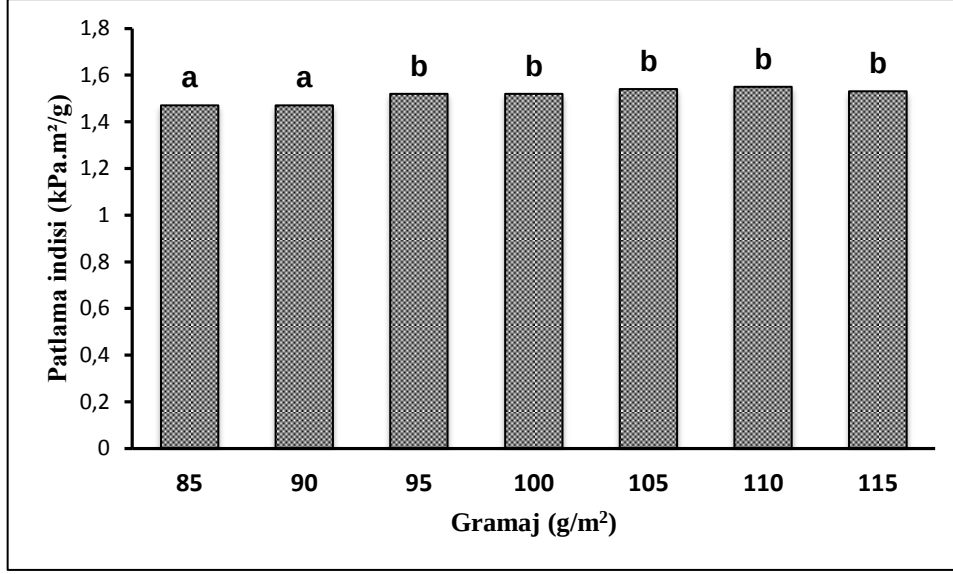
Şekil 28: %1,5 KN ilaveli kağıtlarda gramajın patlama indisi üzerine etkisi.

%0,75 KMS ilaveli kağıtlarda kağıdın gramajının patlama indisi üzerine etkisi Şekil 29’da verilmiştir. Gramaj değişimi ile kağıtların patlama indisi değerlerinin doğrusal olmayan bir değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Grafikten de anlaşılabacağı gibi en yüksek patlama indisi değeri 1,47 kPa.m²/g ile 85 g/m² kağıtlarda, en düşük patlama indisi değeri ise 1,40 kPa.m²/g ile 100 ve 110 g/m² kağıtlarda tespit edilmiştir.



Şekil 29: %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda gramajın patlama indisi üzerine etkisi.

%1,5 KMS ilaveli kağıtlarda kağıdın gramajının patlama indisi üzerine etkisi Şekil 30’da verilmiştir. Şekilden de anlaşılabacağı gibi kağıdın gramajının artması ile patlama indisi değerleri istatistiki olarak anlamlı ölçüde ($p < 0,05$) artışı tespit edilmiştir. En yüksek patlama indisi değeri 1,55 kPa.m²/g ile 110 g/m² kağıtlarda, en düşük patlama indisi değeri ise 1,47 kPa.m²/g ile 85 ve 90 g/m² kağıtlarda tespit edilmiştir.



Şekil 30: %1,5 KMS ilaveli kağıtlarda gramajın patlama indisi üzerine etkisi.

3.3 Deneme Kağıtlarının Sağlamlık Özellikleri Üzerine KN ve KMS'nin Etkileri

Atık kağıt liflerinden kuru sağlamlık maddesi ilave ederek farklı gramajlarda elde edilen test liner deneme kağıtlarının kopma indisi, uzama, TEA, yırtılma indisi ve patlama indisi değerleri üzerine KN ve KMS'nin etkileri belirlenmiştir. 85-90-95-100-105-110 ve 115 g/m²'lik kağıtların sağlamlık özelliklerine KN ve KMS'nin etkileri Tablo 7-20'de verilmiştir.

Tablo 7: 85 g/m²'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri.

Örnek	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m²)	Yırtılma İndisi (mN.m²/g)	Patlama İndisi (kPa.m²/g)
Kontrol	27,89±1,03a	1,08±0,05a	17,27±0,62a	4,89±0,20b	1,19±0,05a
%0,75 KN	34,93±1,17c	1,80±0,08d	37,62±1,10d	4,90±0,17b	1,72±0,06c
%1,5 KN	42,39±1,19d	1,86±0,06e	46,46±1,65e	4,63±0,17a	2,02±0,09d
%0,75 KMS	31,67±1,13b	1,32±0,05b	24,38±0,81b	4,97±0,21b	1,47±0,06b
%1,5 KMS	32,31±1,12b	1,39±0,05c	26,05±0,58c	4,93±0,22b	1,47±0,04b

Tablo 8: 85 g/m²'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri (% değişimler).

Örnek (85 g/m ²)	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m ²)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)
Kontrol	-	-	-	-	-
%0,75 KN	+ %25,24	+ %66,67	+ %117,83	+ %0,20	+ %44,54
%1,5 KN	+ % 51,99	+ % 72,22	+ % 169,02	- %5,32	+ % 69,75
%0,75 KMS	0,00	+ %22,22	+ %41,17	+ % 1,64	+ %23,53
%1,5 KMS	+ %15,85	+ %28,70	+ %50,84	+ %0,82	+ %23,53

Tablo 9: 90 g/m²'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri.

Örnek	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m ²)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)
Kontrol	28,82±0,82a	1,13±0,05a	19,76±0,81a	4,66±0,16a	1,19±0,05a
%0,75 KN	36,10±1,03d	1,64±0,06d	37,16±1,08d	4,93±0,20c	1,73±0,06c
%1,5 KN	42,42±1,25e	1,97±0,07e	52,58±1,49e	4,70±0,19b	2,12±0,09d
%0,75 KMS	30,77±0,98b	1,35±0,04b	25,89±0,75b	5,21±0,19d	1,42±0,06b
%1,5 KMS	33,21±1,28c	1,42±0,06c	29,41±0,85c	5,16±0,20d	1,48±0,04b

Tablo 10: 90 g/m²'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri (% değişimler).

Örnek (90 g/m ²)	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m ²)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)
Kontrol	-	-	-	-	-
%0,75 KN	+ %25,26	+ %45,13	+ %88,06	+ %5,79	+ %45,38
%1,5 KN	+ % 47,19	+ % 74,34	+ % 166,09	+ %0,86	+ % 78,15
%0,75 KMS	+ %6,77	+ %19,47	+ %31,02	+ % 11,80	+ %19,33
%1,5 KMS	+ %15,23	+ %25,66	+ %48,84	+ %10,73	+ %24,37

Tablo 11: 95 g/m²'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri.

Örnek	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m ²)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)
Kontrol	27,23±1,05a	1,15±0,04a	19,70±0,68a	4,60±0,24a	1,21±0,05a
%0,75 KN	36,33±0,98d	1,81±0,06e	44,36±1,23e	5,33±0,07c	1,68±0,06d
%1,5 KN	37,73±1,23e	1,73±0,04d	42,34±1,57d	4,97±0,17b	2,05±0,07e
%0,75 KMS	31,72±1,05b	1,38±0,06b	28,86±0,84b	5,06±0,22b	1,43±0,06b
%1,5 KMS	33,40±1,11c	1,45±0,06c	31,75±1,02c	4,94±0,23b	1,52±0,05c

Tablo 12: 95 g/m²'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri (% değişimler).

Örnek (95 g/m ²)	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m ²)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)
Kontrol	-	-	-	-	-
%0,75 KN	+ %33,42	+ %57,39	+ %125,18	+ %15,87	+ %38,84
%1,5 KN	+ %38,56	+ %50,43	+ %114,92	+ %8,04	+ %69,42
%0,75 KMS	+ %16,49	+ %20,00	+ %46,50	+ %10,00	+ %18,18
%1,5 KMS	+ %22,66	+ %26,09	+ %61,17	+ %7,39	+ %25,62

Tablo 13: 100 g/m²'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri.

Örnek	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m ²)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)
Kontrol	27,88±0,81a	1,20±0,05a	22,30±0,68a	4,90±0,15a	1,21±0,05a
%0,75 KN	34,26±1,00d	1,69±0,06d	40,78±1,09d	5,21±0,24b	1,67±0,02d
%1,5 KN	39,05±1,04e	1,75±0,07e	46,03±1,26e	5,01±0,15ab	2,00±0,07e
%0,75 KMS	32,16±0,85b	1,41±0,05b	31,49±0,85b	5,16±0,16b	1,40±0,05b
%1,5 KMS	33,24±1,25c	1,48±0,06c	34,19±0,89c	5,10±0,13ab	1,52±0,06c

Tablo 14: 100 g/m²'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri (% değişimler).

Örnek (100 g/m ²)	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m ²)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)
Kontrol	-	-	-	-	-
%0,75 KN	+ %22,88	+ %40,83	+ %82,87	+ %6,33	+ %38,02
%1,5 KN	+ %40,06	+ %45,83	+ %106,41	+ %2,24	+ %65,29
%0,75 KMS	+ %15,35	+ %17,50	+ %41,21	+ %5,31	+ %15,70
%1,5 KMS	+ %19,23	+ %23,33	+ %53,32	+ %4,08	+ %25,62

Tablo 15: 105 g/m²'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri.

Örnek	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m ²)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)
Kontrol	28,03±0,78a	1,15±0,04a	23,69±0,73a	5,33±0,24b	1,22±0,05a
%0,75 KN	35,59±0,86c	1,66±0,06c	43,25±1,88c	5,76±0,18cd	1,68±0,06d
%1,5 KN	38,33±1,05d	1,88±0,08d	54,11±1,21d	5,03±0,16a	2,04±0,08e
%0,75 KMS	32,00±1,10b	1,42±0,06b	33,26±0,92b	5,83±0,13d	1,44±0,05b
%1,5 KMS	32,67±0,99b	1,44±0,05b	33,71±0,89b	5,59±0,24c	1,54±0,06c

Tablo 16: 105 g/m²'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri (% değişimler).

Örnek (105 g/m ²)	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m ²)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)
Kontrol	-	-	-	-	-
%0,75 KN	+ %26,97	+ %44,35	+ %82,57	+ %8,07	+ %37,70
%1,5 KN	+ %36,75	+ %63,48	+ %128,41	- %5,63	+ %67,21
%0,75 KMS	+ %14,16	+ %23,48	+ %40,40	+ %9,38	+ %18,03
%1,5 KMS	+ %16,55	+ %25,22	+ %42,30	+ %4,88	+ %26,23

Tablo 17: 110 g/m²'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri.

Örnek	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m ²)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)
Kontrol	26,58±0,90a	1,07±0,05a	21,75±0,70a	4,91±0,11a	1,18±0,04a
%0,75 KN	35,56±0,77d	1,74±0,06d	46,81±1,55d	5,39±0,20cd	1,62±0,04d
%1,5 KN	41,58±1,09e	1,79±0,05e	56,54±1,68e	5,14±0,10b	1,99±0,06e
%0,75 KMS	30,90±1,19b	1,31±0,04b	30,66±0,85b	5,59±0,25d	1,40±0,055b
%1,5 KMS	32,28±1,08c	1,41±0,05c	34,16±0,98c	5,23±0,21bc	1,55±0,05c

Tablo 18: 110 g/m²'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri (% değişimler).

Örnek (110 g/m ²)	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m ²)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)
Kontrol	-	-	-	-	-
%0,75 KN	+ %33,78	+ %62,62	+ %115,22	+ %9,78	+ %37,29
%1,5 KN	+ %56,43	+ %67,29	+ %159,95	+ %4,68	+ %68,64
%0,75 KMS	+ %16,25	+ %22,43	+ %40,97	+ %13,85	+ %18,64
%1,5 KMS	+ %21,44	+ %31,78	+ %57,06	+ %5,72	+ %31,36

Tablo 19: 115 g/m²'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri.

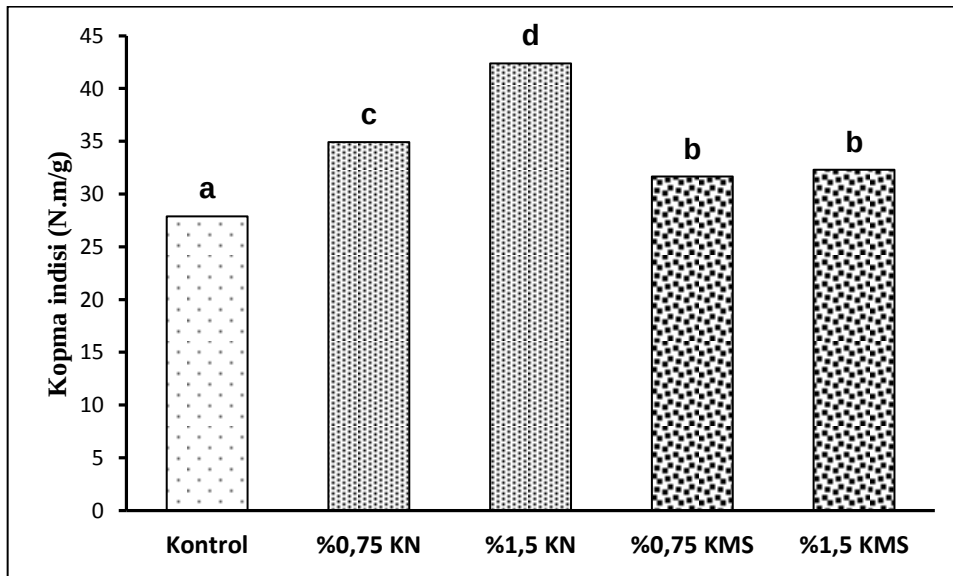
Örnek	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m ²)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)
Kontrol	26,06±0,84a	1,05±0,05a	21,56±0,82a	5,29±0,18a	1,19±0,04a
%0,75 KN	33,76±0,63c	1,62±0,06d	44,36±1,46d	5,80±0,21b	1,60±0,06d
%1,5 KN	43,21±1,04d	2,00±0,07e	70,28±2,46e	5,30±0,15a	2,05±0,07e
%0,75 KMS	31,11±0,79b	1,39±0,05b	34,51±0,93b	5,73±0,24b	1,46±0,05b
%1,5 KMS	34,11±0,98c	1,51±0,05c	41,63±0,89c	5,41±0,21a	1,53±0,05c

Tablo 20: 115 g/m²'lik kağıtlarda KN ve KMS'nin etkileri (% değişimler).

Örnek (115 g/m ²)	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m ²)	Yırtılma İndisi (mN.m ² /g)	Patlama İndisi (kPa.m ² /g)
Kontrol	-	-	-	-	-
%0,75 KN	+ %29,55	+ %54,29	+ %105,75	+ %9,64	+ %34,45
%1,5 KN	+ %65,81	+ %90,48	+ %225,97	+ %0,19	+ %72,27
%0,75 KMS	+ %19,38	+ %32,38	+ %60,06	+ %8,32	+ %22,69
%1,5 KMS	+ %30,89	+ %43,81	+ %93,09	+ %2,27	+ %28,57

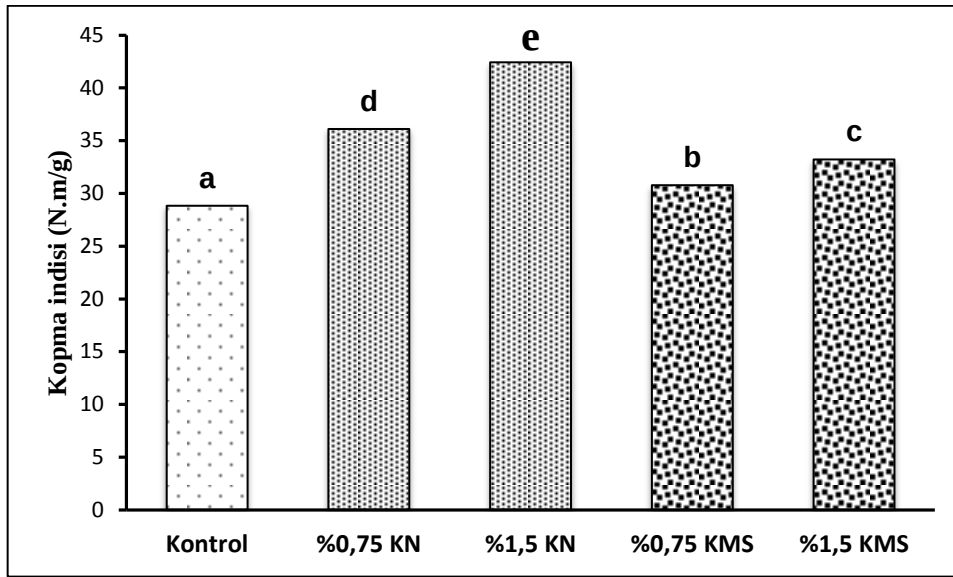
3.3.1 Deneme Kağıtlarının Kopma İndisi Değerlerine KN ve KMS'nin Etkileri

Şekil 31'de görüldüğü gibi 85 g/m² test liner kağıtlarının kopma indisi değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %51,99 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %13,55 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. Kağıtların kopma indisi değerlerinin ilave edilen KN oranındaki artış ile doğru orantılı ve istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) ölçüde arttığı, kms oranındaki artış ile istatistiki olarak anlamsız ($p>0,05$) bir artış gösterdiği görülmüştür. KN ilaveli kağıtların KMS ilaveli kağıtlardan daha yüksek kopma indisi artışlarına neden olduğu tespit edilmiştir.



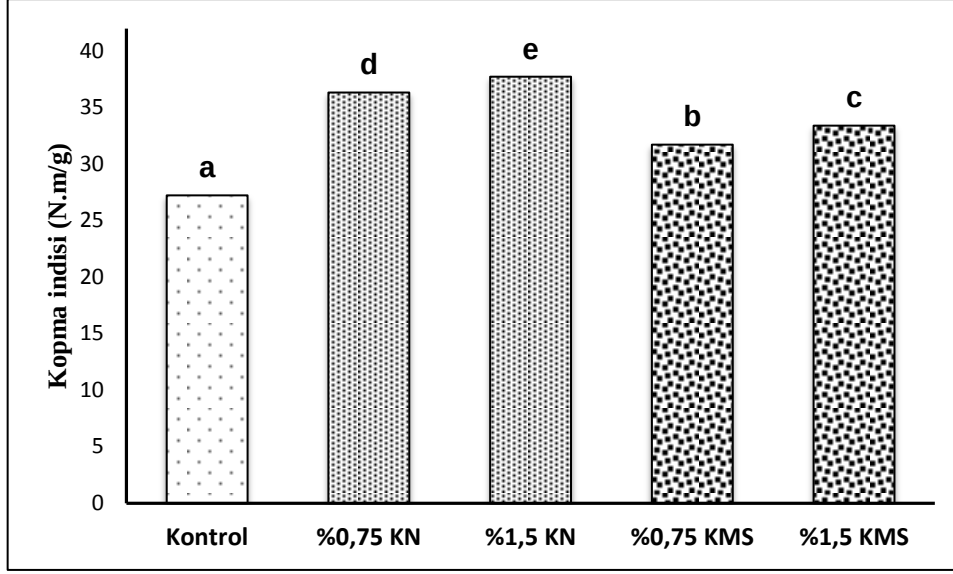
Şekil 31: 85 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin kopma indisi üzerine etkileri.

Şekil 32’de görüldüğü gibi 90 g/m² test liner kağıtlarının kopma indisi değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %47,19 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %6,77 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. Hem KN hem de KMS ilave oranının artması ile kopma indisi değerinin istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artışı görülmüştür. KN ilaveli kağıtların KMS ilaveli kağıtlardan daha yüksek kopma indisi artışı sağladığı tespit edilmiştir.



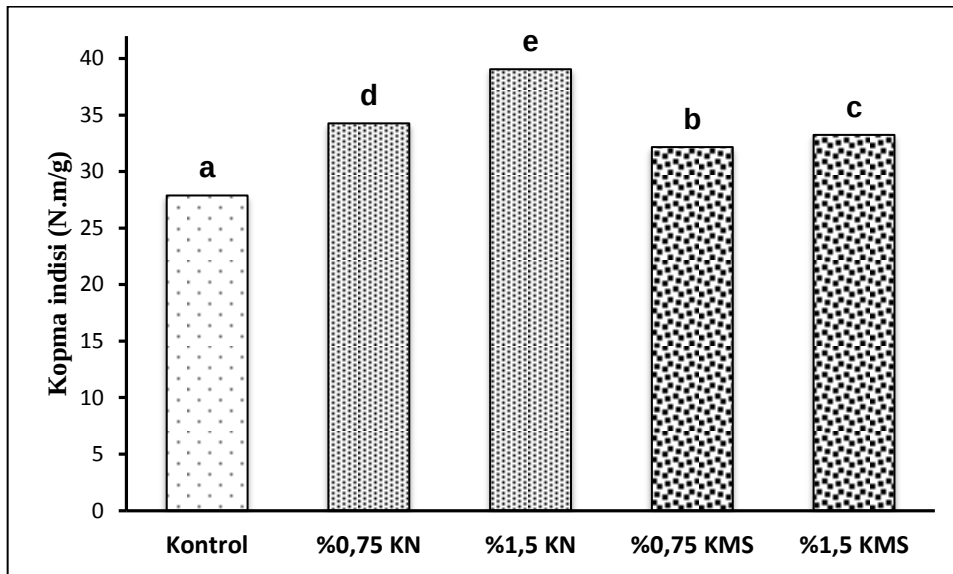
Şekil 32: 90 g/m²’lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS’nin kopma indisi üzerine etkileri.

Şekil 33’de görüldüğü gibi 95 g/m² test liner kağıtlarının kopma indisi değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %38,56 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %16,49 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. Hem KN hem de KMS ilave oranının artması ile kopma indisi değerinin istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artışı görülmüştür. KN ilaveli kağıtların KMS ilaveli kağıtlardan daha yüksek kopma indisi artışı sağladığı tespit edilmiştir.



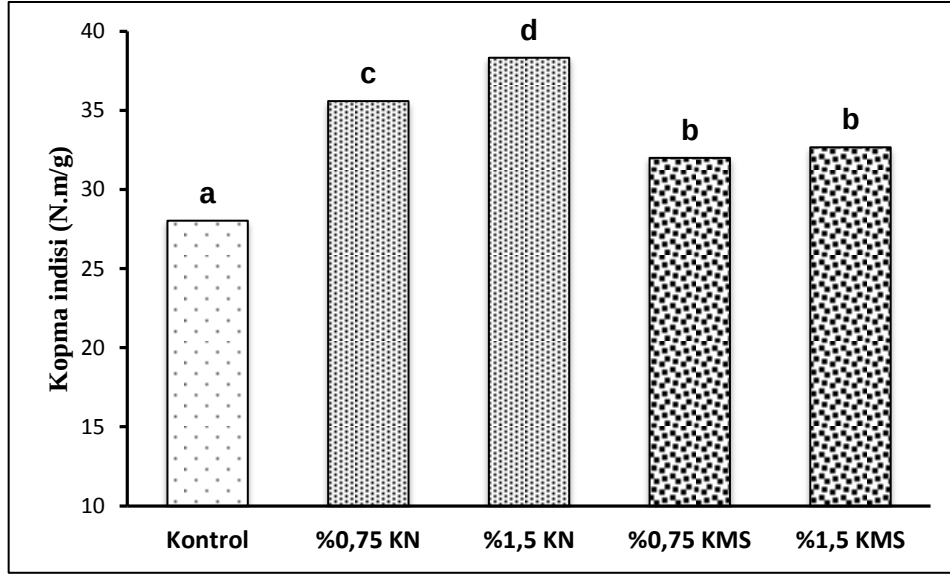
Şekil 33: 95 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin kopma indisi üzerine etkileri.

Şekil 34'de görüldüğü gibi 100 g/m² test liner kağıtlarının kopma indisi değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %40,06 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %15,35 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. Hem KN hem de KMS ilave oranının artması ile kopma indisi değerinin istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede arttığı görülmüştür. KN ilaveli kağıtların KMS ilaveli kağıtlardan daha yüksek kopma indisi artışı sağladığı tespit edilmiştir.



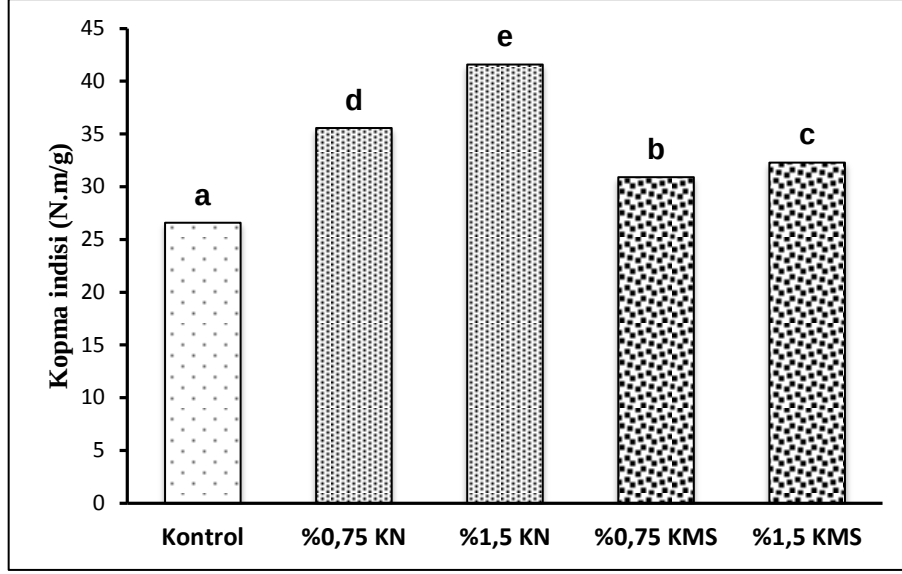
Şekil 34: 100 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin kopma indisi üzerine etkileri.

Şekil 35’de görüldüğü gibi 105 g/m² test liner kağıtlarının kopma indisi değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %36,75 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %14,16 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. Kağıtların kopma indisi değerlerinin ilave edilen KN oranındaki artış ile doğru orantılı ve istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) ölçüde arttığı, KMS oranındaki artış ile istatistiki olarak anlamsız ($p>0,05$) bir artış gösterdiği görülmüştür. KN ilaveli kağıtların KMS ilaveli kağıtlardan daha yüksek kopma indisi artışlarına neden olduğu tespit edilmiştir.



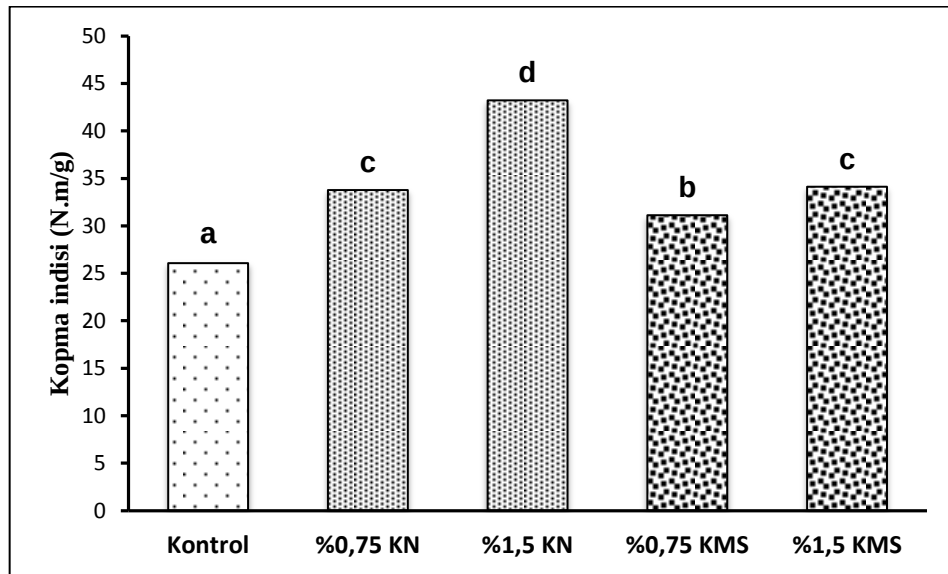
Şekil 35: 105 g/m²’lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS’nin kopma indisi üzerine etkileri.

Şekil 36’da görüldüğü gibi 110 g/m² test liner kağıtlarının kopma indisi değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %56,43 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %16,25 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. Hem KN hem de KMS ilave oranının artması ile kopma indisi değerinin istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede arttığı görülmüştür. KN ilaveli kağıtların KMS ilaveli kağıtlardan daha yüksek kopma indisi artışı sağladığı tespit edilmiştir.



Şekil 36: 110 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin kopma indisi üzerine etkileri.

Şekil 37'de görüldüğü gibi 115 g/m² test liner kağıtlarının kopma indisi değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %65,81 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %19,38 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. Hem KN hem de KMS ilave oranının artması ile kopma indisi değerinin istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede arttığı görülmüştür. KN ilaveli kağıtların KMS ilaveli kağıtlardan daha yüksek kopma indisi artışı sağladığı tespit edilmiştir.



Şekil 37: 115 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin kopma indisi üzerine etkileri.

Bu sonuçlara göre lif süspansiyonuna katılan KN'nın tüm kağıt gramajlarında KMS'den daha yüksek kopma indisi artışlarına neden olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, KN'nın kopma indisi üzerine etkisinin düşük gramajlı kağıtlarda yüksek gramajlı kağıtlara göre daha belirgin olduğu görülmüştür (Şekil 31 ve Şekil 37, Tablo 8 ve Tablo 20).

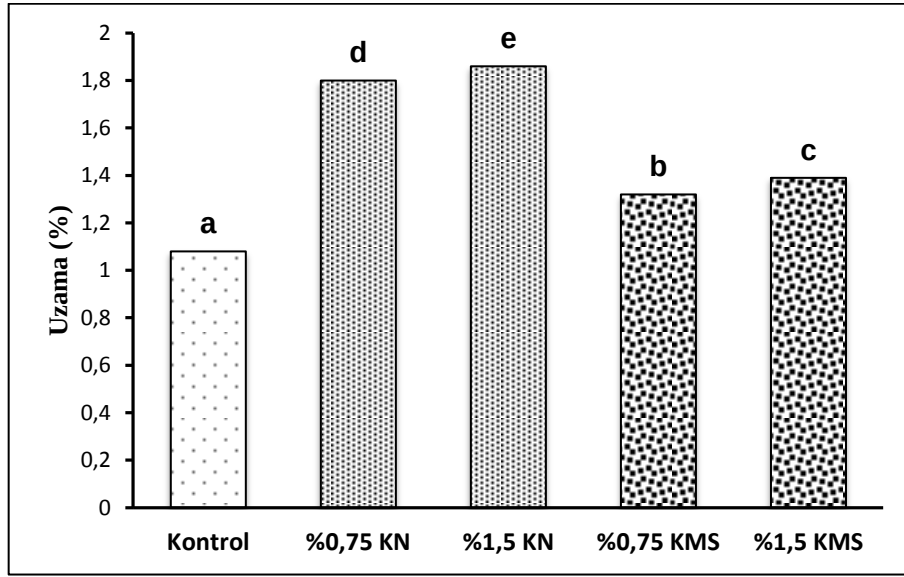
Gülsoy (2014) ağartılmamış kraft hamuruna %0,75, %1,5 ve %2,25 KN ilaveleri ile kağıdın kopma indisinin sırasıyla %59, %64 ve %70 oranında arttığını tespit etmiştir. Ghasemian vd. (2012) %20 atık kağıt ve %80 birincil NSSC hamur karışımlarına %0,5, %1,2, %2 ve %3 oranlarında KN ilave edildiğinde kağıdın kopma indisi değerlerinin 13,3 N.m/g'dan sırasıyla 14,3 N.m/g, 18,4 N.m/g, 23,1 N.m/g ve 22,4 N.m/g'a arttığını tespit etmişlerdir. Benzer kopma indisi artışları (Hamzeh vd., 2013; Khosravani vd., 2013; Gülsoy ve Erentürk) tarafından da rapor edilmiştir. Bu artışlara KN ilavesi ile liflerin nispi bağlanma alanındaki (relative bonded area, RBA) önemli derecedeki artışın sebep olduğunu belirtilmiştir (Fermento vd., 1994).

Blomstedt vd., (2007) ağartılmış sert odun (%95 huş, %5 kavak) kraft hamuruna %1 oranında KMS ilave edildiğinde kağıtların kopma indisi değerlerinin arttığını tespit etmişlerdir. Blomstedt ve Vourinen (2007) ağartılmış ladin kraft hamuruna %1 KMS ilave edildiğinde kağıtların kopma indisinin 52,4 N.m/g'dan 73,6 N.m/g'a arttığını (%40,46 artma) tespit etmişlerdir. Kontturi vd. (2008) ladin kraft hamurunun oksijen delignifikasyonu esnasında %1 KMS kullanıldığında kağıtların kopma indisinin %15 arttığını belirtmişlerdir. Fatehi vd. (2010) ağartılmış sülfite hamuruna çitozan ve KMS ilave edildiğinde örneklerin kopma indisi değerlerinin arttığını belirtmişlerdir. Heydari vd. (2013) atık kağıt liflerine %1 KMS ilave ettiklerinde kağıtların kopma indisinin 60,31 N.m/g'dan 65,60 N.m/g'a arttığını (%8,77 artma) rapor etmişlerdir. Zhao vd. (2016) alkali peroksit mekanik hamur liflerine 50 mg KMS/g lif, 100 mg KMS/g lif ve 150 mg KMS/g lif oranında KMS ilave ettiklerinde kağıtların kopma indisi değerlerinin arttığını tespit etmişlerdir. KMS'nin kağıdın sağlamlığı üzerine olumlu etkisi KMS'nin lifler arası bağlanmayı artırıcı etkisi ile açıklanabilir (Heydari vd. 2013).

3.3.2 Deneme Kağıtlarının Uzama Değerlerine KN ve KMS'nin Etkileri

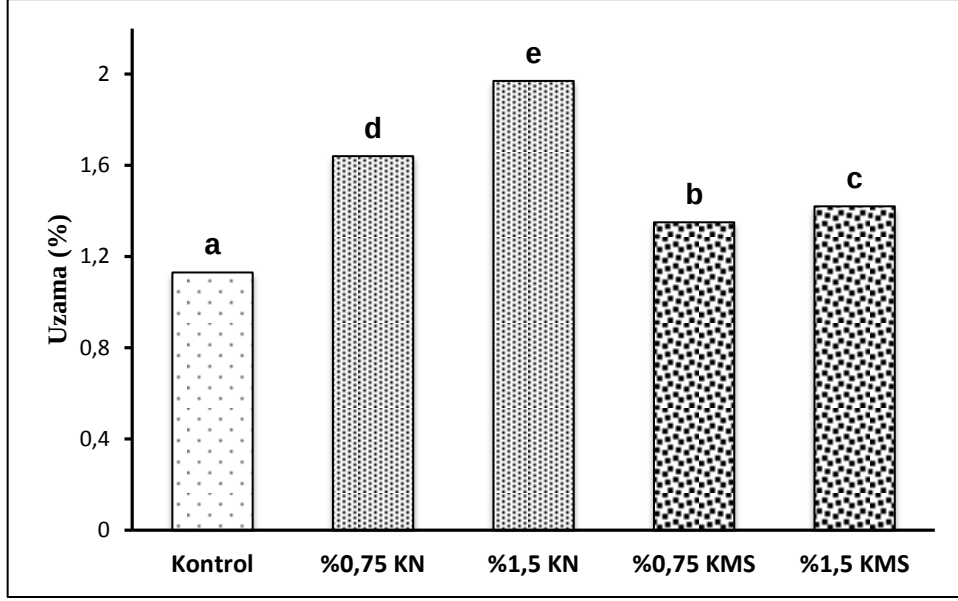
Şekil 38'de görüldüğü gibi 85 g/m² test liner kağıtlarının uzama değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p < 0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %72,22 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %22,22 ile %0,75 KMS ilaveli

kağıtlarda tespit edilmiştir. Kağıtların uzama değerleri üzerine KN'nın KMS'den daha etkili olduğu görülmüştür.



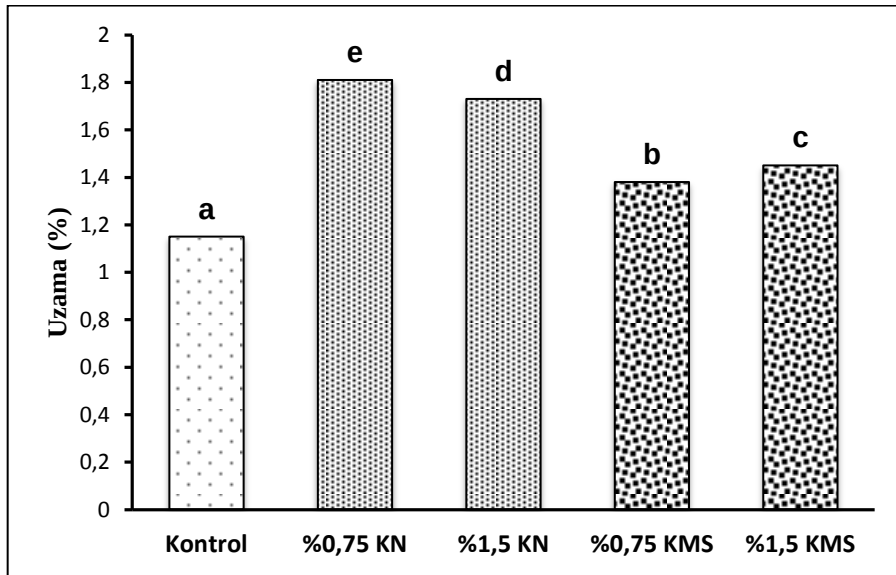
Şekil 38: 85 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin uzama üzerine etkileri.

Şekil 39'da görüldüğü gibi 90 g/m² test liner kağıtlarının uzama değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p < 0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %74,34 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %19,47 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. KN ilaveli kağıtların uzama değerleri KMS ilavesine göre daha yüksek oranda artmıştır.



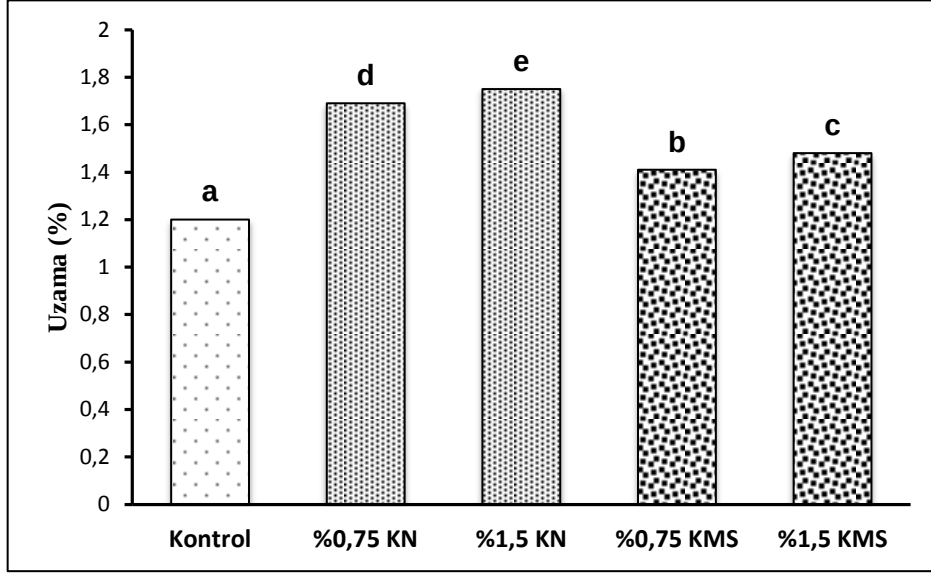
Şekil 39: 90 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin uzama üzerine etkileri.

Şekil 40'da görüldüğü gibi 95 g/m² test liner kağıtlarının uzama değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p < 0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %57,39 ile %0,75 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %20 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. KN ilaveli kağıtların KMS ilaveli kağıtlardan daha yüksek uzama değerleri verdiği görülmüştür. Ayrıca, ilave edilen KN oranının artması kağıdın uzama değerinin olumsuz yönde etkilemiştir.



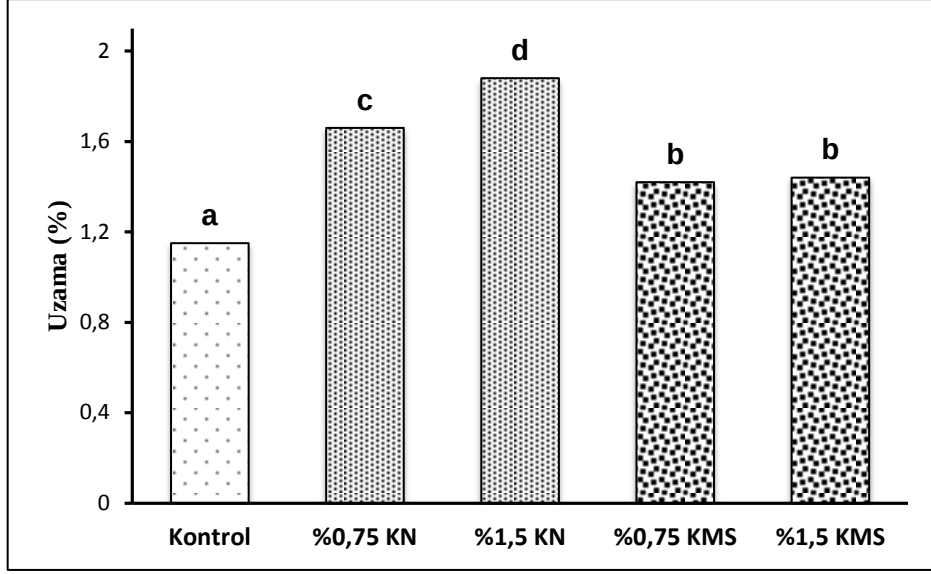
Şekil 40: 95 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin uzama üzerine etkileri.

Şekil 41’de görüldüğü gibi 100 g/m² test liner kağıtlarının uzama değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %45,83 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %17,5 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. KN’nın KMS’a göre kağıdın uzamasında daha belirgin bir etki gösterdiği görülmüştür.



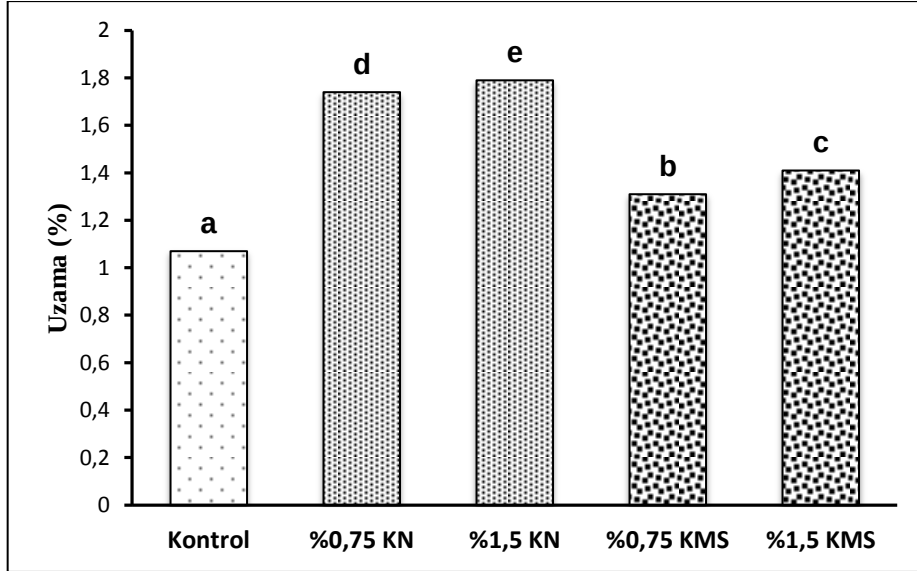
Şekil 41: 100 g/m²’lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS’nin uzama üzerine etkileri.

Şekil 42’de görüldüğü gibi 105 g/m² test liner kağıtlarının uzama değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %63,48 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %23,48 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. KMS ilave oranının artmasıyla kağıdın uzama değerlerinde meydana gelen değişimin istatistiki olarak anlamsız ($p>0,05$) olduğu görülmüştür.



Şekil 42: 105 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin uzama üzerine etkileri.

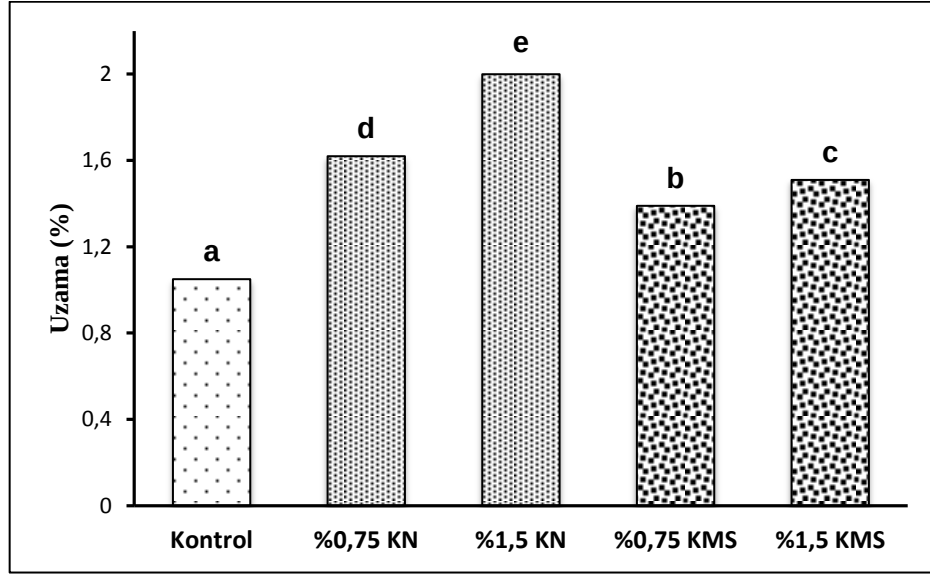
Şekil 43'de görüldüğü gibi 110 g/m² test liner kağıtlarının uzama değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %67,29 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %22,43 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir.



Şekil 43: 110 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin uzama üzerine etkileri.

Şekil 44'de görüldüğü gibi 115 g/m² test liner kağıtlarının uzama değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %90,48 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %32,38 ile %0,75 KMS ilaveli

kağıtlarda tespit edilmiştir. KN ilaveli kağıtların KMS ilaveli kağıtlardan daha yüksek uzama değerlerinde artışlar sağladığı görülmüştür.



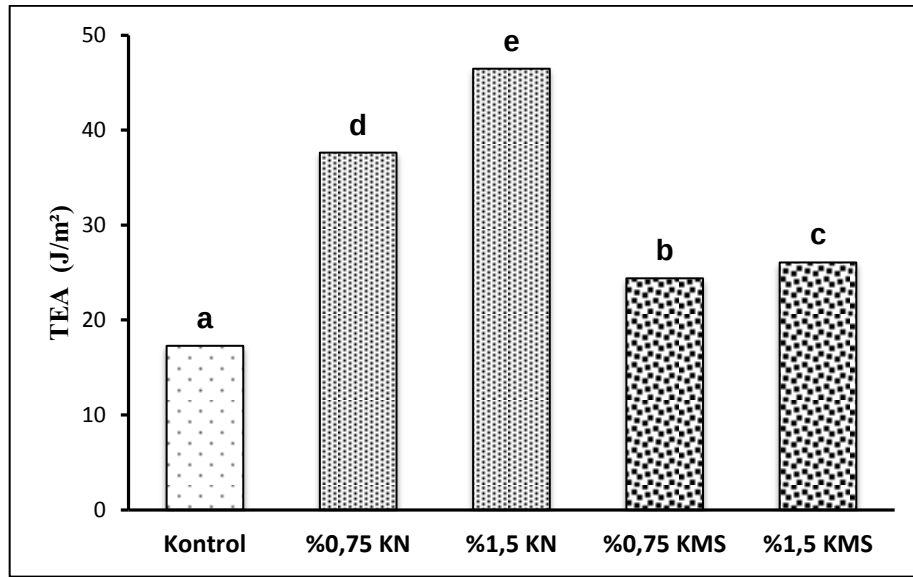
Şekil 44: 115 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin uzama üzerine etkileri.

Bu sonuçlara göre lif süspansiyonuna katılan KN'nın tüm kağıt gramajlarında KMS'den daha yüksek uzama artışlarına neden olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, KN'nın (+) yüklü olması, KMS'nin ise (-) yüklü olmasıyla açıklanabilir. Çünkü lif süspansiyonunda bulunan lifler (-) yüklü oldukları için anyonik KMS'nin liflere tutunması katyonik KN'ya göre oldukça düşüktür. KMS liflere yüzeysel olarak tutunamamakta lifler tarafından absorbe edilmektedir. Lifler birbirleriyle yüzeysel bağ yaptıkları için KMS'nin lif çeperlerine nüfuzu kağıt sağlamlığını önemli derecede etkilememektedir. Ayrıca, KN'nın uzama üzerine etkisinin düşük gramajlı kağıtlarda yüksek gramajlı kağıtlara göre daha belirgin olduğu görülmüştür (Şekil 38 ve Şekil 44).

Ghasemian vd. (2012) %20 atık kağıt ve %80 birincil NSSC hamur karışımlarına %0,5, %1,2, %2 ve %3 oranlarında KN ilave edildiğinde kağıdın uzama değerlerinin %0,83'den sırasıyla %0,84, %1,00, %1,23 ve %1,51'e arttığını tespit etmişlerdir. Gülsoy (2014) ağartılmamış kraft hamuruna %2,25 KN ilave edildiğinde kağıdın uzama değerinin %77 arttığını tespit etmiştir. Benzer uzama artışları çeşitli yazarlar tarafından da rapor edilmiştir (Hamzeh vd., 2013; Gülsoy ve Erentürk).

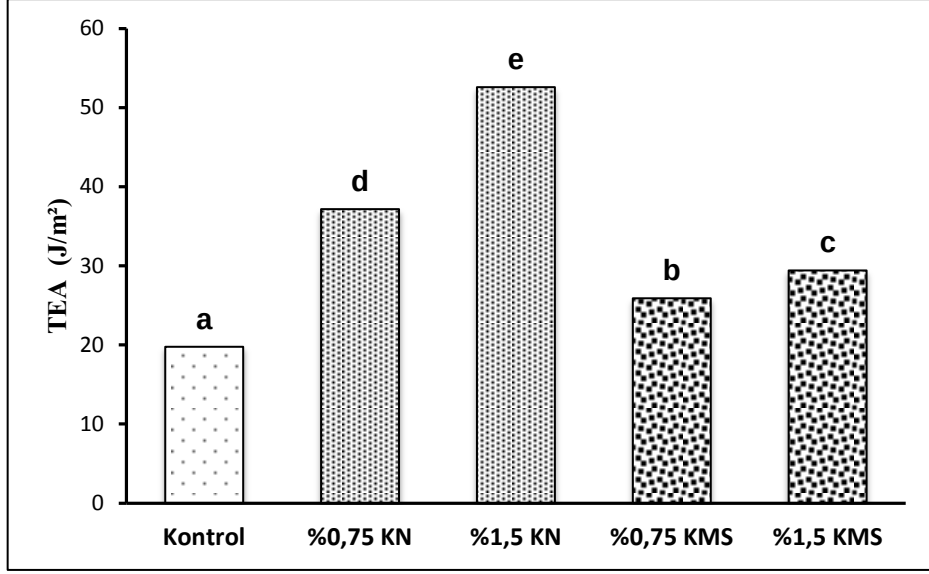
3.3.3 Deneme Kağıtlarının TEA Değerlerine KN ve KMS'nin Etkileri

Şekil 45'de görüldüğü gibi 85 g/m² test liner kağıtlarının TEA değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %169,02 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %58,54 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. KN ilaveli kağıtların KMS ilaveli kağıtlardan daha yüksek TEA değerlerinde artışa neden olduğu görülmüştür.



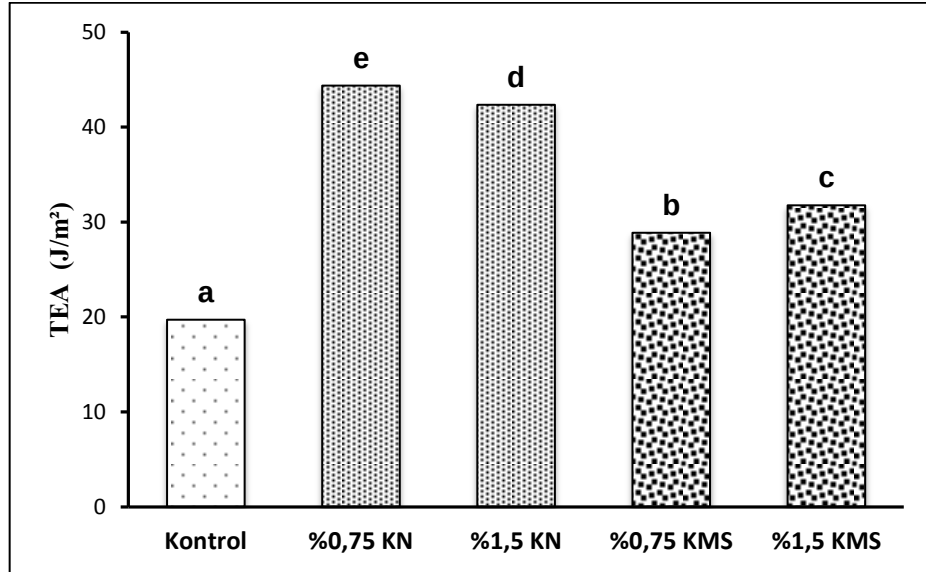
Şekil 45: 85 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin TEA üzerine etkileri.

Şekil 46'da görüldüğü gibi 90 g/m² test liner kağıtlarının TEA değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %166,09 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %31,02 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. Kağıtların TEA değeri açısından KN ilavesinin KMS ilavesinden daha etkili olduğu görülmüştür.



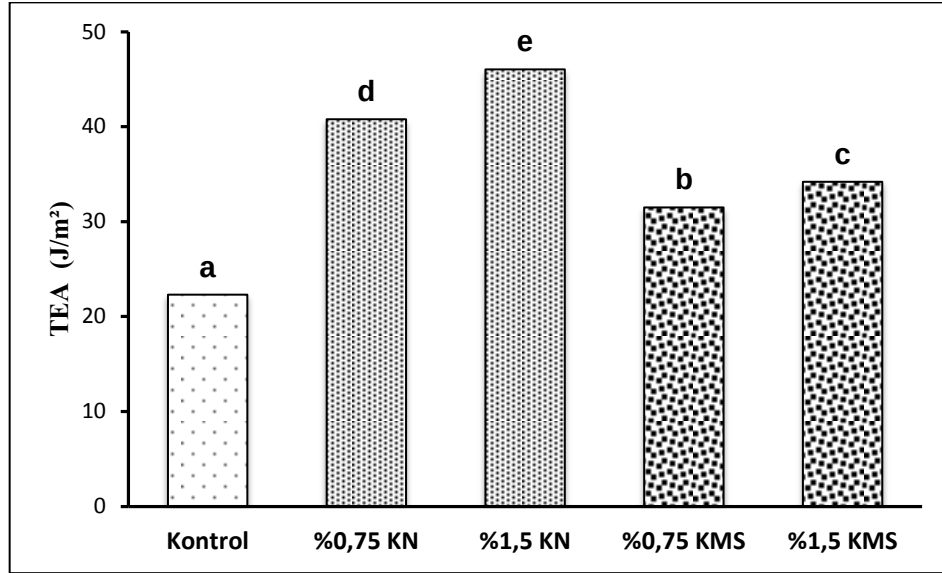
Şekil 46: 90 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin TEA üzerine etkileri.

Şekil 47'de görüldüğü gibi 95 g/m² test liner kağıtlarının TEA değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %125,18 ile %0,75 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %46,50 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. KN ilaveli kağıtların KMS ilaveli kağıtlardan daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. KMS ilaveli oranının %0,75'den %1,5'e artması ile TEA değerinin %10,01 artışı belirlenmiştir. KN ilave oranının %0,75'den %1,5'e artmasıyla TEA değerinin %4,77 azaldığı görülmüştür.



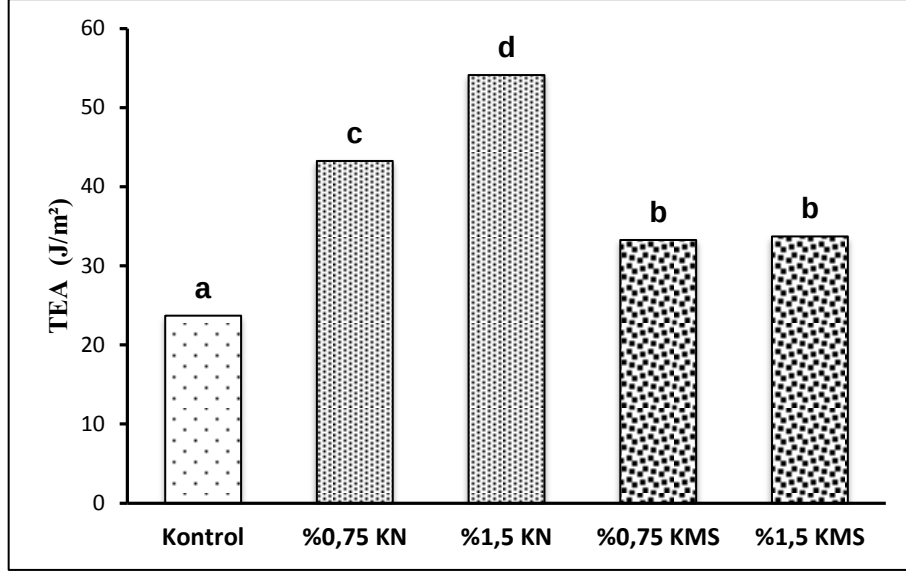
Şekil 47: 95 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin TEA üzerine etkileri.

Şekil 48’de görüldüğü gibi 100 g/m² test liner kağıtlarının TEA değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %106,41 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %41,21 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. KN ilaveli kağıtların KMS ilaveli kağıtlardan daha yüksek TEA değerlerinde artışlara neden olduğu belirlenmiştir.



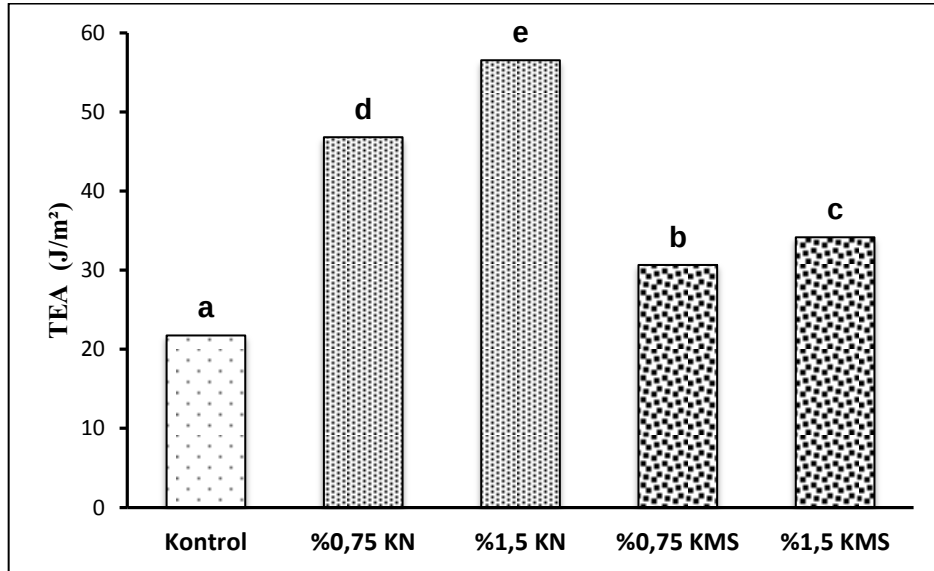
Şekil 48: 100 g/m²’lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS’nin TEA üzerine etkileri.

Şekil 49’da görüldüğü gibi 105 g/m² test liner kağıtlarının TEA değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %128,41 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %40,40 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. İlave edilen KMS oranının artması ile TEA değerlerinde istatistiki olarak anlamsız ($p>0,05$) bir değişim elde edilirken KN ilave oranı ile kağıtların TEA değerleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür.



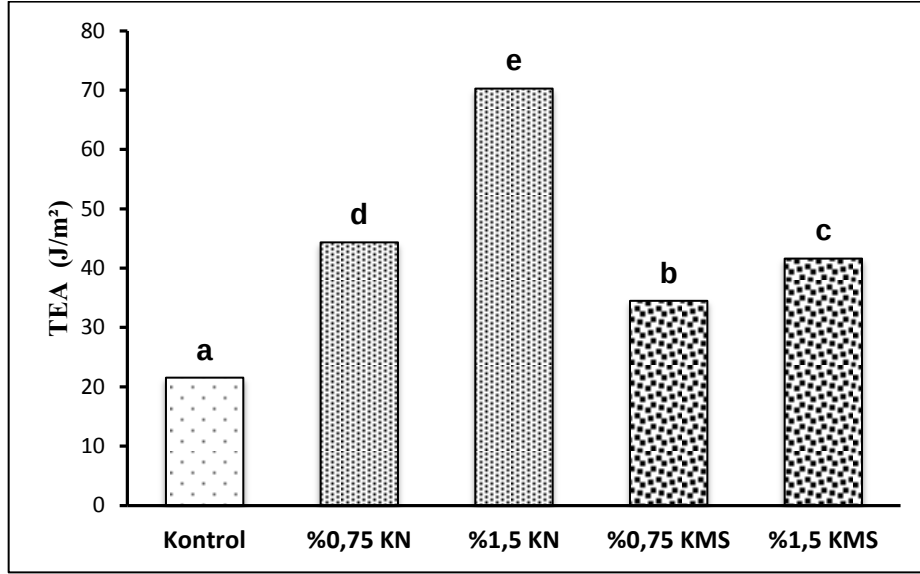
Şekil 49: 105 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin TEA üzerine etkileri.

Şekil 50'de görüldüğü gibi 110 g/m² test liner kağıtlarının TEA değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %159,95 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %40,97 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. Kuru sağlamlık maddesi ilave oranının %0,75'den %1,5'e çıkması KN ilaveli kağıtlarda %20,79, KMS ilaveli kağıtlarda ise %11,42 TEA artışı ile sonuçlanmıştır.



Şekil 50: 110 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin TEA üzerine etkileri.

Şekil 51’de görüldüğü gibi 115g/m² test liner kağıtlarının TEA değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %225,97 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %60,07 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. Kuru sağlamlık maddesi ilave oranının %0,75’den %1,5’e çıkması KN ilaveli kağıtlarda %58,43, KMS ilaveli kağıtlarda ise %20,63 TEA artışı ile sonuçlanmıştır.



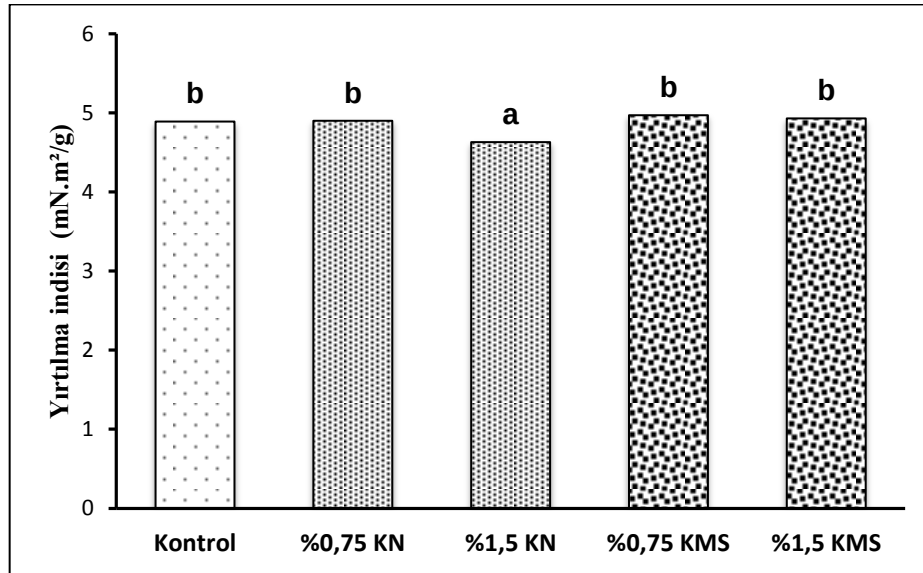
Şekil 51: 115 g/m²’lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS’nin TEA üzerine etkileri.

Bu sonuçlara göre, lif süspansiyonuna katılan KN’nın tüm kağıt gramajlarında KMS’den daha yüksek TEA artışlarına neden olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca KN’nın TEA üzerine etkisinin düşük gramajlı kağıtlarda yüksek gramajlı kağıtlara göre daha belirgin olduğu belirlenmiştir (Şekil 45 ve Şekil 51).

Gülsoy (2014) ağartılmamış kraft hamuruna %2,25 KN ilave edildiğinde kağıdın TEA değerinin 30,66 J/m²’den 88,57 J/m²’ye arttığını tespit etmiştir. Ghasemian vd. (2012) %20 atık kağıt ve %80 birincil NSSC hamur karışımlarına %0,5, %1,2, %2 ve %3 oranlarında KN ilave edildiğinde kağıdın TEA değerlerinin 66,5 J/m²’den sırasıyla 67,9 J/m², 130,2 J/m², 150,2 J/m² ve 160,5 J/m²’ye ulaştığını belirtmişlerdir. Gülsoy ve Erentürk ağartılmamış kraft hamuruna %0,75 KN ilave edildiğinde kağıdın TEA değerinin 167,10 J/m²’den 186,30 J/m²’ye arttığını tespit etmişlerdir. Bu artışlar, KN ilavesi ile liflerin nispi bağlanma alanındaki artışlara atfedilebilir (Fermento vd., 1994).

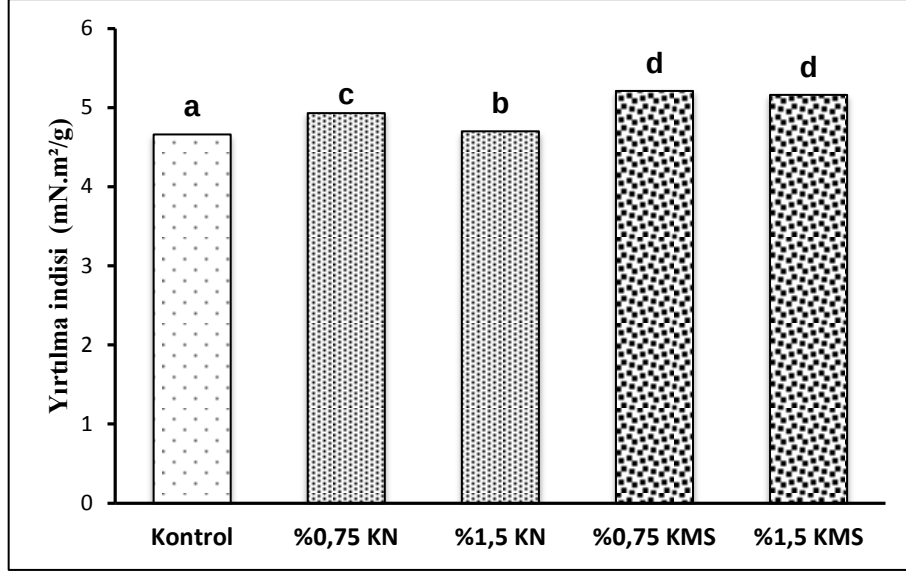
3.3.4 Deneme Kağıtlarının Yırtılma İndisi Değerlerine KN ve KMS'nin Etkileri

Şekil 52'de görüldüğü gibi 85 g/m² test liner kağıtlarının yırtılma indisi değerleri hem %0,75 KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamsız ($p>0,05$) derecede değişimler olduğu gözlenmektedir. %1,5 KN ilaveli kağıtlarda kontrol kağıtlarına göre yırtılma indisi değerlerinde azalma tespit edilmiştir. En yüksek artış %1,64 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda görülürken, %1,5 KN ilaveli kağıtlarda %5,32 azalma tespit edilmiştir. KN ilave oranı artığında kağıtların yırtılma indisi değerleri istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede azalırken, KMS ilaveli kağıtlarda ise bu azalışın istatistiki olarak anlamsız ($p>0,05$) derecede olduğu görülmüştür.



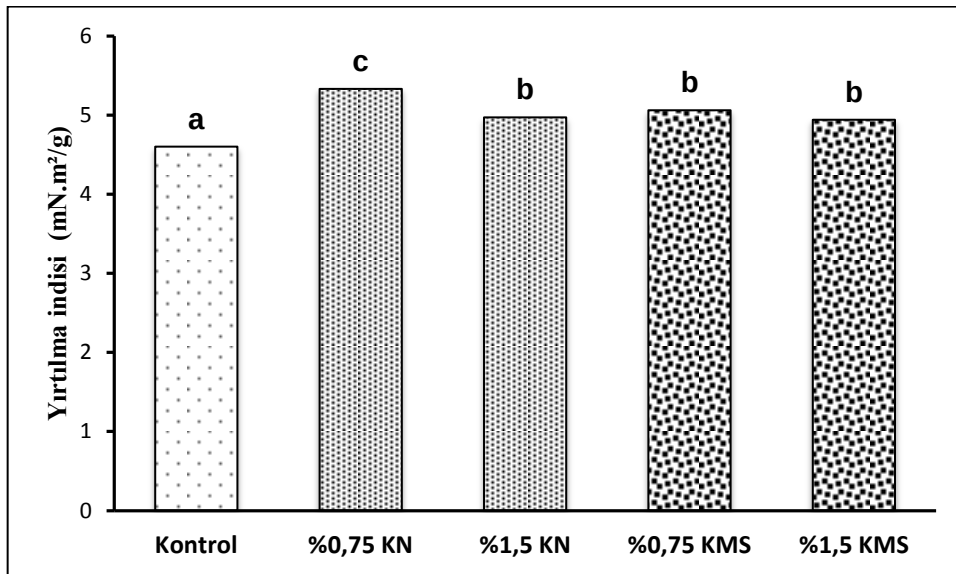
Şekil 52: 85 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin yırtılma indisi üzerine etkileri.

Şekil 53'de görüldüğü gibi 90g/m² test liner kağıtlarının yırtılma indisi değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %11,80 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %0,86 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. KMS ilaveli kağıtların yırtılma indisi değerleri KN ilaveli kağıtlardan daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre lif süspansiyonuna katılan KMS'nin 90g/m² kağıt gramajlarında KN'dan daha yüksek yırtılma indisi artışlarına neden olduğu görülmektedir.



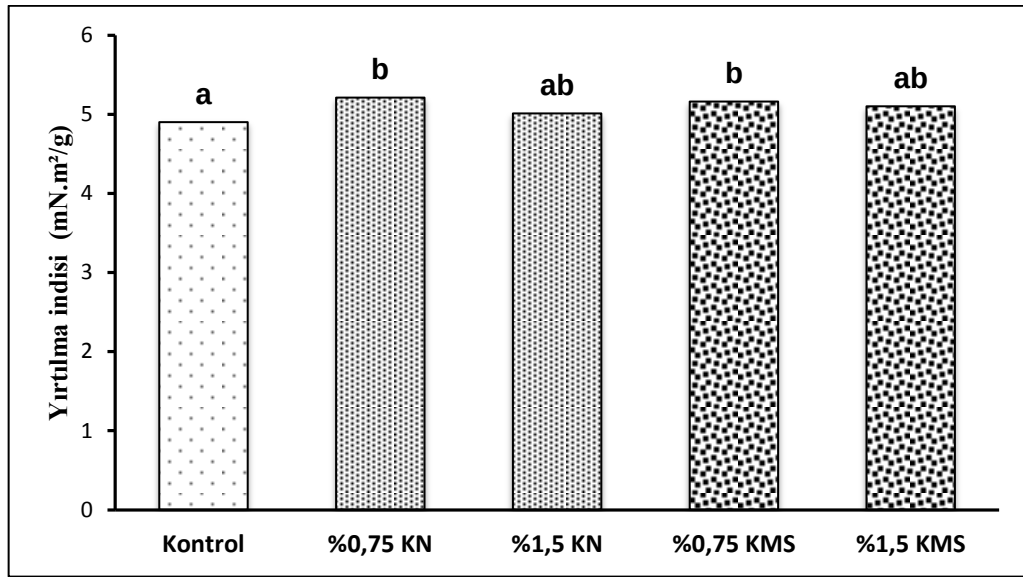
Şekil 53: 90 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin yırtılma indisi üzerine etkileri.

Şekil 54'de görüldüğü gibi 95 g/m² test liner kağıtlarının yırtılma indisi değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p < 0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %15,87 ile %0,75 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %7,39 ile %1,5 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. KN ilaveli kağıtların yırtılma indisi değerleri KMS ilaveli kağıtlardan daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. %1,5 KMS ve %1,5 KN ilaveli kağıtların yırtılma indisi değerlerinde %0,75 KMS ve %0,75 KN ilaveli kağıtlara göre azalma tespit edilmiştir.



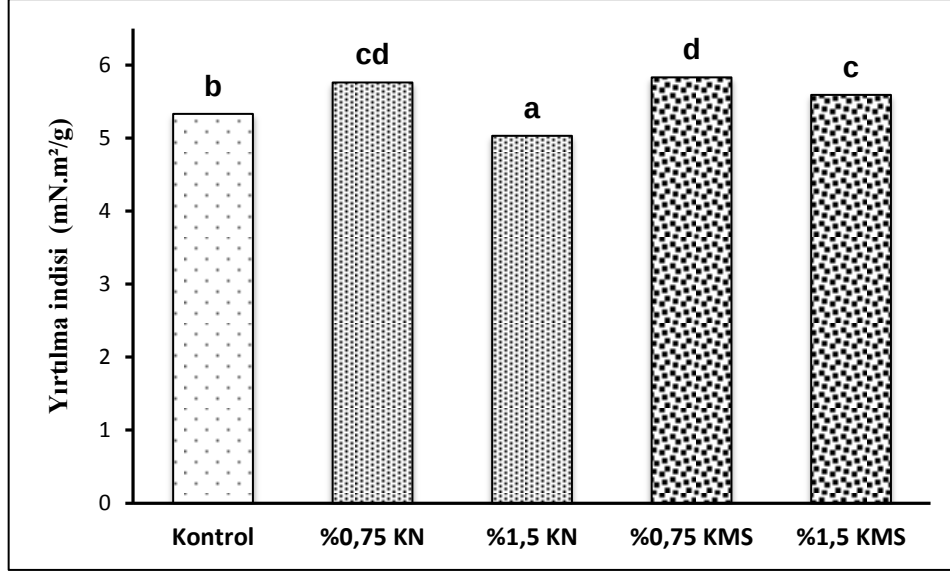
Şekil 54: 95 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin yırtılma indisi üzerine etkileri.

Şekil 55’de görüldüğü gibi 100 g/m² test liner kağıtlarının yırtılma indisi değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %6,33 ile %0,75 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %2,25 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. KMS ilaveli kağıtların yırtılma indisi değerleri KN ilaveli kağıtlardan daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. %1,5 KMS ve %1,5 KN ilaveli kağıtların yırtılma indisi değerlerinde %0,75 KMS ve %0,75 KN ilaveli kağıtlara göre azalma tespit edilmiştir



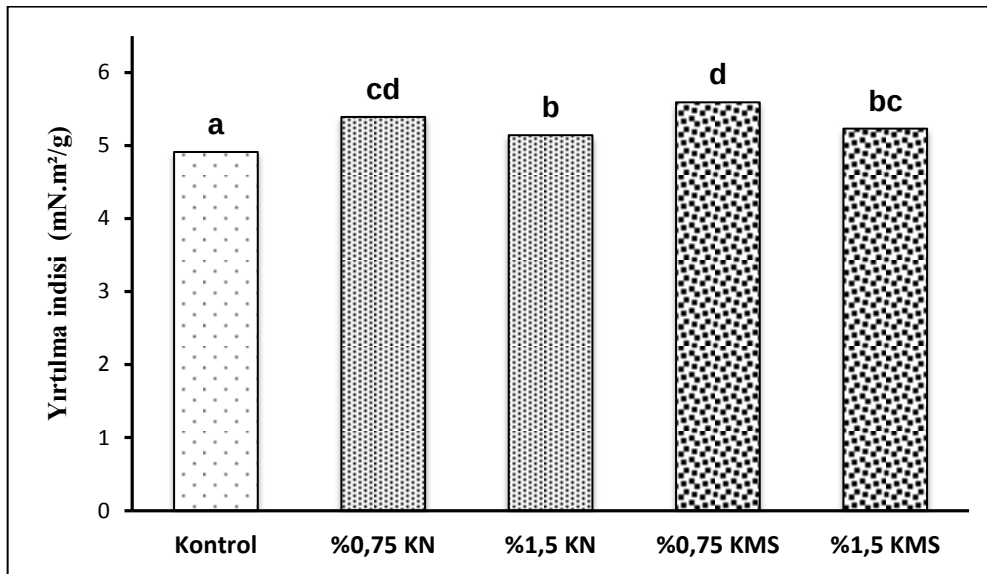
Şekil 55: 100 g/m²’lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS’nin yırtılma indisi üzerine etkileri.

Şekil 56’da görüldüğü gibi 105 g/m² test liner kağıtlarının yırtılma indisi değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %9,38 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda görülürken, %5,63 azalma %1,5 KN ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. KMS ilaveli kağıtların yırtılma indisi değerleri KN ilaveli kağıtlardan daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. %1,5 KMS ve %1,5 KN ilaveli kağıtların yırtılma indisi değerlerinde %0,75 KMS ve %0,75 KN ilaveli kağıtlara göre azalma tespit edilmiştir.



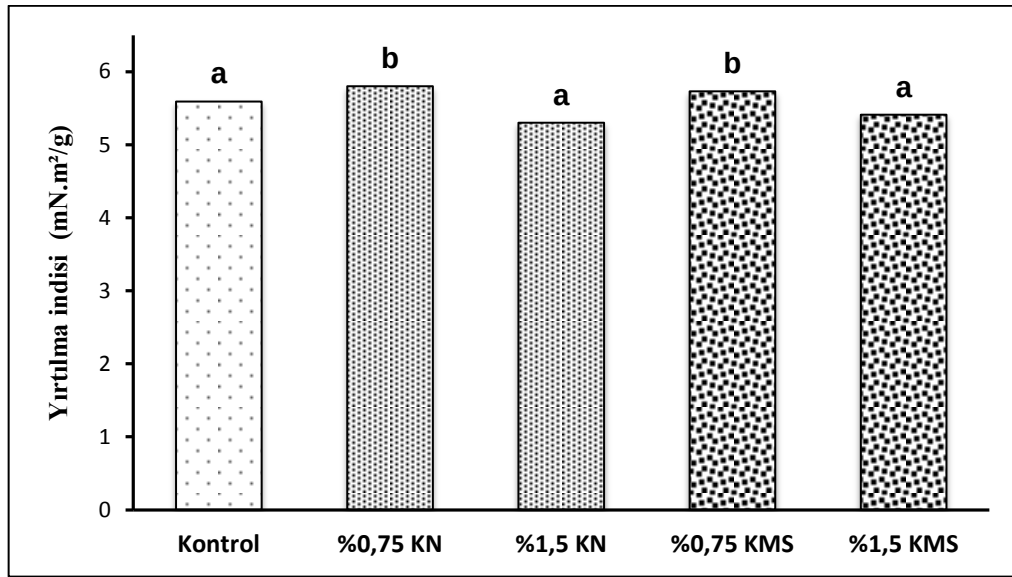
Şekil 56: 105 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin yırtılma indisi üzerine etkileri.

Şekil 57'de görüldüğü gibi 110 g/m² test liner kağıtlarının yırtılma indisi değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p < 0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %13,85 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %4,68 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. KMS ilaveli kağıtların yırtılma indisi değerleri KN ilaveli kağıtlardan daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. %1,5 KMS ve %1,5 KN ilaveli kağıtların yırtılma indisi değerlerinde %0,75 KMS ve %0,75 KN ilaveli kağıtlara göre azalma tespit edilmiştir.



Şekil 57: 110 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin yırtılma indisi üzerine etkileri.

Şekil 58’de görüldüğü gibi 115 g/m² test liner kağıtlarının yırtılma indisi değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %9,64 ile %0,75 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %0,19 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. KMS ilaveli kağıtların yırtılma indisi değerleri KN ilaveli kağıtlardan daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. %1,5 KMS ve %1,5 KN ilaveli kağıtların yırtılma indisi değerlerinde %0,75 KMS ve %0,75 KN ilaveli kağıtlara göre azalma tespit edilmiştir.



Şekil 58: 115g/m²’lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS’nin yırtılma indisi üzerine etkileri.

Bu sonuçlara göre, lif süspansiyonuna %0,75 oranında kuru sağlamlık maddesi ilavesinin kağıtların yırtılma indisi üzerine etkisinin %1,5 oranında kuru sağlamlık maddesi ilavesine göre daha etkili olduğu belirlenmiştir.

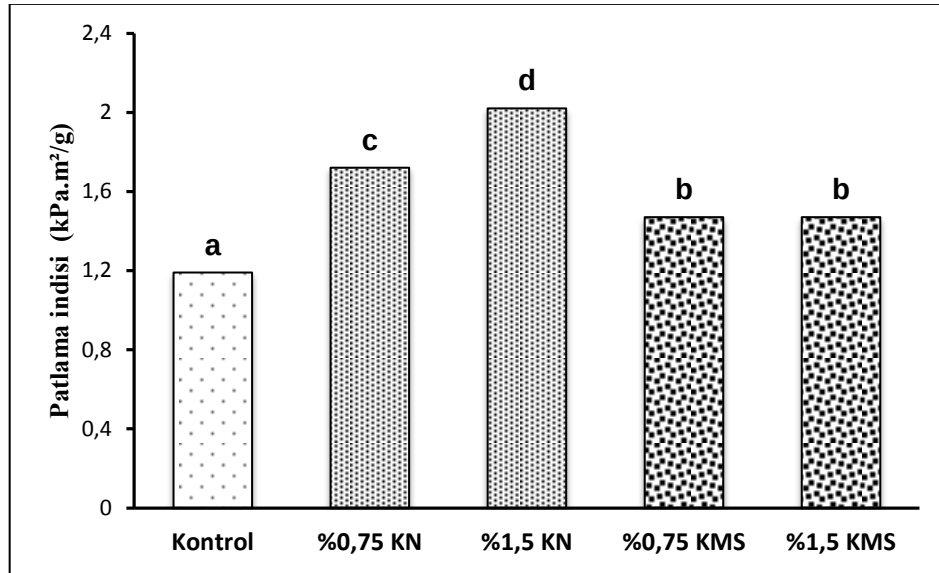
Ghasemian vd. (2012) %20 atık kağıt ve %80 birincil NSSC hamur karışımlarına %0,5, %1,2, %2 ve %3 oranlarında KN ilave edildiğinde kağıdın yırtılma indisi değerlerinin 7,1 mN.m²/g’den sırasıyla 7,8 mN.m²/g, 9,9 mN.m²/g, 13,4 mN.m²/g ve 16,0 mN.m²/g’a arttığını tespit etmişlerdir. Gülsoy ve Erentürk ağartılmamış çam kraft hamuruna %0,75, KN ilave edildiğinde kağıdın yırtılma indisi değerlerinin 5,71 mN.m²/g’den 6,00 mN.m²/g’a arttığını rapor etmişlerdir. Diğer taraftan, Gülsoy (2014) ağartılmamış kraft hamuruna %2,25 KN ilave edildiğinde kağıdın yırtılma indisinin %8 oranında azaldığını

belirtmiştir (Laleg vd., 1990). Benzer yırtılma indisinin kayıpları Ghasemian vd., (2012) tarafından da rapor edilmiştir.

Blomstedt ve Vourinen (2007) ağartılmış ladin kraft hamuruna %1 KMS ilave edildiğinde kağıtların yırtılma indisinin 21,2 mN.m²/g'dan 12,7 mN.m²/g'a azaldığını (%40,09 azalma) tespit etmişlerdir. Kontturi vd. (2008) ladin kraft hamurunun oksijen delignifikasyonu esnasında %1 KMS kullanıldığında kağıtların yırtılma indisinin %25 arttığını belirtmişlerdir. Fatehi vd. (2010) ağartılmış sülfite hamuruna çitozan ve KMS ilave edildiğinde örneklerin yırtılma indisi değerlerinin sadece çitozan ilave edilen örneklerden daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

3.3.5 Deneme Kağıtlarının Patlama İndisi Değerlerine KN ve KMS'nin Etkileri

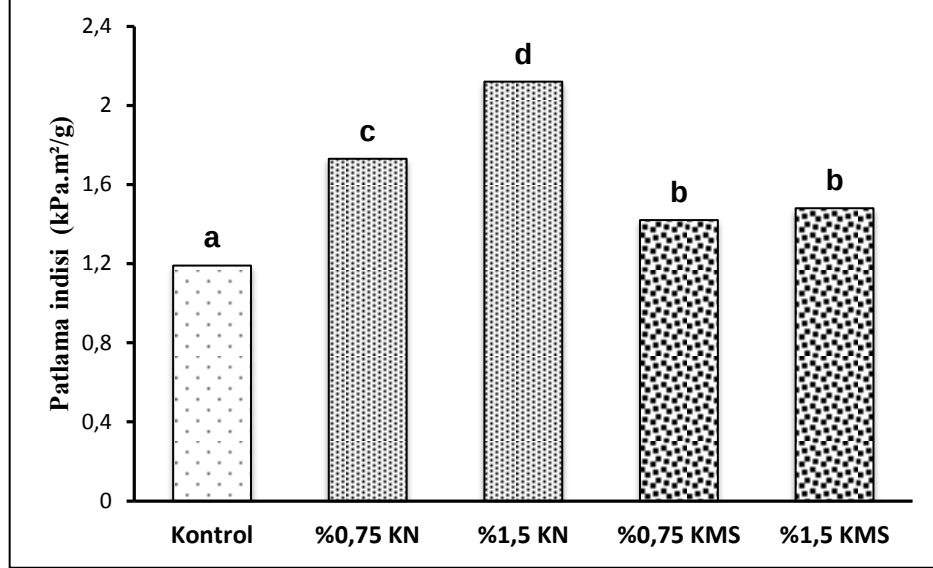
85 g/m² test liner kağıtlarının patlama indisi değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır (Şekil 59). En yüksek artış %69,75 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %23,53 ile %0,75 KMS ve %1,5KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. KN ilaveli kağıtların patlama indisi değerleri KMS ilaveli kağıtlardan daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.



Şekil 59: 85 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin patlama indisi üzerine etkileri.

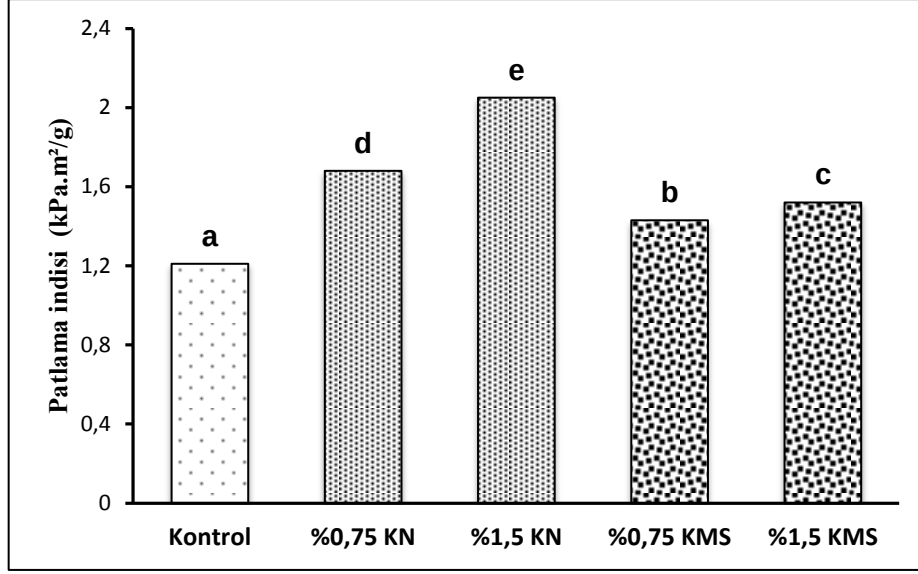
Şekil 60'da görüldüğü gibi 90 g/m² test liner kağıtlarının patlama indisi değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek

artış %78,15 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %17,65 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. KN ilaveli kağıtların patlama indisi değerleri KMS ilaveli kağıtlardan daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.



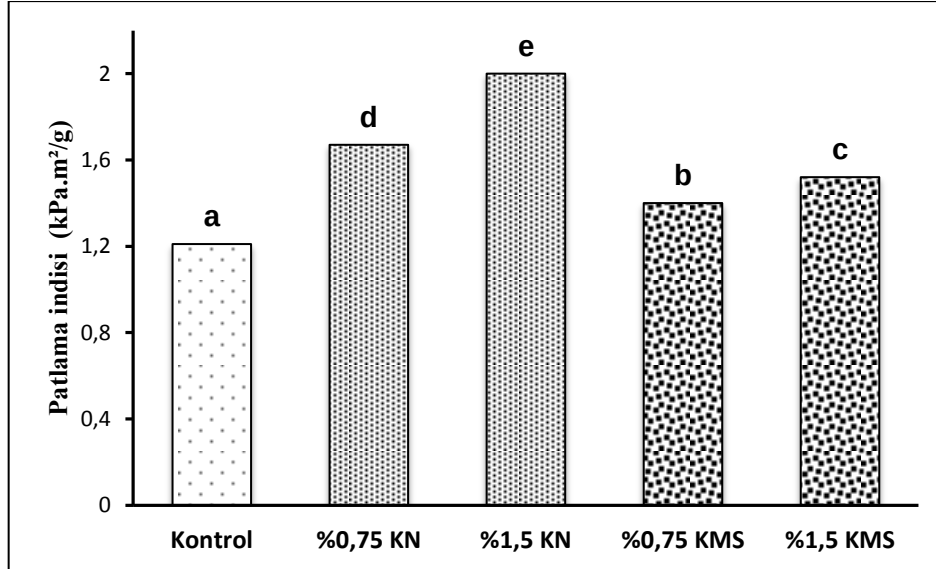
Şekil 60: 90 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin patlama indisi üzerine etkileri.

Şekil 61'de görüldüğü gibi 95g/m² test liner kağıtlarının patlama indisi değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p < 0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %69,42 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %18,18 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. KN ilaveli kağıtların patlama indisi değerleri KMS ilaveli kağıtlardan daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.



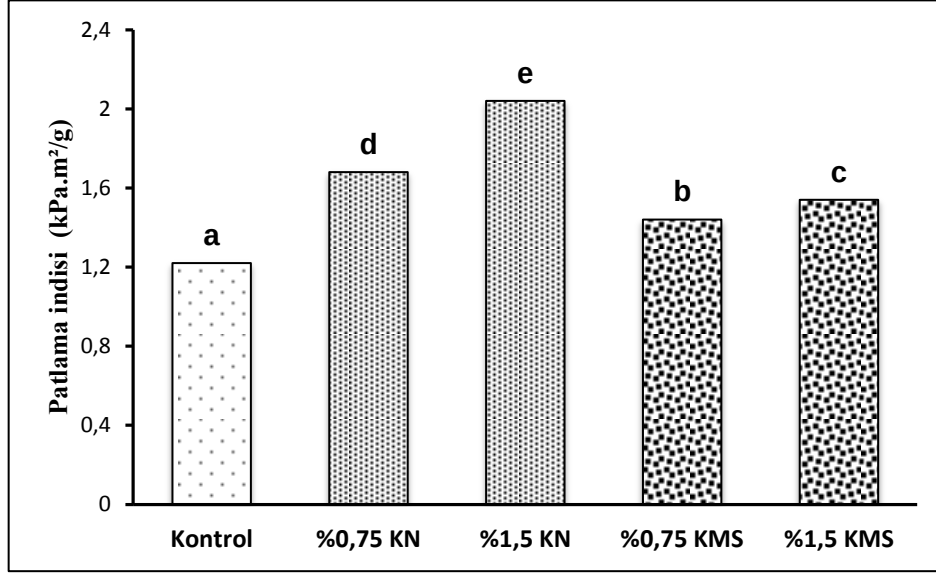
Şekil 61: 95 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin patlama indisi üzerine etkileri.

Şekil 62'de görüldüğü gibi 100 g/m² test liner kağıtlarının patlama indisi değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p < 0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %65,29 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %15,70 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. KN ilaveli kağıtların patlama indisi değerleri KMS ilaveli kağıtlardan daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.



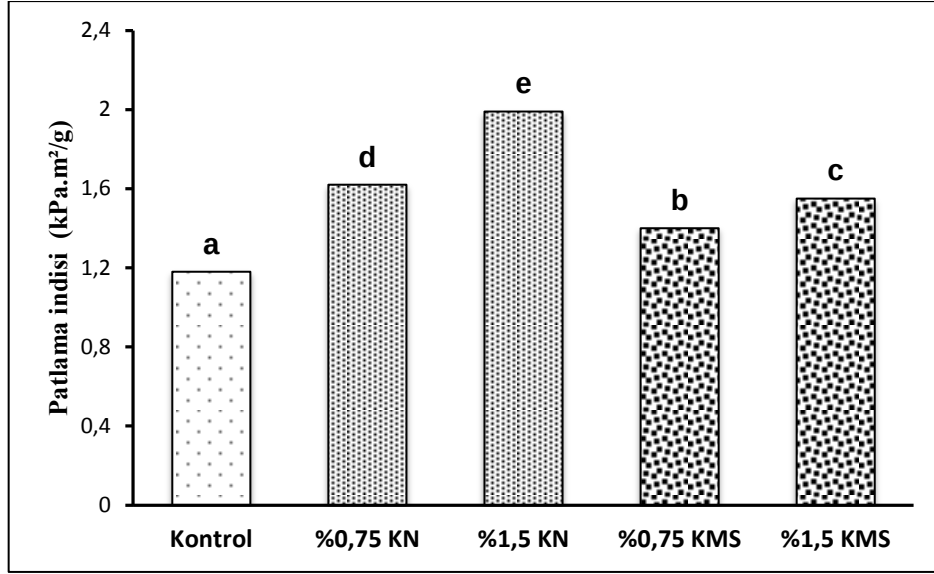
Şekil 62: 100 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin patlama indisi üzerine etkileri.

Şekil 63’de görüldüğü gibi 105g/m² test liner kağıtlarının patlama indisi değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %67,21 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %18,03 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. KN ilaveli kağıtların patlama indisi değerleri KMS ilaveli kağıtlardan daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.



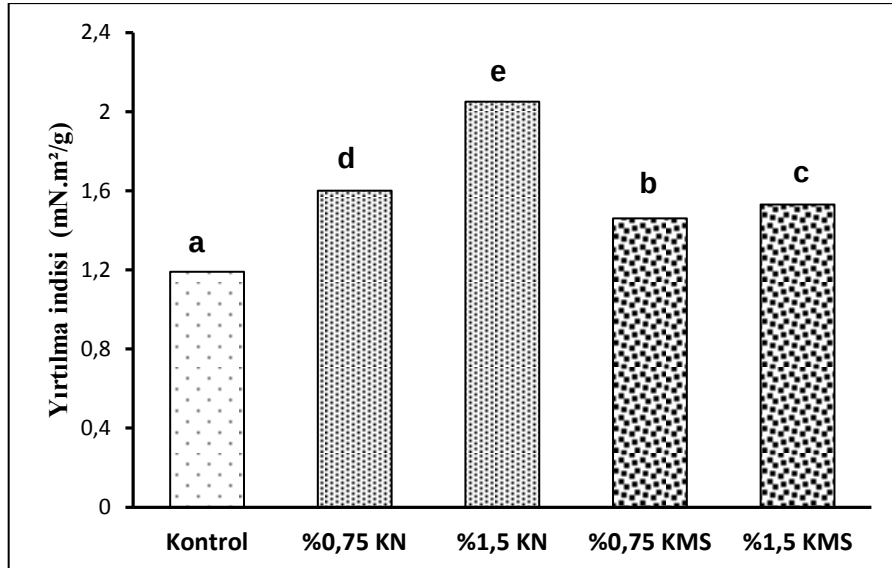
Şekil 63: 105 g/m²’lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS’nin patlama indisi üzerine etkileri.

Şekil 64’de görüldüğü gibi 110 g/m² test liner kağıtlarının patlama indisi değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artmıştır. En yüksek artış %68,64 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %18,64 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. KN ilaveli kağıtların patlama indisi değerleri KMS ilaveli kağıtlardan daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.



Şekil 64: 110 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin patlama indisi üzerine etkileri.

115 g/m² test liner kağıtlarının patlama indisi değerleri hem KN hem de KMS ilavesi ile istatistiki olarak anlamlı ($p < 0,05$) derecede artmıştır (Şekil 65). En yüksek artış %72,27 ile %1,5 KN ilaveli kağıtlarda, en düşük artış ise %22,69 ile %0,75 KMS ilaveli kağıtlarda tespit edilmiştir. KN ilaveli kağıtların patlama indisi değerleri KMS ilaveli kağıtlardan daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.



Şekil 65: 115 g/m²'lik deneme kağıtlarına katılan KN ve KMS'nin patlama indisi üzerine etkileri.

Bu sonuçlara göre, lif süspansiyonuna katılan KN'nın tüm kağıt gramajlarında KMS'den daha yüksek patlama indisi artışlarına neden olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, kullanılan KN'nın oranının artmasıyla meydana gelen patlama indisi artış oranlarının KMS ile elde edilene göre daha belirgin olduğu belirlenmiştir.

Lim vd. (1992) ağartılmış kraft hamuruna %0,45, %0,91 ve %1,82 oranlarında katyonik yulaf nişastası ilave ettiklerinde kağıtların patlama indisinin 2 kPa.m²/g'dan sırasıyla 2,2 kPa.m²/g, 2,5 kPa.m²/g ve 2,8 kPa.m²/g'a arttığını tespit etmişlerdir. Gülsoy (2014) ağartılmamış kraft hamuruna %0,75, %1,5 ve %2,25 KN ilave edildiğinde kağıdın patlama indisi değerlerinin sırasıyla %177, %262 ve %278 oranında arttığını tespit etmiştir. Gülsoy ve Erentürk ağartılmamış çam kraft hamuruna %0,75 KN ilave edildiğinde kağıdın patlama indisi değerlerinin sırasıyla %12,56 oranında arttığını tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar daha önce yapılan çalışmalar ile uyum göstermektedir (Ghasemian vd., 2012, Laleg vd., 1990). Artan patlama indisi KN ilavesiyle liflerin nispi bağlanma alanlarındaki artış ile açıklanabilir (Moeller vd 1966; Brouwer vd., 1998; Spence vd., 1999).

Heydari vd. (2013) atık kağıt liflerine %1 KMS ilave ettiklerinde kağıtların patlama indisinin 4,50 kPa.m²/g'dan 5,69 kPa.m²/g'a arttığını (%26,44 artma) tespit etmişlerdir. Fatehi vd. (2010) ağartılmış sülfite hamuruna çitozan ve KMS ilave edildiğinde örneklerin patlama indisi değerlerinin sadece çitozan ilave edilen örneklerden daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

BÖLÜM 4

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada ağartılmamış atık kağıt liflerinden 85-90-95-100-105-110 ve 115 g/m²'lik test liner kağıtları elde edilerek gramajın kağıdın sağlamlık özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Ayrıca, belirtilen 7 farklı gramajdaki kağıtların üretimleri esnasında lif süspansiyonna %0,75 ve %1,5 oranında KN veya KMS ilave edilerek farklı gramajlardaki test liner kağıtlarının sağlamlık özellikleri üzerine KN ve KMS ilavelerinin etkileri belirlenmiştir.

Atık kağıt liflerinden kuru sağlamlık maddesi ilaveli ve ilavesiz 85, 90, 95, 100, 105, 110 ve 115 g/m² gramajlarda yapılan test liner deneme kağıtlarının kopma indisi değerlerinde gramaj değişimiyle istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artış ve azalışlar tespit edilmiştir. Tüm gramajlarda kontrol (kuru sağlamlık maddesi ilavesiz) kağıtlarının kopma indisi değerleri, aynı gramajdaki %0,75 KN, %1,5 KN, %0,75 KMS ve %1,5 KMS ilaveli deneme kağıtların kopma indisi değerlerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. En yüksek kopma indisi artışı %51,99 ile %1,5 KN ilaveli 85 g/m²'lik kağıtlarda tespit edilmiştir. KN ilaveli kağıtların kopma indisi değerlerinin KMS ilaveli kağıtlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Atık kağıt liflerinden kuru sağlamlık maddesi ilaveli ve ilavesiz 85, 90, 95, 100, 105, 110 ve 115 g/m² gramajlarda yapılan test liner deneme kağıtlarının uzama değerlerinde gramaj değişimiyle istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artış ve azalışlar tespit edilmiştir. Tüm gramajlarda kontrol kağıtlarının uzama değerleri, aynı gramajdaki %0,75 KN, %1,5 KN, %0,75 KMS ve %1,5 KMS ilaveli deneme kağıtların uzama değerlerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. En yüksek uzama artışı %74,34 ile %1,5 KN ilaveli 90 g/m²'lik kağıtlarda tespit edilmiştir. KN ilaveli kağıtların uzama değerlerinin KMS ilaveli kağıtlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Atık kağıt liflerinden kuru sağlamlık maddesi ilaveli ve ilavesiz 85, 90, 95, 100, 105, 110 ve 115 g/m² gramajlarda yapılan test liner deneme kağıtlarının TEA değerlerinde gramaj değişimiyle istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) derecede artış ve azalışlar tespit edilmiştir.

Tüm gramajlarda kontrol kağıtlarının TEA değerleri, aynı gramajdaki %0,75 KN, %1,5 KN, %0,75 KMS ve %1,5 KMS ilaveli deneme kağıtların TEA değerlerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. En yüksek TEA artışı %166,09 ile %1,5 KN ilaveli 90 g/m²'lik kağıtlarda tespit edilmiştir. KN ilaveli kağıtların TEA değerlerinin KMS ilaveli kağıtlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Atık kağıt liflerinden kuru sağlamlık maddesi ilaveli ve ilavesiz 85, 90, 95, 100, 105, 110 ve 115 g/m² gramajlarda yapılan test liner deneme kağıtlarında gramaj artışı ile kağıtların yırtılma indisi değerlerinin KN ve KMS ilaveli kağıtlarda arttığı tespit edilmiştir. 85 ve 105 g/m² kağıtlarda %1,5 KN ilavesinin kağıdın yırtılma indisi değerlerinin kontrol örneğine göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Diğer tüm örneklerde kağıtların yırtılma indisi kontrol örneğinden daha yüksek yırtılma indisine sahip olduğu tespit edilmiştir. En yüksek yırtılma indisi artışı %15,87 ile %0,75 KN ilaveli 95 g/m²'lik kağıtlarda belirlenmiştir.

Atık kağıt liflerinden kuru sağlamlık maddesi ilaveli ve ilavesiz 85, 90, 95, 100, 105, 110 ve 115 g/m² gramajlarda yapılan test liner deneme kağıtlarının patlama indisi değerlerinde gramaj değişimiyle istatistiki olarak anlamlı ($p < 0,05$) derecede artış ve azalışlar tespit edilmiştir. Tüm gramajlarda kontrol kağıtlarının patlama indisi değerleri, aynı gramajdaki %0,75 KN, %1,5 KN, %0,75 KMS ve %1,5 KMS ilaveli deneme kağıtların patlama indisi değerlerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. En yüksek patlama indisi artışı %78,15 ile %1,5 KN ilaveli 90 g/m²'lik kağıtlarda tespit edilmiştir. KN ilaveli kağıtların patlama indisi değerlerinin KMS ilaveli kağıtlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak, kağıtların uzama ve TEA değerlerinin gramaj artışları ile arttığı tespit edilmiştir. Kopma ve yırtılma indisi değerlerinin gramaj artışı ile doğrusal olmayan bir değişim gösterdiği belirlenmiştir. Diğer taraftan, patlama indisi değerlerinin gramaj değişiminden etkilenmediği tespit edilmiştir.

Tüm kağıt gramajlarında, kağıdın sağlamlığının KN ve KMS ilaveleri ile arttığı tespit edilmiştir. En yüksek sağlamlık artışı %1,5 KN ilaveli örneklerde belirlenmiştir. Diğer taraftan, kuru sağlamlık maddesi ilavesinin kağıdın sağlamlık özelliklerine etkisinin düşük gramajlı kağıtlarda (85 ve 90 g/m²) yüksek gramajlı kağıtlardan (110 ve 115 g/m²) daha belirgin olduğu tespit edilmiştir.

Farklı gramajlardaki kağıtların sağlamlık özellikleri üzerine KN, KMS ve diğer kuru sağlamlık maddelerinin etkileri farklı birincil lif kaynaklarında (çam, kavak v.b.) veya farklı hamur tiplerinde (kimyasal kağıt hamuru, mekanik kağıt hamuru, dövülmüş ve dövülmemiş kağıt hamuru, ağartılmış ve ağartılmamış kağıt hamuru) incelenebilir.

KAYNAKLAR

- Adamopoulos, S., Passialis, C., Voulgaridis, E. ve Oliver Villanuev, J.V. (2014). Grammage and structural density as quality indexes of packaging grade paper manufactured from recycled pulp. *Drewno*, 57(191): 145-151.
- Alinec, B., Lebreton, R., ve St.-Amour, S. (1990). Using cationic starch in filled papers. *Tappi Journal*, 73(3): 191-193.
- Auhorn, W. J. (2006). Chemical additives, in: Holik, H. (Ed.), *Handbook of Paper and Board*, Wiley-Vch, Weinheim, pp. 62–149.
- Bajpai, P. (2014). *Recycling and Deinking of Recovered Paper*. Elsevier, Patiala, India.
- Bayraktar, F. (2004). *Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş. Kağıda Dayalı Ambalaj Malzemeleri Sektör Araştırması*. SA-04-7-22 Araştırma Müdürlüğü, Aralık, Ankara.
- Beaudoin, R., Gratton, R., ve Turcotte, R. (1995). Performance of wet-end cationic starches in maintaining good sizing at high conductivity levels in alkaline fine paper. *Journal of Pulp and Paper Science*, 21(7): J238-J243.
- Beghello, L., Long, L.Y. ve Eklund, D. (1997). Laboratory study on CMC as a wet-end additive in paperboard making. *Paperi Ja Puu*, 79(1): 55-57.
- Bhatt, G.R., Heitmann, J.A., ve Joyce, T.W. (1991). Novel techniques for enhancing the strength of secondary fiber. *Tappi Journal*, 74(9): 151-157.
- Biermann, C.J. (1993). *Essentials of Pulping and Papermaking*. Academic Press, Inc. San Diego, CA.
- Blomstedt, M., Kontturi, E. ve Vuorinen, T. (2007). Optimising CMC sorption in order to improve tensile stiffness of hardwood pulp sheets. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 22(3): 336-342.
- Blomstedt, M. (2007). Modification of Cellulosic Fibers by Carboxymethyl Cellulose - Effects on Fiber and Sheet Properties. Doctoral Thesis, Helsinki University of Technology, Laboratory of Forest Products Chemistry, Reports Series A 27, Espoo, Finland.
- Blomstedt, M. ve Vuorinen, T. (2007). Modification of softwood kraft pulp with carboxymethyl cellulose and cationic surfactants. *Journal of Wood Science*, 53(3): 223-228.
- Brancato, A.A. (2008). Effect of Progressive Recycling on Cellulose Fiber Surface Properties. Ph. D Theses, Georgia Institute of Technology, USA, pp. 112.
- Brandon, C.E. (1966). Effect of basis weight on folding endurance. *Tappi Journal*. 49: 233-235.

- Brännvall, E. ve Annergren, G., (2009). Pulp characterization. In: Ek, M., Gellerstedt, G., Henriksson, G. (Eds.). *Pulp and Paper Chemistry and Technology Volume 2*. Berlin: Walter de Gruyter, pp. 429-459.
- Brouwer, P. H., Johnson, M. A., Olsen, R. H. (1998). Starch and retention, in: Gess, J. M. (Ed.), *Retentions of Fines and Fillers During Papermaking*, Tappi Press, Atlanta, pp. 199–242.
- 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.
- Burgess, W.H. (1970). Effect of basis weight on tensile strength. *Tappi Journal*, 53: 1680-1682.
- Burrell, M.M. (2003). Starch: the need for improved quality or quantity-an overview. *Journal of Experimental Botany*, 54(382): 451-456.
- Byström, S. ve Lönnstedt, L. (1997). Paper recycling: Environmental and economic impact. *Resources, Conservation and Recycling*, 21: 109-127.
- Cao, B., Tschirner, U. ve Ramaswamy, S. (1999). A study of changes in wet fiber flexibility and surface condition of recycled fibers. *Paperi Ja Puu*, 81(2): 117-122.
- Casey, J.P. (1961). *Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology*, Volume 2 Papermaking. New York: Interscience.
- Çevik, B. (2016). *Kağıt ve Kağıt Ürünleri Sektörü*, Türkiye İş Bankası, İktisadi Araştırmalar Bölümü, 32s.
- De Ruvo, A., Farstrand, P., Hagen, N. ve Haglund, N. (1986). Upgrading of pulp from corrugated containers by oxygen delignification. *Tappi Journal*, 69(6): 100-103.
- Duker, E. ve Lindström, T. (2008). On the mechanisms behind the ability of CMC to enhance paper strength. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 23(1): 57-64.
- Ekavag, P., Lindström, T., Gellerstedt, G. ve Lindström, M.E. (2004). Addition of CMC to the kraft cook. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 19(2): 200-207.
- Eklund, D. ve Lindström, T. (1991). *Paper Chemistry – An Introduction*, DT Paper Science Publications, Grankulla, Finland.
- Emerton, H.W. (1965). Composition and structure of papermaking fibers and the effect of these on the beating process. In: *Stuff Preparation for Paper and Paperboard Making*, F.M. Bolam (Eds.). Pergamon Press, Oxford, pp. 248
- Eriksson, M., Pettersson, G., 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: 270-276.

- Eroğlu, H. (2009). *Kağıt Fabrikasyonu* Ders Notları, Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bartın.
- Eroğlu, H. ve Usta, M. (2004). *Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi*. K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon, 432 s.
- FAOSTAT (2016). Food and Agricultural Organization of the United Nations, Statistical Division. <http://www.fao.org/forestry/statistics/80938/en/>.
- Fatehi, P., Kititerakun, R., Ni, Y.ve Xiao, H. (2010). Synergy of CMC and modified chitosan on strength properties of cellulosic fiber network. *Carbohydrate Polymers*, 80: 208-214.
- Fengel, D. ve Wegener, G. (1989). *Wood Chemistry*. Walter de Gruyter (Eds.). Berlin-New York, pp. 602.
- Formento, J.C., Maximino, M.G., Mina, L.R. ve Srayh, M.I. (1994). Cationic starch in the wet end: Its contribution to interfiber bonding. *Appita Journal*, 47: 305-308.
- Ghasemian, A., Ghaffari, M., ve Ashori, A. (2012). Strength-enhancing effect of cationic starch on mixed recycled and virgin pulps. *Carbohydrate Polymers*, 87(2): 1269-1274.
- Greif, D. S. ve Gaspar, L. A. (1980). Cationic starch as a wet end additive, in W. F. Reynolds, ed., *Dry Strength Additives*, TAPPI Press, Atlanta, Ch. 4, 95-117.
- Gülsoy, S.K. (2014). Effects of cationic starch addition and pulp beating on strength properties of softwood kraft pulp. *Starch*, 66: 655-659.
- Gülsoy, S.K., Hürfikir, Z. ve Turgut, B. (2016). Effects of decreasing grammage on the handsheet properties of unbeaten and beaten kraft pulps. *Turkish Journal of Forestry*, 17(1): 56-60.
- Gülsoy, S.K. ve Erentürk, Ş. Improving strength properties of recycled and virgin pulp mixtures with dry strength agents. *Starch*, (accepted paper).
- Hafizoğlu, H. (1982). *Orman Ürünleri Kimyası*. KTÜ. Orman Fakültesi, K.T.Ü Basımevi, Fakülte Yayın No. 52, Trabzon, 245 s.
- 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 Polymers*, 94: 577-583.
- Heydari, S., Ghasemian, A. ve Afra, E. (2013). Effect of carboxymethyl cellulose, cationic surfactant and alum on strength properties of liner paper made from old corrugated container (OCC). *World of Sciences Journal*, 3: 180-188.

- Hofreiter, B. T. (1981). Natural Products for Wet-End Addition. In J. P. Casey, ed., *Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology*, Vol. III, Wiley-Interscience, 3rd Ed., New York.
- Horsey, E.F. (1947). Sodium CMC for papermaking. *Technical Associated Papers*, 30: 294-298.
- Howard, R.C. ve Jowsey, C.J. (1989). The effect of cationic starch on the tensile strength of paper. *Journal of Pulp and Paper Science*, 15(6): J225-J229.
- Hubbe, M. (2006). Bonding between cellulosic fibers in the absence and presence of dry strength agents—a review. *BioResources*, 1: 281–318.
- Hubbe, M.A., Jackson, T.L. ve Zhang, M. (2003). Fiber surface saturation as a strategy to optimize dual-polymer dry strength treatment. *Tappi Journal*, 2(11): 7-12.
- I'Anson, S.J. ve Sampson, W.W. (2007). Competing Weibull and stress-transfer influences on the specific tensile strength of a bonded fibrous network. *Composites Science and Technology*, 67: 1650-1658.
- I'Anson, S.J., Sampson, W.W. ve Savani, S. (2008). Density dependent influence of grammage on tensile properties of handsheets. *Journal of Pulp and Paper Science*, 34:182-189.
- I'Anson, S.J., Sampson, W.W. ve Sevajee, C.R., (2007). New perspectives on the influence of formation and grammage on sheet strength. In: *93rd Annual Meeting Pulp and Paper Technical Association of Canada*, Montreal, pp.141-144.
- Karıncaoğlu, M. (2011). *Kağıt Üretimi ve Geri Dönüşüm*.
- 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: 2234–2245.
- Kırcı, H. (2003). *Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları*. 2. Baskı, K.T.Ü. Yayın No: 72, Trabzon, 291 s.
- Kleinau, J.H. (1990). Contaminants. In: *Secondary Fibers and Non Wood Pulping*, M.J.
- Kontturi, E., Mitikka-Eklund, M., ve Vuorinen, T. (2008). Strength enhancement of a fiber network by carboxymethyl cellulose during oxygen delignification of kraft pulp. *Bioresources*, 3(1): 34-45.
- Laine, J., Lindström, T., Nordmark, G.G. ve Risinger, G. (2002). Studies on topochemical modification of cellulosic fibers- Part 2. The effect of CMC attachment on fibre swelling and paper strength. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 17(1): 50-56.
- Laivin, G.V. ve Scallan, A.M. (1996). The influence of drying and beating on the swelling of fines. *Journal of Pulp and Paper Science*, 22(5): J178-J184.

- Laleg, M., Ono, H., Barbe, M. C., Pikulik, I. I., Seth, R.S. (1990). The effect of starch on the properties of groundwood furnishes paper. In *1990 Papermakers Conference Proceedings*; Atlanta, 1990, pp. 383-389.
- Lim, W.J., Liang, Y.T. ve Seib, P.A. (1992). Cationic oat starch: preparation and effect on paper strength. *Cereal Chemistry*, 69(3): 237-239.
- Lindström, T. ve Florén, T. (1984). The effects of cationic starch wet end addition on the properties of clay filled papers. *Svensk Papperstidning*, 87: R99-104.
- Lofton, M.C., Moore, S.M., Hubbe, M.A. ve Lee, S.Y. (2005). Polyelectrolyte complex deposition as a mechanism of paper dry-strength development. *Tappi Journal*, 4(9): 3-7.
- Luukko, K. ve Maloney, T.C. (1999). Swelling of mechanical pulp fines. *Cellulose*, 6: 123-135.
- Maloney, T.C., Todorovic, A. ve Paulapuro, H. (1998). The effect of fiber swelling in press dewatering. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 13(4): 285-291.
- Mansfield, S.D., Kibblewhite, R.P. ve Riddell, M.J.C. (2004). Characterization of the reinforcement potential of different softwood kraft fibers in softwood/hardwood pulp mixtures. *Wood and Fiber Science*, 36: 344-358.
- Marton, J. ve Marton T. (1976). Wet end starch: Adsorption of starch on cellulosic fibers. *Tappi*, 59(12): 121-124.
- Minor, J.L. (1994). Hornification- its origin and meaning. *Progress in Paper Recycling*, 2: 93-95.
- Moeller, H. W. (1966). Cationic starch as a wet-end strength additive. *Tappi*, 49: 211-214.
- Mohlin, U.B., (1992). Influence of grammage on sheet strength properties. In: *Paper Physics Seminar Proceedings*, Otaniemi, pp.1-12.
- Mulligan, D.B. (1993). Sourcing and grading of secondary fiber. (Chapter 8). In: *Secondary Fiber Recycling*, R.J. Spangenberg (Eds.). Tappi Press, Atlanta, GA, pp. 141.
- Myllytie, P. (2009). Interactions of Polymers With Fibrillar Structure of Cellulose Fibres: A New Approach To Bonding And Strength In Paper. Doctoral Thesis, TKK Reports In Forest Products Technology, Series A10, Espoo, pp. 89.
- Nachtergaele, W. (1989). The benefit of cationic starches for the paper industry. *Starch*, 41(1): 27-31.
- Nazhad, M.M., Harris, E.J., Dodson, C.T.J. ve Kerekes, R.J. (2000). The influence of formation on tensile strength of paper made from mechanical pulps. *Tappi Journal*, 83(12): 63-68.

- Nordstrom, B., (2003). Effects of grammage on sheet properties in one-sided and two-sided roll forming. *Nordic Pulp and Paper Research*, 18: 280-287.
- Nordstrom, B. ve Norman, B., (1995). Effects of grammage on paper properties for twin-wire roll forming of TMP. *Journal of Pulp and Paper Science*, 21: J427-J431.
- Ottestam, C., Engstrand, P., Htun, M., Sjögren, B. ve Ölander K. (1991). A modified WRV method for measuring the swelling properties of mechanical pulps. *International Mechanical Pulping Conference*, June, Tappi Press, Minneapolis.
- Ölçer, H. ve Akın, B. (2008). Nişasta: Biyosentezi, granül yapısı ve genetik modifikasyonlar. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16: 1-12.
- Önen, M. O., (2002). *Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş. Sektörel Araştırmalar, Oluklu Mukavva Ambalaj Ürünleri*. SA-02-2-5 Araştırma Müdürlüğü, Nisan, Ankara.
- Page, D.H. (1989). The beating of chemical pulps – the action and the effects. *Transactions of the Ninth Fundamental Research Symposium Held at Cambridge*, England.
- Page, D.H. ve De Grâce, J.H. (1967). Delamination of fibre walls by beating and refining. *Tappi Journal*, 50: 489-495.
- Preiss, J. (1998). Modulation of starch synthesis. In: *A Molecular Approach to Primary Metabolism in Higher Plants*, Christine H. Foyer and W. Paul Quick, Taylor & Francis (Eds.), pp. 347.
- Rasa, M. ve Resalati, H. (2014). Effect of CMC, cationic starch and carboxymethylation treatments on OCC pulp properties. *World of Sciences Journal*. 2(5):34-47.
- Retulainen, E. ve Nieminen, K., (1996). Fibre properties as control variables in papermaking. Part 2. Strengthening interfibre bonds and reducing grammage: *Paperi Ja Puu Paper and Timber*, 78: 305-312.
- Roberts, J. C., Au, C. O., Clay, G. A., and Lough, C. (1986). The effect of C¹⁴-labelled cationic and native starches on dry strength and formation. *Tappi Journal*, 69(10): 88-93.
- Roberts, J.C. (1996). *The Chemistry of Paper*. The Royal Society of Chemistry, Department of Paper Science, Umist, Manchester, United Kingdom.
- Sakarya, S. ve Canlı, Ş. (2011). *Kağıt- Karton Sektör Raporu*. Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri, 22s.
- Saral, M. (2016). Kağıt geri dönüşüm sektöründe 4,5 milyon ton kağıda ihtiyaç var. 18 Nisan 2016 Dünya Gazetesi. <http://www.a-ged.org.tr/135/kagit-fabrikalarina-hurda-kagit-yetmiyor>
- Scott, W.E. (1996). *Principles of Wet End Chemistry*, Tappi Press, Atlanta

- Seth, R.S., Jantunen, J.T. ve Moss, C.S. (1989). The effect of grammage on sheet properties. *Appita Journal*, 42: 42-48.
- Skowronski, J., (1991). Fibre-to-fibre bonds in paper. Part II. Measurement of the breaking energy of fibre-to-fibre bonds. *Journal of Pulp and Paper Science*, 17: J217-J222.
- Sood, Y.V., Pande, P.C., Tyagi, S., Payra, I. ve Nisha Kulkarni, A.G., (2005). Quality improvement of paper from bamboo and hardwood furnish through fiber fractionation. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 64: 299-305.
- Spence, G. G. (1999). Application of wet and dry strength additives, In: Spence, G. G. (Ed.), *Wet and Dry Strength Additives – Application, Retention, and Performance*, Tappi Press, Atlanta 1999, pp. 19–47.
- Spencer, H.S., Tuck, N.M.G. ve Gordon, R.W. (1970). Beating and refining. In: *Pulp and Paper Manufacture*, Vol.: III, R.G. Macdonald (Eds.). Mc Graw Hill Book Company, New York.
- Şahin, H.T. (2009). Atık kağıt özelliklerinin geri dönüşüme etkisi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 10(2): 119-125.
- Şahin, H.T. (2013). Kağıt geri dönüşüm işlemlerinin selülozun yapısında meydana getirdiği değişimler üzerine bir inceleme. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi SDU Faculty of Forestry Journal*, 14: 74-80.
- Thomson, C.G. (1992). *Recycled Papers, The Essential Guide*. MIT Press, Cambridge, London, UK.
- Tutuş, A., Alma, M.H., Çetin, N.S., Akgül, M. (2001) *Atık Kağıtların Geri Kazanılması Ve Fiziksel Direnç Özelliklerinin Artırılması*. KSU Bilimsel Araştırma Projesi Sonuç Raporu, Proje Kod No: 2001/5-2.
- URL-1 (2014). <http://orhankural.net/wp-content/uploads/2012/02/GER%C4%B0-D%C3%96N%C3%9C%C5%9E%C3%9CM.pptx>.
- URL-2 (2016). http://www4.ncsu.edu/~richardv/documents/Detailedpaperrecyclingpart1industrytocleaners_001.pdf
- URL-3 (2016). <http://www.slideshare.net/Peeke/potential-of-papermaking-fibers>
- URL-4 (2016). <http://www.jpi.or.jp/english/packaging/packaging.htm>
- URL-5 (2014). <http://www.greenbiz.com/news/2010/03/26/us-paper-recycling-rates-hit-ne>
- URL-6 (2014). <http://www.merakname.com/mukavva-nedir-nasil-yapilir/>.
- URL-7 (2014). <http://www.ompak.com.tr/bilgibankasi-oluklumukavva.html>.
- URL-8 (2014). <http://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya: Amylose.svg>.

URL-9 (2014). National Starch & Chemical. [http:// nationalstarch.com](http://nationalstarch.com).

Usta H. (2004). *Kağıt Sektörü Profil Araştırması*. İstanbul Ticaret Odası, 38s.

Üner, B. ve Şahin, H.T. (2004). Geri dönüşümde yaş pres ve kurutmanın lif özelliklerine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, (A)1: 145-158.

Vilars, J. (1978). *Cours de Formation Papetiere, Papier*. Realise et Edite par Le Centre Technique du Papier-Grenoble, pp. 151.

Walecka, J.A. (1956). An investigation of low degree of substitution CMC. *Tappi*, 39(7): 458-463.

Watanabe, M., Gondo, T. ve Kitao, O. (2004). Advanced wet-end system with CMC. *Tappi Journal*, 3(5): 15-19.

Weise, U. (1998). Hornification-mechanisms and terminology. *Paperi Ja Puu*, 80(2): 110-115.

Winters, U.W., Duffy, G.G., Kibblewhite, R.P. ve Riddell, M.J.C., (2002). Effect of grammage and concentration on paper sheet formation of *Pinus radiata* kraft pulps. *Appita Journal*, 5: 35-42.

Wistara, N., Zhang, X.J. ve Young, R.A. (1999). Properties and treatments of pulps from recycled paper. Part II. Surface properties and crystallinity of fibers and fines. *Cellulose*, 6(4): 325-348.

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.

Yiğiter, M., Arslan, K. ve Karadurmuş, E. (2012). atık kağıt liflerinin inşaat sıva malzemesine dönüştürülmesi ve karakterizasyonu. *10. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi*, Koç Üniversitesi, İstanbul.

Zhang, M., Hubbe, M.A., Venditti, R.A. ve Heitman, J.A. (2002). Can recycled kraft fibers benefit from chemical addition before they are first dried? *Appita Journal*, 55(2): 135-144.

Zhao, C., Zhang, H., Zeng, X., Li, H. ve Sun, D. (2016). Enhancing the inter-fiber bonding properties of cellulosic fibers by increasing different fiber charges. *Cellulose*, 23(3): 1617-1628.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Serhat ŞİMŞİR
Doğum Yeri ve Tarihi : 25.07.1991

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Bartın Üniversitesi
Yüksek Lisans Öğrenimi : Bartın Üniversitesi
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce
Bilimsel Faaliyet/Yayınlar : The influence of potassium borohydride (KBH₄) on kraft pulp properties of maritime pine. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 18(2),103-106.
Aldığı Ödüller :

İş Deneyimi

Stajlar : 2012 Kastamonu Entegre (Kastamonu)
2013 Dönmez Kereste (Bartın)
Projeler ve Kurs Belgeleri : Girişimcilik, Liderlik ve İnsan Kaynakları Yönetiminin Fonksiyonları Sertifikası, Kalite Kontrol Sertifikası, Arge ve İnovasyon Sertifikası
Çalıştığı Kurumlar :

İletişim

E-Posta Adresi : ser.box@hotmail.com sboxus57@gmail.com
Cep tel : 05366262440
Tarih : 02/01/2017