



T.C.

**BARTIN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ATIK KAĞIT KIRINTI LİFLERİNİN FARKLI HAMURLARDAN ELDE  
EDİLEN KAĞITLARIN ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**

**HAZIRLAYAN**  
**SAFFET UYSAL**

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

**BARTIN-2017**





**T.C.**

**BARTIN ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ATIK KAĞIT KIRINTI LİFLERİNİN FARKLI HAMURLARDAN ELDE EDİLEN  
KAĞITLARIN ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HAZIRLAYAN**

**Saffet UYSAL**

**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

Saffet UYSAL tarafından hazırlanan “ATIK KAĞIT KIRINTI LİFLERİNİN FARKLI HAMURLARDAN ELDE EDİLEN KAĞITLARIN ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ” 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 “ATIK KAĞIT KIRINTI LİFLERİNİN FARKLI HAMURLARDAN ELDE EDİLEN KAĞITLARIN ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ” 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

Saffet UYSAL

## 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 çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen saygıdeğer hocama teşekkür ederim.

Tez savunmamda jüri üyesi olma nezaketini gösteren sayın hocalarım Yrd. Doç. Dr. Ayhan GENÇER ve Yrd. Doç. Dr. Ayhan TOZLUOĞLU'na, laboratuvar çalışmalarımda bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Ayhan GENÇER'e sonsuz şükranlarımı sunarım.

Ayrıca, Bartın Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Bilim Dalındaki arkadaşlarım Serhat ŞİMŞİR ve Fadime YURDAKURBAN'a araştırmalarımdayardımcı olduğu için teşekkür ederim.

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

Saffet UYSAL

## ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

### **ATIK KAĞIT KIRINTI LİFLERİNİN FARKLI HAMURLARDAN ELDE EDİLEN KAĞITLARIN ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**

**Saffet UYSAL**

**Bartın Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Sezgin Koray GÜLSOY**

**BARTIN-2017, Sayfa: XIV + 58**

Bu çalışmada, atık kağıt, kızılçam ve titrek kavak dövülmüş (28°SR) ve dövülmemiş hamurlarının lif süspansiyonlarına %5, %10 ve %15 oranlarında atık kağıt kırıntı lifleri katılarak, kırıntı lif ilavesinin kağıtların kopma indisi, uzama, TEA, yırtılma indisi, patlama indisi, parlaklık, opaklık, hava geçirgenliği ve yüzey düzgünlüğü değerlerine etkileri belirlenmiştir.

Atık kağıt, kızılçam ve titrek kavak dövülmemiş kağıt hamurlarının lif süspansiyonlarına %5, %10 ve %15 oranlarında kırıntı lif ilavesinin kağıtların sağlamlık özelliklerinde artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Kırıntı lif ilavesinin dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların hava geçirgenliğini azalttığı, yüzey düzgünlüğünü ise artırdığı belirlenmiştir.

Atık kağıt, kızılçam ve titrek kavak dövülmüş (28 °SR) kağıt hamurlarının lif süspansiyonlarına %5, %10 ve %15 oranlarında kırıntı lif ilave edildiğinde kağıtların sağlamlık özelliklerinin hamur türüne bağlı olarak değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Kırıntı lif ilavesi dövülmüş kızılçam ve titrek kavak örneklerinde kağıdın sağlamlık özelliklerini azalırken, dövülmüş atık kağıt liflerinde kağıtların sağlamlık özelliklerini artırmıştır. Diğer taraftan, dövülmüş liflere kırıntı lif ilavesinin kağıtların hava

geçirgenliğini azalttığı tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, dövülmemiş kağıt hamurlarda kırıntı lif ilavesinin titreşim kavak kraft hamurunda diğer kağıt hamurlarına göre daha etkili olduğu görülmüştür. Dövülmüş kağıt hamurlarda ise kırıntı lif ilavesinin atık kağıt hamurunda diğer kağıt hamurlarına göre daha etkili olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, kırıntı lif ilavesinin dövülmemiş kağıt hamurlarında, dövülmüş kağıt hamurlarından daha belirgin bir etki gösterdiği belirlenmiştir.

### **Anahtar Kelimeler**

*Populus tremula* L.; *Pinus brutia* Ten.; atık kağıt; kraft; kırıntı lif; kağıt hamuru ve kağıt özellikleri.

### **Bilim Kodu**

502.06.01



## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **EFFECTS OF RECYCLED FIBER FINES ON HANDSHEET PROPERTIES OF SEVERAL PULPS**

**Saffet UYSAL**

**Bartın University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Forest Industry Engineering**

**Thesis Advisor: Doç. Dr. Sezgin Koray GÜLSOY**

**Bartın-2017, pp: XIV + 58**

In this study, recycled fiber fines were added by 5%, 10%, and 15% to unbeaten and beaten pulps of recycled fibers and virgin fibers of Brutia pine and European aspen. The effects of fiber fines addition on tensile index, stretch, TEA, tear index, burst index, brightness, opacity, air permeability, and smoothness of handsheets were evaluated.

The fiber fines addition to the unbeaten pulps was caused to increases in strength properties of handsheets. On the other hand, air permeability of handsheets was decreased with fiber fines addition, while smoothness of handsheets was increased.

In the fiber fines addition to the beaten pulps (28 °SR), the strength properties of handsheets were changed depending on pulp. The strength properties of beaten pulps of Brutia pine and European aspen were decreased with fiber fines addition, while the strength properties of beaten pulps of recycled pulp were increased. On the other hand, the air permeability of handsheets was decreased with fiber fines addition.

Consequently, effect of fines addition to unbeaten pulps had a more pronounced in European aspen kraft pulp than that of other pulps. Also, effect of fines addition to beaten pulps had a more pronounced in recycled pulp than that of other pulps. On the other hand,

effect of fines addition to unbeaten pulps was prominent than that of beaten pulps.

**Key Words**

*Populus tremula* L.; *Pinus brutia* Ten.; recycled fiber; kraft; fines; pulp and paper properties.

**Science Code**

502.06.01

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL VE ONAY .....	ii
BEYANNAME.....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
ÖZET .....	v
ABSTRACT .....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
TABLolar DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
BÖLÜM 1 GİRİŞ .....	1
1.1 Titrek Kavak ( <i>Populus tremula</i> L.) Hakkında Genel Bilgiler .....	2
1.1.1 Titrek Kavağın Doğal Yayılışı .....	2
1.1.2 Titrek Kavak Odununun Kullanım Yerleri .....	3
1.2 Kızılçam ( <i>Pinus brutia</i> Ten.) Hakkında Genel Bilgiler.....	3
1.2.1 Kızılçamın Doğal Yayılışı.....	3
1.2.2 Kızılçam Odununun Kullanım Yerleri.....	4
1.3 Atık Kağıt .....	4
1.3.1 Atık Kağıtların Sınıflandırılması.....	5
1.3.2 Hornifikasyon.....	5
1.4 Kırıntı Lifler ve Kırıntı Lifler İle İlgili Yapılan Çalışmalar .....	6
1.4.1 Kırıntı Liflerin Tutunmasını Etkileyen Faktörler.....	12
1.5 Çalışmanın Amacı.....	13
BÖLÜM 2 MATERYAL VE YÖNTEM .....	14
2.1 Materyal .....	14
2.2 Yöntem.....	14
2.2.1 Yongaların Hazırlanması.....	14
2.2.2 Kraft Pişirme Koşulları .....	14

	<b><u>Sayfa</u></b>
2.2.3 Kağıt Hamurlarında Yapılan Analizler .....	15
2.2.4 Kırıntı Liflerin Hazırlanması (Bauer McNett Lif Tasnif Edici).....	16
2.2.5 Deneme Kağıtlarının Hazırlanması .....	17
2.2.6 Kâğıtların Fiziksel, Optik ve Mekanik Özellikleri.....	18
2.2.7 Verilerin Değerlendirilmesi.....	19
<b>BÖLÜM 3 BULGULAR VE İRDELEME .....</b>	<b>20</b>
3.1 Kağıt Hamurlarının Özellikleri .....	20
3.2 Kırıntı Lif İlavesinin Lif Süspansiyonunun Drenajı Üzerine Etkisi .....	21
3.3 Deneme Kağıtlarının Sağlamlık ve Optik Özellikleri.....	22
3.2.1 Kağıtların Sağlamlık Özellikleri .....	27
3.2.1.1 Kopma İndisi .....	27
3.2.1.2 Uzama.....	29
3.2.1.3 TEA .....	31
3.2.1.4 Yırtılma İndisi .....	33
3.2.1.5 Patlama İndisi .....	35
3.2.1.6 Yoğunluk .....	37
3.2.2 Kağıtların Optik Özellikleri .....	39
3.2.2.1 Parlaklık.....	39
3.2.2.2 Opaklık .....	41
3.2.3 Kağıtların Yüzey Düzgünlüğü ve Hava Geçirgenliği Üzerine Kırıntı Lif İlavesinin Etkisi .....	42
3.2.3.1 Yüzey düzgünlüğü.....	44
3.2.3.2 Hava Geçirgenliği.....	46
<b>BÖLÜM 4 SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>48</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>53</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>58</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
1. Titrek kavağın Türkiye'deki doğal yayılışı.....	2
2. Kızılcamın Doğal yayılış Haritası .....	4
3. Kurutma etkisiyle liflerin çeper yapısında meydana gelen değişim (hornifikasyon).....	6
4. Kırıntıların oluşumu .....	8
5. Kırıntı liflerin lif yüzeyine tutunması.....	12
6. Kırıntı liflerin yüzey alanı (solda) ve drenajı (sağda).....	12
7. Bauer McNett lif tasnif edici .....	16
8. 300 mesh elekte biriken kırıntı lifler .....	17
9. Lif-kırıntı karışımı lif süspansiyonu .....	18
10. Dövülmemiş hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların kopma indisi değerlerine etkisi. ....	28
11. Dövülmüş (28 °SR) hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların kopma indisi değerlerine etkisi. ....	29
12. Dövülmemiş hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların uzama değerlerine etkisi. ....	30
13. Dövülmüş (28 °SR) hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların uzama değerlerine etkisi. ....	31
14. Dövülmemiş hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların TEA değerlerine etkisi. ....	32
15. Dövülmüş (28 °SR) hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların TEA değerlerine etkisi. ....	33
16. Dövülmemiş hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların yırtılma indisi değerlerine etkisi. ....	34
17. Dövülmüş (28 °SR) hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların yırtılma indisi değerlerine etkisi. ....	35
18. Dövülmemiş hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların patlama indisi değerlerine etkisi. ....	36
19. Dövülmüş (28 °SR) hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların patlama indisi değerlerine etkisi. ....	37

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
<b>No</b>	<b>No</b>
20. Dövülmemiş hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların yoğunluk değerlerine etkisi. ....	38
21. Dövülmüş (28 °SR) hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların yoğunluk değerlerine etkisi. ....	39
22. Dövülmemiş hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların parlaklık değerlerine etkisi. ....	40
23. Dövülmüş (28 °SR) hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların parlaklık değerlerine etkisi. ....	41
24. Dövülmemiş hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların opaklık değerlerine etkisi. ....	42
25. Dövülmüş (28 °SR) hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların opaklık değerlerine etkisi. ....	42
26. Dövülmemiş hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların yüzey düzgünlüğü değerlerine etkisi. ....	45
27. Dövülmüş (28 °SR) hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların yüzey düzgünlüğü değerlerine etkisi. ....	45
28. Dövülmemiş hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların hava geçirgenliği değerlerine etkisi. ....	47
29. Dövülmüş (28 °SR) hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların hava geçirgenliği değerlerine etkisi. ....	47

## TABLolar DİZİNİ

<b>Tablo</b>	<b>Sayfa</b>
<b>No</b>	<b>No</b>
1. Çalışmada kullanılan kraft pişirme koşulları.....	15
2. Çalışmada kullanılan lif-kırıntı karışım oranları.....	18
3. Deneme kâğıtlarının testlerinde kullanılan yöntemler.....	19
4. Kızılcam, titre kava ve atık kağıt hamurlarının bazı özellikleri.....	20
5. Çalışmada kullanılan hamurların lif süspansiyonlarına kırıntı lif ilavesi ile liflerin serbestlik derecesinde meydana gelen değişim.....	21
6. Dövülmemiş kağıt hamurlarına kırıntı lif ilavesinin deneme kağıtlarının özellikleri üzerine etkisi.....	23
7. Dövülmemiş kağıt hamurlarına kırıntı lif ilavesinin deneme kağıtlarının özellikleri üzerine etkisi (% değişimler).....	24
8. Dövlmüş (28 °SR) hamurlara kırıntı lif ilavesinin deneme kağıtlarının özellikleri üzerine etkisi.....	25
9. Dövlmüş (28 °SR) hamurlara kırıntı lif ilavesinin deneme kağıtlarının özellikleri üzerine etkisi (% değişim).....	26
10. Dövülmemiş hamurlarda kağıtların yüzey düzgünlüğü ve hava geçirgenliği üzerine kırıntı lif ilavesinin etkisi.....	43
11. Dövlmüş (28 °SR) hamurlarda kağıtların yüzey düzgünlüğü ve hava geçirgenliği üzerine kırıntı lif ilavesinin etkisi.....	44

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

±	:	Standart sapma
%	:	Yüzde
Cm	:	Santimetre
M	:	Metre

### KISALTMALAR

TEA	:	Tensile Energy Absorption
OGM	:	Orman Genel Müdürlüğü
OCC	:	Oluklu mukavva atıkları
ONP	:	Eski gazete kağıtları
AB	:	Avrupa Birliği
CTMP	:	Kimyasal Termomekanik Hamur
Na <sub>2</sub> S	:	Sodyum Sülfür
NaOH	:	Sodyum Hidroksit
KMnO <sub>4</sub>	:	Potasyum Permanganat
°SR	:	Schopper Riegler
SPSS	:	Statistical Package for Social Sciences



# BÖLÜM 1

## GİRİŞ

Kağıt geniş bir kullanım alanına sahip olan, farklı alanlarda değerlendirilen çok yönlü bir maddedir. Baskı ve yazı amacıyla kullanımı yaygın olmasına karşın, endüstriyel alanlarda, inşaat alanlarında ve ambalaj sanayinde de kağıttan faydalanılmaktadır. Kağıdın etimolojisine bakıldığında ilk olarak Çinliler tarafından kullanıldığı ileri sürülmekte olup, yapılan arkeolojik kazılar ve elde edilen bulgularda bunu desteklemektedir (URL-1, 2016).

Türkiye’de 1936 yılında kurulan kağıt sektörü, 1980’li yıllara kadar yurt içi talebi karşılamak amacı doğrultusunda faaliyet göstermiştir. 1963-79 dönemi Türk kağıt sektörü için tam bir büyüme ve gelişme dönemi olmuştur. Uzun yıllar dış rekabete kapalı olarak gelişen sektör, Avrupa Birliği (AB) ile Türkiye arasındaki gümrük duvarlarının kaldırılması ile yeni bir döneme girmiştir. Türkiye’de kağıt üretimi kağıt hamuru, bir kısım üretimi ithalatı ve geri dönüşümlü kağıtların değerlendirilmesi ile yapılmaktadır. Hammadde sağlayan tek kuruluş niteliğindeki SEKA-Türkiye Selüloz ve Kağıt Fabrikaları’nın özelleştirilmesini takiben sektörün temel hammadde kaynakları; selüloz ithalatı ve atık kağıtların yeniden değerlendirilmesi şeklinde olmuştur (Karton Sektör Raporu, 2014).

Türkiye’de 2014 yılında 3 milyon ton atık kağıt geri kazanılmıştır. Ülkemizde halen 56 adet kağıt-karton üreten makine bulunmaktadır. Kağıt-karton üretiminin ana bölümlerinden; “Hamur Hazırlama Bölümü” sırasıyla; açma, temizleme, dövme, parçalama, rafinasyon ve katkı maddeleri ilavesi işlemlerini kapsamaktadır. Hazırlanan hamurun “Kağıt Makinesi Öncesi İşlemleri” bölümü; seyreltme ve temizleme kademelerini, “Kağıt Makinesi” bölümü ise; süzme, presleme ve kurutma işlemlerini kapsamaktadır (Karton Sektör Raporu, 2014).

Ülkemizde oluklu mukavva kağıtlarından kraft liner ve kraft torba kağıdı türlerinin üretiminde hammadde olarak %100 odundan elde edilen kağıt hamuru kullanılmaktadır. Fluting ve test liner türlerinin üretiminde hammadde olarak ise yıllık bitkilerden (saman, kamyş, çeltik vb.) elde edilen kağıt hamuru ve atık kağıt kullanılmaktadır. AB ülkelerinde

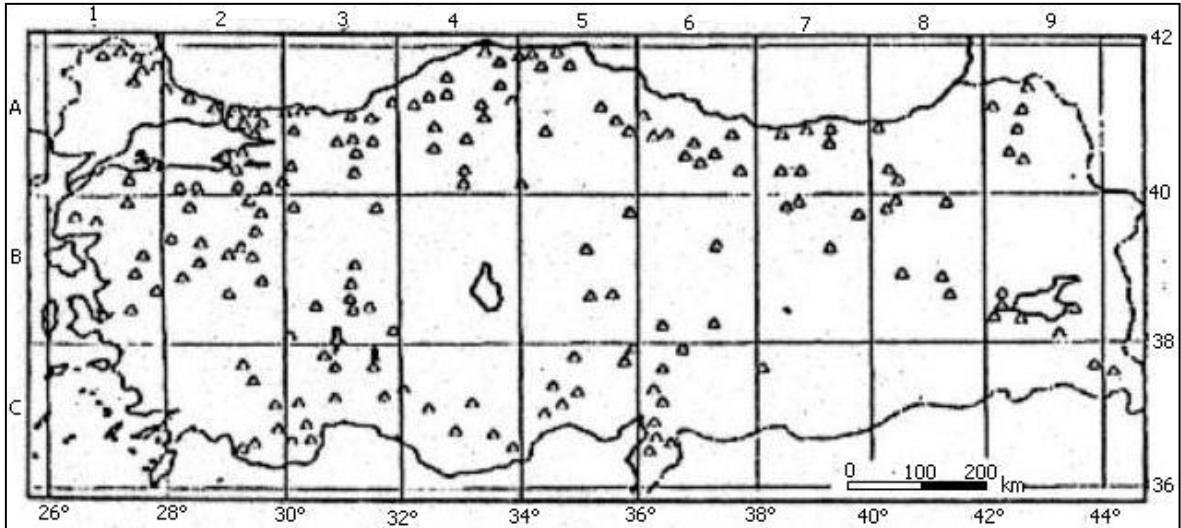
kraft torba kağıtların üretiminde %100 birincil lif hammadde olarak kullanılırken, kraftliner kağıtlarının üretiminde odundan elde edilmiş kağıt hamuru yanında atık kağıtlar da hammadde olarak kullanılmaktadır.

Türkiye atık kağıt konusunda sahip olduğu potansiyeli değerlendirememektedir. AB'ye uyum çalışmaları çerçevesinde kağıt-karton sektöründe geri kazanılan kağıt miktarının artırılması büyük önem taşımaktadır (Karton Sektör Raporu, 2014).

## 1.1 Titrek Kavak (*Populus tremula* L.) Hakkında Genel Bilgiler

### 1.1.1 Titrek Kavağın Doğal Yayılışı

Titrek kavak ılıman iklimleri tercih eden bir ağaç türüdür. Fakat soğuk mntikalarda da yetişir. Daha ziyade kuzey ve doğu bakıları tercih eder. 35° kuzey enleminden (Cezayir), 71° kuzey enlemine kadar, Atlas Okyanus'undan Japonya'ya kadar geniş bir yayılış gösterir. Titrek kavakların vertikal yayılışının Kafkasya'da 2200 m'ye, İsviçre Alpler'in de 2000 m'ye, Doğu Anadolu'da 2100 m'ye kadar çıktığı tespit edilmiştir. Titrek kavak ülkemizde de geniş bir yayılış gösterir (Uluer ve Özay, 1992) (Şekil 1).



Şekil 1: Titrek kavağın Türkiye'deki doğal yayılışı (Öner ve Aslan, 2002).

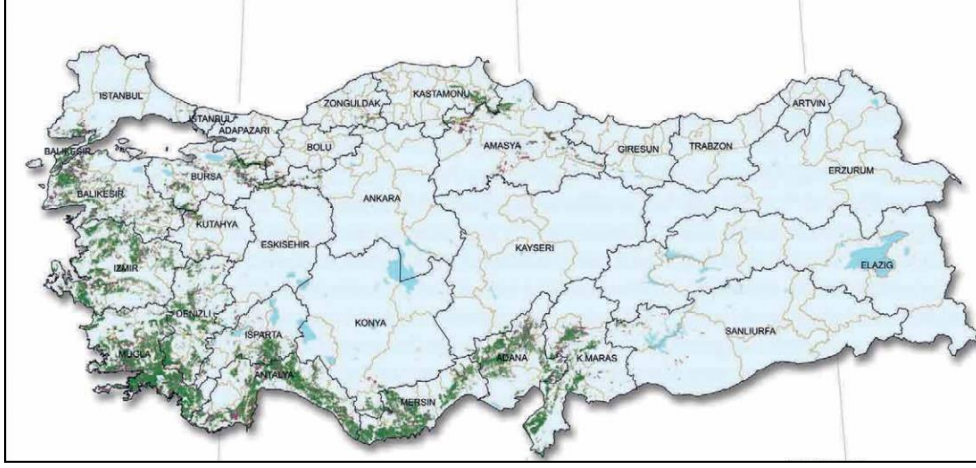
### **1.1.2 Titrek Kavak Odununun Kullanım Yerleri**

Titrek kavak odununun çok çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır. Odununun yeknesak yapıda olması, yumuşak ve kolayca soyulabilmesi, eğilme direncinin yüksek olması, kimyasal maddeleri absorbe etme özelliği ve yandığında is çıkarmaması, yıllık halkalarının dar olması, koyu renkli bir özünün bulunmaması ve düzgün lifli olması sebebiyle soyma makinelerinde kolaylıkla tabakalar halinde soyulabilmesi gibi nedenlerle kibrit çöpü yapımında kullanılmaktadır. Titrek kavak odununda, lignin oranının %17,40 ile diğer kavak türlerinin çoğundan daha düşük oranlarda bulunması, tersine selüloz oranının yüksek olması, kolayca ağartılabilmesi ve lif uzunluğunun 1,37 mm olması gibi avantajları nedeni ile kağıt üretimine elverişli bir tür olduğu söylenebilir (Öner ve Aslan, 2002).

## **1.2 Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Hakkında Genel Bilgiler**

### **1.2.1 Kızılçamın Doğal Yayılışı**

Kızılçamın genel coğrafi yayılışı Doğu Akdeniz Havzası ve özellikle Türkiye topraklarıdır. Yayılışı Yunanistan'ın kuzeyinden Rodos Dağlarından (Batı Trakya'dan) doğuya doğru ilerler ve dünyada en geniş ve zengin yayılışını Türkiye'de yapar. Toros dağ silsilelerini takip ederek Türkiye sınırlarını aşar ve güneyde Suriye, Lübnan, Filistin ve Ürdün ile güneydoğuda yayılışının en doğu boylamı olan Irak'ta (Zavita-Atruş yöresi) doğal yayılış yapar. Karadeniz'in kuzeyinde, Akdeniz ikliminin baskın olduğu Kırım Yarımadasında da yayılış gösterir. Yayılışının en batı boylamı ise, İtalya'nın Kalabriya Yarımadasıdır. Türkiye'de en geniş yayılışını Akdeniz, Ege ve Marmara Bölgelerinde yapmaktadır. Ayrıca Karadeniz sahilleri boyunca örneğin Sinop Çam gölü yöresinde küçük adacıklar halinde de doğal yayılışı bulunur (URL-2, 2015) (Şekil 2).



Şekil 2: Kızılcçamın Doğal yayılış Haritası (OGM, 2012).

### 1.2.2 Kızılcçam Odununun Kullanım Yerleri

Kızılcçam odunu, inşaat malzemesi, ambalaj sandığı, tarım aletleri, tel direği, maden direği, çit kazığı ve deniz taşıtlarının yapımında kullanılır. Ayrıca kağıt sanayiinde sülfat metodu ile değerlendirme imkanı vardır. Kızılcçam kabukları ise tanen üretiminde kullanılır. Ağacın 0,30 metresindeki kabukta % 18,13, 1,30 metresinde % 13,45 ve 6,0 metresinde ise % 12,6 oranında tanen vardır (Öktem, 1987).

### 1.3 Atık Kağıt

Atık kağıt geri dönüşüm döngüsünde hammadde olarak kabul edilir. Herhangi bir kullanım alanında fonksiyonunu tamamlayarak kullanılmayacak halde olduğu için elden çıkarılarak atılan tüm kağıt çeşitleri ve kartonlar atık kağıt olarak kabul edilir. Bunun yanında gazete matbaalarından çıkan hatalı gazete baskıları ve baskı fazlası gazete kağıtları da atık kağıtlar olarak görürler. Buna karşılık tek kullanım için tasarlanmış emici kağıtlar ve hijyen amaçlı kullanılan kağıtlar hijyen ve sağlık nedenlerinden dolayı geri dönüştürülemedikleri için atık kağıt olarak kabul edilmezler (Bajpai, 2014).

Teorik olarak uzun liflerden kısa liflere göre daha yüksek direnç özelliklerine sahip kağıtların üretildiği bilinmektedir. Ayrıca, lifler arasındaki bağlanma derecesi de, liflerin şişme/plastikleşme ve hidrojen bağı yapma özelliği ile yakından ilişkilidir. Fakat geri kazanılmış sekonder lifler tipik olarak orijinal lif boylarına göre daha kısa (lifler

kısalmakta) ve sert (rijit) yapıdadırlar. Benzer şekilde liflerin yüzey alanları daralmış olduğundan bağ yapma potansiyelleri daha düşüktür (Şahin, 2014).

Atık kâğıtlardan geri kazanılmış sekonder lifler tek başına veya birincil lifler ile belli oranlarda karıştırılarak birçok kâğıt ve karton ürünleri üretilebilir. Genel olarak, düşük veya orta kalitede kâğıt mendil ve havlu, gazete kağıdı ve düşük kaliteli ucuz ambalaj kâğıtları ile karton üretiminde çoğunlukla yüksek oranda mekanik hamurla birlikte geri kazanılmış sekonder lifleri yoğun olarak kullanılabilir. Bu tip kâğıtların sayfa yapıları genel olarak; lifin orijinine (kısa/uzun lif, geri kazanılmış lif veya mekanik/kimyasal lif oranı), kâğıt fabrikasyonu esnasında eklenen maddelere ve kullanılan teknolojiyle yakından ilişkilidir. Bu özelliğinden dolayı yeniden üretilmiş kâğıtlar tipik olarak;

- a) Sayfa yapısında daha fazla kir (benek) ve boşluk oranına sahiptir,
- b) Lifler hornifikasyona uğradığı için elde edilen kâğıtların direnç özellikleri daha düşüktür,
- c) Lifsel olmayan partiküllerin yüksek oranda bulunmasından dolayı kâğıdın direnç özellikleri önemli derecede düşüktür,
- d) Kâğıtların optik özellikleri (parlaklık, renk, vb.) önemli derecede düşüktür,
- e) Yüksek kül oranına sahiptirler (içerdikleri dolgu maddeleri nedeniyle),
- f) Daha düşük yüzey düzgünlüğüne sahiptirler (Şahin, 2014).

### **1.3.1 Atık Kâğıtların Sınıflandırılması**

Atık kâğıtlar 4 temel grupta sınıflandırılmaktadır (Bajpai, 2014).

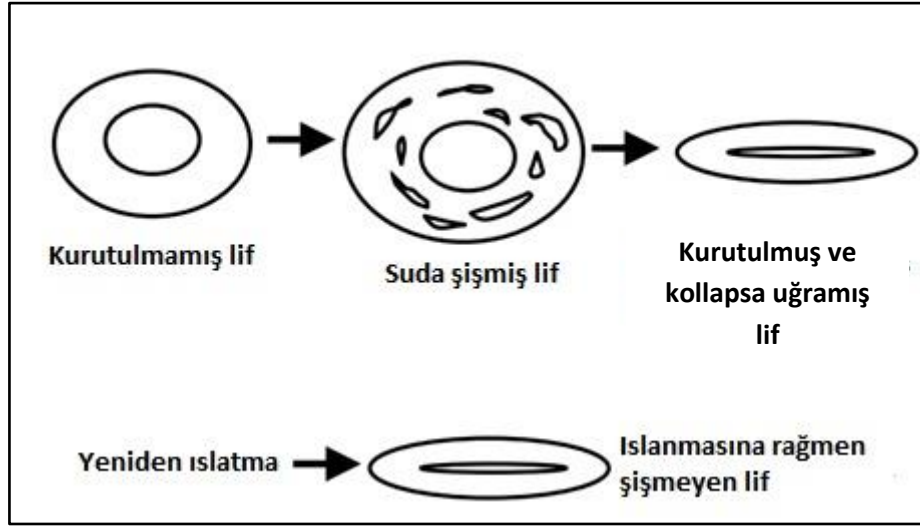
- Karışık atıklar, (Mixed waste)
- Oluklu mukavva atıkları, (Old corrugated containers)
- Atık gazete kâğıtları, (Old newsprint)
- Atık dergiler (Old magazines)

### **1.3.2 Hornifikasyon**

Hornifikasyon, kâğıt üretiminde kullanılan liflerin kâğıdın kurutulması esnasında kollapsa uğrayarak yeniden su aldıklarında şişme özelliklerini yitirmeleri olarak tanımlanmaktadır.

Hornifikasyon mekanizması suyun uzaklaştırılması sonucu liflerin birbiri ile daha sıkı bir yapı oluşturmasıdır (Şekil 3). Genel olarak hornifikasyona uğrayan lifler;

- daha rijit,
- daha kırılğan özellikte,
- birbirleriyle bağlanma potansiyeli ve spesifik yüzey alanları daha azdır.



Şekil 3: Kurutma etkisiyle liflerin çeper yapısında meydana gelen değişim (hornifikasyon) (URL-3, 2016).

Kurutulmuş ve hornifikasyona uğramış selüloz lifleri sert yapıları nedeniyle, kurutulmamış liflere göre dövme işleminde daha kolay kırılabilirler, daha fazla kırıntı lif fraksiyonları oluşturabilir.

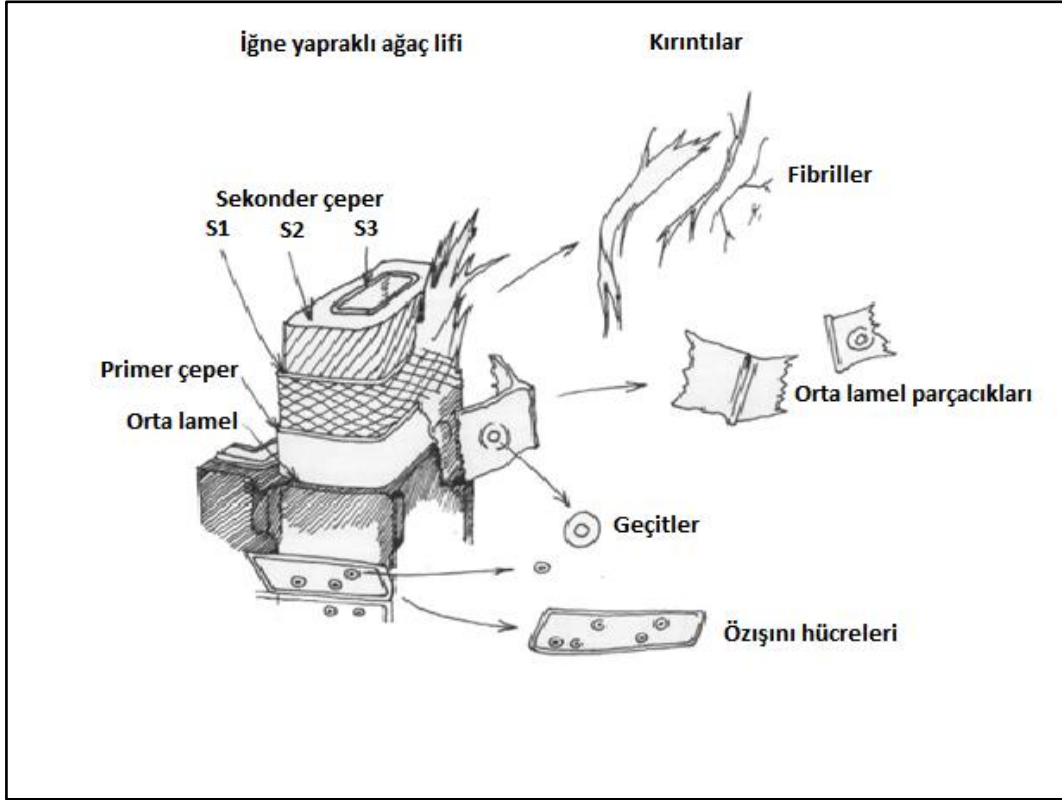
Laivin ve Scallan (1996)'a göre selülozun kurutulması sonucu küçük boyutlu lif fraksiyon oranı artmakta ve bu küçük lif fraksiyonları geri dönüşüm sırasında hornifikasyona uğramaktadır. Genel olarak, mekanik ve kimyasal hamurların geri dönüşümlerinde kurutma ve yeniden ıslatma sonucu ince boyutlu lif oranı artmaktadır.

#### 1.4 Kırıntı Lifler ve Kırıntı Lifler İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Kırıntı lifler, lif tasnif edicide 200 mesh (76,2 µm, eleğin açık alan oranı %14,5) elekten geçecek ölçüde olan küçük lif parçacıklarıdır (Hiltunen, 1999; TAPPI T 261 cm-00; SCAN-M 6:69). Kırıntı lifler, genellikle 0,1-0,5 µm genişliğe ve 20-30 µm uzunluğa sahiptir (Seth, 2003). Kimyasal kağıt hamuru kırıntıları mekanik kağıt hamuru

kırıntılarından daha fazla şişer. Çünkü mekanik kağıt hamur kırıntıları kimyasal kağıt hamur kırıntılarından daha yüksek oranda ekstraktif madde ve hidrofobik lignin içermektedir. Kırıntılar kağıdın yoğunluğunu artırır. Bu, kağıdın içinde birim alanda daha fazla lif-lif bağı anlamına gelir ve kağıdın kopma sağlamlığında artış ile sonuçlanmaktadır (Bäckström vd., 2008; Johansson, 2008).

Oluşum durumlarına göre primer (birincil) ve sekonder (ikincil) kırıntı lif olmak üzere iki tip kırıntı lif vardır (Brecht vd., 1952). Primer kırıntılar, dövülmemiş kağıt hamurunda bulunan, orta lamel lignini, özışını hücreleri ve boyuna paranzim hücrelerinden oluşan kırıntılardır. Primer ve sekonder kırıntılar orijinal hamurundaki liflerle kıyaslandığında daha yüksek oranda lignin (Lindström ve Nordmark, 1978; Heijnesson, 1996; Liitiä vd., 2001; Retulainen vd., 2002; Krogerus vd., 2002a; Thalib ve Heijnesson-Hulten, 2006), daha düşük oranda selüloz (Krogerus vd., 2002a) içerirler. Dövme esnasında lif yüzeyinde fibrillenme meydana gelerek hücre çeperinin primer çeperi (tabakası) soyulur. Böylece, sekonder çeper fibrilleri ortaya çıkar. Dövme esnasında lif yüzeyinden ayrılan küçük lif parçacıklar sekonder kırıntı olarak adlandırılmaktadır. En büyük kırıntılar hücre çeperinden kopan parçacıklardır. En küçük kırıntılar ise yine hücre çeperinden kopan fibrillerdir (Şekil 4). Sekonder kırıntılar liflerden daha yüksek oranda lignin içermektedir. Ancak, sekonder kırıntıların lignin oranı primer kırıntılarından daha düşüktür (Lindström ve Nordmark, 1978; Htun ve de Ruvo, 1978a; Heijnesson, 1996). Sekonder kırıntılar primer kırıntılardan yaklaşık iki kat daha fazla fibril içermektedir (Krogerus vd., 2002b). Hem primer hem de sekonder kırıntılar kağıdın sağlamlığını artırmaktadır. Sekonder kırıntıların sağlamlık artırıcı etkisi primer kırıntılardan daha üstündür (Bäckström vd., 1996). Primer kırıntılar odun türüne bağlı olarak kağıt hamurunun %1-3'ünü oluştururlar (Asikainen, 2015). Kağıt hamurundaki sekonder kırıntı miktarını ise dövmenin derecesi belirlemektedir. Kırıntı liflerin kristallikleri liflerden daha düşük olup, liflere göre daha fazla oranda amorf yapı içermektedirler (Waterhouse ve Omori, 1993). Kalın çeperli liflerin esnekliği daha az olduğundan, kalın çeperli lifler ince çeperli liflerden daha fazla kırıntı lif oluşturmaktadır (Paavilainen, 1991).



Şekil 4: Kırıntıların oluşumu (Rundlöf, 1996).

Asikainen (2015), ağartılmış huş kraft hamurunun oranını %71,7, aynı hamurun primer kırıntı liflerinin selüloz oranını ise %43,4 olarak tespit etmiştir. Ayrıca, primer kırıntıların liflerden daha yüksek oranda lignin, ksilan, karbonil grubu ve karboksil grubu içerdiğini belirtmiştir.

Asikainen vd. (2010), kimyasal termomekanik kağıt hamuruna (CTMP) %10 ve %20 oranında ağartılmamış huş kırıntı lifleri ilave edildiğinde kağıdın hacimliliğinin, hava geçirgenliğinin azaldığını, kopma indisinin arttığını tespit etmişlerdir.

Lif süspansiyonunda kırıntı liflerin bulunması kağıdın özelliklerinde hem olumlu hem de olumsuz yönde etkilere sahiptir. Kimyasal hamurlarda kırıntı lif ilavesi kağıdın kopma ve patlama sağlamlığı ile çift katlama değerlerini artırırken, yırtılma ve sıfır-mesafe kopma sağlamlıklarını azaltmaktadır (Thode ve Ingmanson, 1959; Tasman, 1966; Htun ve de Ruvo, 1978b; Klungness ve Sanyer, 1981). Higgins ve Hartman (1983) lif süspansiyonuna %15 kırıntı lif ilavesinin kağıdın kopma sağlamlığının, Retulainen vd. (1993) ise kırıntı



ilavesi ile kağıtların kopma sağlamlığının ve yüzey düzgünlüğünün arttığını tespit etmişlerdir.

Kağıt safıhası meydana gelirken kırıntılar, lifler arasındaki boşlukları doldurarak temas etmeyen lifler arasında köprü oluştururlar. Böylece, kağıdın oluşumu esnasında liflerin birbirine daha fazla temas etmesini sağlayarak kağıdın sağlamlığının artmasına neden olurlar. Retulainen ve Nieminen (1996) ve Formento vd. (2003) kırıntı lif ilavesinin kağıdın kopma indisini artırdığını belirtmişlerdir. Retulainen ve Nieminen (1996) kırıntı lif ilavesinin kağıdın opaklığını azalttığını tespit etmiştir.

Bäckström vd. (2008), iki farklı kappa numarasına sahip (45 ve 90) kağıt hamurlarının lif süspansiyonlarına %5 ve %10 oranında sekonder kırıntı ilave edildiğinde kağıdın yoğunluk, kopma indisi, TEA, uzama ve patlama indisi değerlerinin arttığını tespit etmiştir. Bu artışlar, kırıntıların liflerin kağıdın oluşumu esnasında lifler arasında köprü oluşturarak lif-lif bağ alanını artırması ile açıklanmıştır.

Chen vd. (2013) yüksek verimli kağıt hamurlarına %5, %10, %15, %20 ve %25 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde kağıtların hacimliliğinin azaldığını belirtmiştir. Diğer taraftan, Retulainen (1997) kraft uzun lif fraksiyonuna %3 kırıntı lif ilave edildiğinde kağıdın kopma sağlamlığının %18, iç bağ sağlamlığının (internal bond strength) %45 arttığını tespit etmiştir. Mohlin (1977) termomekanik hamurlarına kırıntı lif ilavesiyle kağıdın tüm sağlamlık özelliklerinin arttığını belirtmiştir.

Lu (1999) mekanik hamur liflerine %20, %30 ve %40 oranlarında kırıntı lif ilave edildiğinde kağıdın kalınlığının ve hava geçirgenliğinin azaldığını, yoğunluğunun ve yüzey düzgünlüğünün arttığını tespit etmiştir. Moberg vd., (2014) ise kimyasal termomekanik hamur liflerine %15 ve %30 oranlarında kırıntı lif ilave edildiğinde kağıdın hem Z-saglamlığının hem de yoğunluğunun arttığını tespit etmişlerdir.

Ferreira vd. (2000) lif süspansiyonundan kırıntı liflerin uzaklaştırılması ile kağıdın yoğunluğunun, kopma indisinin, yırtılma indisinin ve patlama indisinin azaldığını, hava geçirgenliğinin arttığını tespit etmişlerdir. Diğer taraftan, Seth (2003) kimyasal hamura kırıntı lif ilave edildiğinde kağıdın çift katlama değerinin arttığını, hava geçirgenliğinin ise azaldığını belirtmiştir.

Lindqvist vd. (2011), dövülmüş ağartılmış çam kağıt hamurundan kırıntı liflerin uzaklaştırılması ile kağıdın elektteki drenaj süresinin kısaldığı ve kağıdın kopma indisi değerlerinin azaldığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, Terao vd. (1989) sert odun kraft hamuruna kırıntı lif ilave edilmesi ile kağıdın yoğunluğunun ve kopma uzunluğunun arttığını tespit etmiştir.

Zhang vd. (2011) yüksek verimli kağıt hamurlarına yüksek oranda kırıntı lif (%35-47 dövme derecesine bağlı olarak) içeren ağartılmış buğday sapı hamuru ilave edildiğinde kağıtların hacimliliğinin azaldığını, kopma indisi, TEA, uzama ve yırtılma indisi değerlerinin arttığını tespit etmiştir. Taipale vd. (2010) ise kraft hamuruna kırıntı lif ve mikro fibrillenmiş selüloz (microfibrillated cellulose: MFC) ilave edildiğinde kağıtların kopma indisi değerlerinin arttığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, kağıdın oluşumu esnasındaki drenaj zamanının kırıntı lif ve MFC ilavesi ile arttığını belirtmişlerdir.

Kırıntı lifler kağıdın kopma ve patlama sağlamlığını artırırken (Waterhouse, 1994), yırtılma sağlamlığını azaltmaktadır (Waterhouse, 1994; Huijuan vd., 2013). Ayrıca, Kibblewhite (1972) *Pinus radiata* kraft hamurlarından elde edilen kırıntı liflerin lif süspansiyonuna ilavesi ile liflerin serbestlik derecesini önemli derecede etkilediğini, kağıdın sağlamlığı üzerine etkisinin az olduğunu belirtmiştir.

Lobben (1977) kimyasal hamur kırıntılarının kağıdın sağlamlık özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini belirtmiştir. Kırıntıların etkisinin okaliptüs kraft hamurunda çam kraft hamurundan, dövülmemiş hamurda dövülmüş hamurdan daha belirgin olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca, Hartman (1984) ağartılmış ladin sülfite hamuruna kırıntı lif ilave edilmesi ile kağıdın yoğunluğunun, kopma uzunluğunun ve yırtılma sağlamlığının arttığını, hava geçirgenliğinin ise azaldığını belirtmiştir.

Vainio vd. (2007), ağartılmış ladin TMP uzun lif fraksiyonuna %10, %20, %30 ve %40 kırıntı lif ilave edildiğinde kağıdın kopma indisi değerlerinin arttığını tespit etmişlerdir. Diğer taraftan, Rundlöf (2002) termomekanik kağıt hamuruna kırıntı lif ilave edildiğinde kağıdın kopma indisinin arttığını belirtmiştir.

Luukko ve Paulapuro (1999) mekanik hamur kırıntı liflerinin lif süspansiyonuna ilave edilmesi ile kağıdın kopma indisi değerlerinin arttığını tespit etmiştir. Diğer taraftan, Hawes ve Doshi (1986) TMP, kraft ve atık kağıt kırıntılarının dövülmemiş atık kağıt

hamurunun lif süspansiyonuna %20 oranında ilave edildiğinde kağıdın özelliklerindeki değişimi araştırmışlardır. Kraft ve atık kağıt kırıntılarının kağıdın kopma uzunluğunu, yoğunluğunu, patlama ve yırtılma indisi değerlerini artırdığını, hava geçirgenliğini ise azalttığını tespit etmişlerdir. TMP kırıntılarının ise kağıdın sağlamlığını artırmada etkili olmadığını belirtmişlerdir.

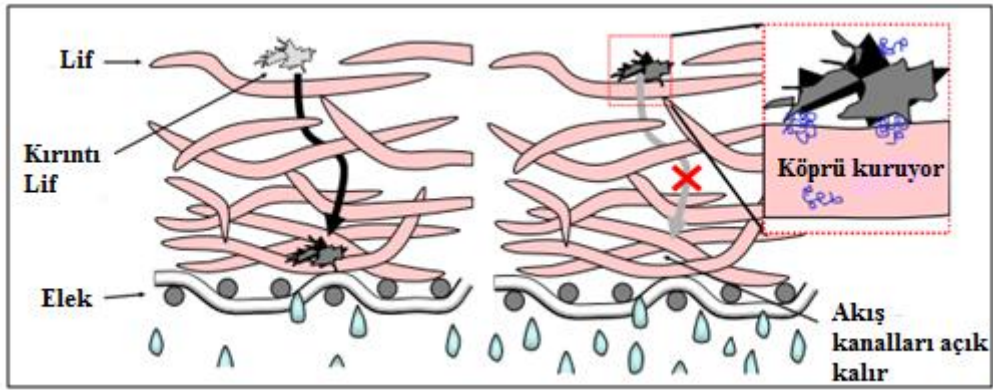
Lif süspansiyonundaki kırıntı liflerin oranının artması, kağıt makinesi eleğindeki drenajın yavaşlamasına neden olmaktadır (Htun ve de Ruvo, 1978a; Liu vd., 2001; Formento vd., 2003; Chen vd., 2009). Çünkü kırıntı liflerin yüzey alanı ve su tutma kapasiteleri liflerden daha fazladır.

Kırıntı liflerin yüzey alanı lif süspansiyonundaki liflerden 3-5 kat daha yüksektir. Bu yüzden, kırıntılar kağıt safıhası içerisindeki lifler arası boşlukları doldurarak kağıdın hava geçirgenliğinin azalmasına neden olurlar (Forgacs, 1963; Hubbe ve Heitmann, 2007). rafinör mekanik hamurun lif tasnifi öncesi yüzey alanını 5-9 m<sup>2</sup>/g, lif tasnifi sonrası 28 mesh elekte kalan liflerin yüzey alanını 0,5-0,9 m<sup>2</sup>/g, 200 mesh elekten geçen kırıntıların yüzey alanını ise 14-19 m<sup>2</sup>/g olarak tespit etmiştir.

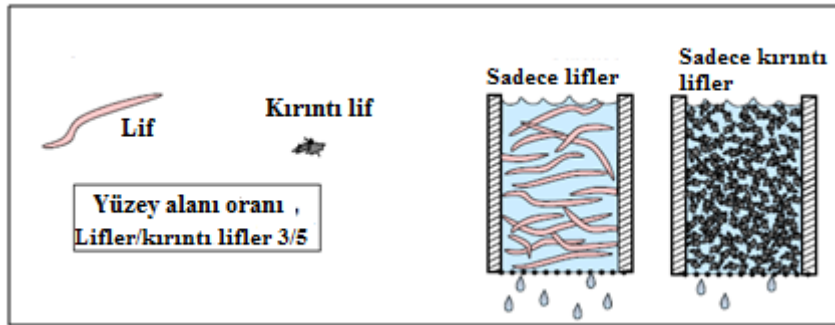
Lee vd. (2011) uzun lif fraksiyonu ile sert odun ağartılmış kraft hamuru sekonder kırıntılarının spesifik yüzey alanlarını ve su tutma kapasitelerini incelemiştir. Uzun lif fraksiyonunun su tutma kapasitesini %162,8, spesifik yüzey alanını 3,38 m<sup>2</sup>/g olarak, sekonder kırıntıların ise su tutma kapasitesini %342,5, spesifik yüzey alanını 9,58 m<sup>2</sup>/g olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca, %20, %30 ve %50 kırıntı lif ilavesi ile kağıdın kopma indisinin, hava geçirgenliğinin ve yoğunluğunun arttığını, kalınlığının ise azaldığını belirtmişlerdir. Kağıtların yırtılma indisinin ise %20 kırıntı lif ilavesi ile arttığını, %20'den daha fazla kırıntı lif ilavelerinde yırtılma indisinin azaldığını tespit etmişlerdir. Diğer taraftan, Mancebo ve Krokoska (1985) lif süspansiyonuna %2, %4, %6, %8 ve %10 oranında ilave edilen kırıntı liflerin kağıdın kopma uzunluğunu artırdığını belirtmişlerdir.

### 1.4.1 Kırıntı Liflerin Tutunmasını Etkileyen Faktörler

Gramajın artması ile kırıntı liflerin tutunması ve tutulan kırıntı liflerin (Şekil 5) drenaja etkisi artar (Eroğlu ve Usta, 2004). Lif süspansiyonundaki yüksek kırıntı lif oranı lif süspansiyonunun drenajını yavaşlatır (Şekil 6).



Şekil 5: Kırıntı liflerin lif yüzeyine tutunması (Hubbe ve Heitmann, 2007).



Şekil 6: Kırıntı liflerin yüzey alanı (solda) ve drenajı (sağda) (Marton, 1980).

Dövme sırasında kırıntı lif ve lif fraksiyonu meydana gelir. Bu ise, daha düşük tutunma yüzdesi ile sonuçlanır. Hamur süspansiyonu içerisinde kırıntı yüzdesi arttığında, safiha içerisindeki kırıntı tutunması azalır (Sözbir, 2015).

Lif uzunluğunun artması, daha fazla miktarda kırıntı lifin uzun liflere tutunmasını sağlayacağı için tutunma oranını artırmaktadır (Eroğlu ve Usta, 2004).

## 1.5 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada, dövülmemiş ve dövülmüş atık kağıt, kızılçam kraft ve titrek kavak kraft kağıt hamurlarının lif süspansiyonlarına %5, %10 ve %15 oranlarında atık kağıt sekonder kırıntı lifi ilave edilerek elde edilen kağıtların sağlamlık ve optik özellikleri üzerine kırıntı lif ilavesinin etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece, atık kağıt sekonder kırıntı lif ilavesinin farklı serbestlik derecelerine sahip (dövülmüş ve dövülmemiş) farklı hamur tiplerinden (kızılçam kraft, titrek kavak kraft ve atık kağıt hamurları) elde edilen kağıtların özelliklerine etkileri belirlenmiştir.

## BÖLÜM 2

### MATERYAL VE YÖNTEM

#### 2.1 Materyal

Çalışmada kullanılan atık kağıt hamuru OYKA Kağıt Ambalaj Sanayi ve Tic. A.Ş.'den temin edilmiştir. Fabrikadan elde edilen atık kağıt lifleri çoğunlukla esmer kraft kağıtlarının yeniden lif haline dönüştürülmesi ile elde edilen liflerdir.

Kağıt hamuru üretiminde ülkemizde geniş yayılış gösteren, yerli orman ağacı türlerimizden olan kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve titrek kavak (*Populus tremula* L.) türleri seçilmiştir. Kızılçam örnekleri Bartın Orman İşletme Şefliği'ne bağlı Topluca köyü bölgesinden, titrek kavak örnekleri ise Bartın Orman İşletme Müdürlüğü Hasankadı Orman İşletme Şefliği'nden temin edilmiştir.

#### 2.2 Yöntem

##### 2.2.1 Yongaların Hazırlanması

Kızılçam ve titrek kavak tomrukları Bartın Üniversitesi Mobilya Atölyesi'nde 3 cm kalınlığında disklere ayrıldıktan sonra kabukları soyularak, el yardımı ile ortalama 0,3x1,5x3 cm ebatlarında yongalanmıştır.

##### 2.2.2 Kraft Pişirme Koşulları

Kızılçam ve titrek kavak yongalarından ayrı ayrı kullanılarak yapılan kraft pişirmelerindeki pişirme koşulları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Çalışmada kullanılan kraft pişirme koşulları.

Pişirme	Aktif	Sülfidite	Max.	Max.	Sıcaklık (°C)	Çözelti/yonga oranı
	alkali (%)	(%)	Sıcaklığa Ulaşma (dak.)	Sıcaklıkta Pişirme (dak.)		
<b>Titrek Kavak</b>	16	20	90	60	170	4/1
<b>Kızılçam</b>	18	25	90	75	170	4/1

Titrek kavak pişirmesinde 770 gram, kızılçamda ise 752 gram tam kuru yonga kullanılmıştır. Pişirmeler tabloda belirtilen deney planına bağlı kalınarak 15 litre kapasiteli, elektrikle ısıtılan, 25 kg/cm<sup>2</sup> basınca dayanıklı, dakikada 2 devir yapabilen ve otomatik kontrol tablosuyla sıcaklığı termostatlı olarak kontrol edilebilen laboratuvar tipi döner pişirme kazanında yapılmıştır. Pişirme kazanında sıcaklık ayarı elle yapıp kazanın üzerindeki termometrenin devamlı gözlemlenmesiyle  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 'lik bir hassasiyetle çalışmak mümkün olmuştur.

### 2.2.3 Kağıt Hamurlarında Yapılan Analizler

Pişirme sonrası hamurlar 150 mesh'lik elek içerisine alınarak musluk suyu ile yıkama suyu berraklaşınca kadar yıkandıktan sonra her hamur 5'er dakika lif açıcıda açılmıştır. Açılan lifler TAPPI T 275 sp-02 standardına göre Somerville tipi sarsıntılı elekte elenerek elenmiştir. Elenen lifler TAPPI T 200 sp-01 standardına göre Hollander'de 28 °SR'e kadar dövülmüştür. Hamurların serbestlik derecesi Schopper Riegler cihazında ISO 5267-1 standardına göre belirlenmiştir. Ayrıca, kağıt hamurlarının kappa numaraları TAPPI T 236 om-99, viskoziteleri ise SCAN-CM 15-62 standardına göre belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan kağıt hamurlarının lif özellikleri Olympus CX21 ışık mikroskopunda 100'er adet lif ölçümü yapılarak belirlenmiştir.

#### 2.2.4 Kırıntı Liflerin Hazırlanması (Bauer McNett Lif Tasnif Edici)

Çalışmada kullanılan kırıntı lifler, OYKA Kağıt Ambalaj Sanayi ve Tic. A.Ş.'den temin edilen atık kağıt liflerinin, Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Lif ve Kağıt Laboratuvarındaki Hollander dövücüde %1,4 kesafette 7 saat boyunca dövülmesi ile elde edilmiştir. Dövülmüş lifler 30 mesh, 50 mesh, 100 mesh, 200 mesh ve 300 mesh elek takımından oluşan Bauer McNett lif tasnifi cihazında (Şekil 7) boylarına göre tasnif edilmiştir. Lif tasnif edicinin birinci tankına (30 mesh elek bulunan tank) hollanderden alınan ve tam kuru 10 gram lif içeren lif süspansiyonu seyreltilerek dökülmüştür. Örnek, dakikada 10 litre su akacak şekilde 20 dakika süre ile sınıflanmaya tabi tutulmuştur. 200 mesh elek gözeneğine sahip tanktan çıkan kırıntı lifler 300 mesh'lik elekte sekonder kırıntı lif olarak toplanmıştır (Şekil 8).



Şekil 7: Bauer McNett lif tasnif edici (Fotoğraf: Saffet Uysal, 2015).





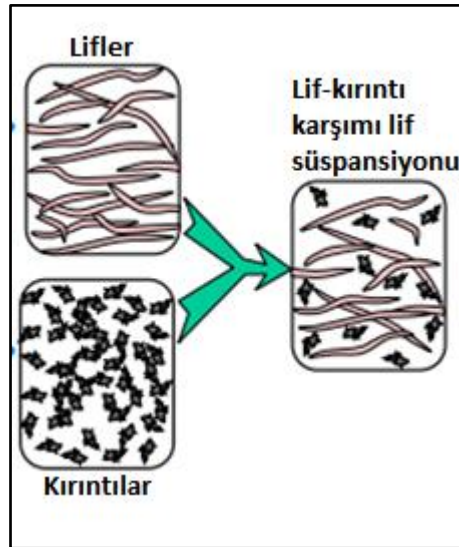
Şekil 8: 300 mesh elekte biriken kırıntı lifler (Fotoğraf: Saffet Uysal, 2015).

### 2.2.5 Deneme Kağıtlarının Hazırlanması

Atık kağıt, kızılçam kraft ve titrek kavak kraft kağıt hamurlarına Bauer McNett lif tasnif ediciden elde edilen atık kağıt sekonder kırıntı lifleri tam kuru lif ağırlığına oranla %5, %10 ve %15 oranında ilgili hamurların dövülmüş ve dövülmemiş liflerini içeren lif süspansiyonlarına ayrı ayrı katılmıştır (Şekil 9, Tablo 2). Lif süspansiyonlarına farklı oranlarda kırıntı lif ilavesinden sonra lif süspansiyonundan alınan örneklerin ISO 5267-1 standardına göre serbestlik dereceleri belirlenmiştir. Lif ve kırıntı karışımından oluşan lif süspansiyonlarından ISO 5269-2 standardına göre Rapid Koethen deneme kağıdı makinesinde 70 g/m<sup>2</sup>'lik 15'er adet deneme kağıdı üretilmiştir. Ayrıca, kırıntı lif ilavesiz kontrol kağıtları da aynı gramajda üretilmiştir. Çalışmada, kontrol, %5, %10 ve %15 kırıntı lif ilaveli olmak üzere 4 grup, dövülmemiş ve dövülmüş (28 °SR) olmak üzere 2 grup, atık kağıt, kızılçam kraft ve titrek kavak lifi olmak üzere 3 gruptan her bir gruptan 15 kağıt hazırlanmak koşuluyla toplam 4x2x3x15=360 adet deneme kağıdı üretilmiştir.

Tablo 2: Çalışmada kullanılan lif-kırıntı karışım oranları.

%100 Kızılçam kraft hamuru
%95 Kızılçam kraft hamuru + %5 kırıntı lif
%90 Kızılçam kraft hamuru + %10 kırıntı lif
%85 Kızılçam kraft hamuru + %15 kırıntı lif
%100 Titrek kavak kraft hamuru
%95 Titrek kavak kraft hamuru + %5 kırıntı lif
%90 Titrek kavak kraft hamuru + %10 kırıntı lif
%85 Titrek kavak kraft hamuru + %15 kırıntı lif
%100 Atık kağıt hamuru
%95 Atık kağıt hamuru + %5 kırıntı lif
%90 Atık kağıt hamuru + %10 kırıntı lif
%85 Atık kağıt hamuru + %15 kırıntı lif



Şekil 9: Lif-kırıntı karışımı lif süspansiyonu (Hubbe ve Heitmann, 2007).

### 2.2.6 Kâğıtların Fiziksel, Optik ve Mekanik Özellikleri

Deneme kağıtları TAPPI T 402 sp-03 standardına göre  $23 \pm 2$  °C sıcaklık ve  $50 \pm 2$  bağıl nemde 24 saat kondisyonlandıktan sonra Tablo 3’de gösterilen standartlara göre bazı fiziksel, optik ve mekanik özellikleri tespit edilmiştir.

Tablo 3: Deneme kâğıtlarının testlerinde kullanılan yöntemler.

<b>Deney</b>	<b>Yöntem</b>
Yırtılma İndisi	TAPPI T 414 om-98
Kopma İndisi	
TEA	ISO 1924-3
Uzama	
Patlama İndisi	TAPPI T 403 om-02
Opaklık	TAPPI T 519 om-02
Parlaklık	TAPPI T 525 om-02
Kalınlık	TAPPI T 411 om-97
Hava Geçirgenliği	ISO 5636-3
Yüzey Düzgünlüğü	ISO 8791-2
Yoğunluk	TAPPI T 220 sp-01

### 2.2.7 Verilerin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 16.0 paket programı kullanılmıştır. Titrek kavak, kızılçam ve atık kağıt hamurlarının dövülmemiş ve dövülmüş (28 °SR) liflerine, %5, %10 ve %15 oranlarında kırıntı lif ilavesinin kağıt özellikleri üzerine etkisini tespit etmek için elde edilen verilerde tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) uygulanmıştır. Gruplar arasında fark çıkması durumunda bu farkın %95 güven aralığında anlamlı olup olmadığı Duncan testi ile belirlenmiştir.

## BÖLÜM 3

### BULGULAR VE İRDELEME

#### 3.1 Kağıt Hamurlarının Özellikleri

Kızılçam, atık kağıt ve titrek kavak kağıt hamurlarının viskoziteleri, kapa numaraları ve lif özellikleri ile kırıntı liflerin lif özellikleri Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4: Kızılçam, titrek kavak ve atık kağıt hamurlarının bazı özellikleri.

Örnek	Viskozite (cm <sup>3</sup> /g)	Kappa numarası	Lif uzunluğu (mm)	Lif genişliği (µm)	Lümen genişliği (µm)	Çeper kalınlığı (µm)
<b>Kızılçam</b>	888	31,4	2,90	54,50	28,50	13,00
<b>Titrek Kavak</b>	1121	32,5	1,18	24,25	10,50	6,88
<b>Atık Kağıt</b>	580	31,2	1,66	28,00	10,75	8,63
<b>Kırıntı lif</b>	-	-	0,21	23,50	11,00	6,25

Hamurun viskozitesi odun polisakkaritlerinin, özellikle selülozun ortalama polimerizasyon derecesi ile ilgilidir. Bu nedenle, hamur viskozitesindeki düşüş, odun polisakkaritlerinde meydana gelen bozunmanın bir göstergesidir.

Hamurların viskoziteleri incelendiğinde, titrek kavak hamurunun viskozitesi en yüksek değeri verirken, atık kağıdın viskozitesinin en düşük değere sahip olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan kağıt hamurlarının kapa numaralarının benzer değerlerde olduğu görülmüştür.

Kraft kağıt hamuru örneklerinin lif özelliklerinin iğne yapraklı ağaç ve yapraklı ağaç lif özelliklerini temsil ettiği, atık kağıt liflerinin ise nispeten kısa liflere sahip olduğu görülmüştür. Kırıntı liflerin boyunun ise kırıntı lif tanımında belirtilen 0,2 mm civarında olduğu tespit edilmiştir.

### 3.2 Kırıntı Lif İlavesinin Lif Süspansiyonunun Drenajı Üzerine Etkisi

Çalışmada kullanılan kağıt hamurlarının dövülmüş ve dövülmemiş liflerine farklı oranlarda kırıntı lif ilavesi ile liflerin serbestlik derecelerinde meydana gelen değişim Tablo 5’de verilmiştir. Tüm hamurlarda kırıntı lif ilave oranının artmasıyla lif süspansiyonunun serbestlik derecesinin azaldığı, yani °SR değerinin arttığı ve dolayısıyla lif süspansiyonunun drenaj süresinin uzadığı tespit edilmiştir. Bu durum, kırıntı liflerin elek gözeneklerini liflerle birlikte hızla kaplayarak tıkaması ve suyun drenajının gecikmesi ile açıklanabilir (Liu vd., 2001; Formento vd., 2003; Taipale vd., 2010; Lindqvist vd., 2011).

Tablo 5: Çalışmada kullanılan hamurların lif süspansiyonlarına kırıntı lif ilavesi ile liflerin serbestlik derecesinde meydana gelen değişim.

Örnekler	Dövülmemiş	Dövülmüş (28 °SR)
%100 Kızılçam kraft hamuru	13 °SR	28 °SR
%95 Kızılçam kraft hamuru + %5 kırıntı lif	15 °SR	41 °SR
%90 Kızılçam kraft hamuru + %10 kırıntı lif	16 °SR	50 °SR
%85 Kızılçam kraft hamuru + %15 kırıntı lif	27 °SR	59 °SR
%100 Titrek kavak kraft hamuru	13 °SR	28 °SR
%95 Titrek kavak kraft hamuru + %5 kırıntı lif	17 °SR	38 °SR
%90 Titrek kavak kraft hamuru + %10 kırıntı lif	22 °SR	45 °SR
%85 Titrek kavak kraft hamuru + %15 kırıntı lif	28 °SR	51 °SR
%100 Atık kağıt hamuru	20 °SR	28 °SR
%95 Atık kağıt hamuru + %5 kırıntı lif	25 °SR	35 °SR
%90 Atık kağıt hamuru + %10 kırıntı lif	34 °SR	43 °SR
%85 Atık kağıt hamuru + %15 kırıntı lif	37 °SR	55 °SR

### 3.3 Deneme Kağıtlarının Sağamlık ve Optik Özellikleri

Kızılçam, titrek kavak, atık kağıt örneklerinden elde edilen deneme kağıtlarının yırtılma indisi, patlama indisi, kopma indisi, uzama, yoğunluk ve TEA gibi sağamlık özellikleri ile opaklık, parlaklık gibi optik özellikleri tespit edilmiştir. Dövülmemiş hamurlara kırıntı lif ilavesinin deneme kağıtlarının özellikleri üzerine etkisi Tablo 6'da, dövülmüş (28 °SR) hamurlara kırıntı lif ilavesinin deneme kağıtlarının özellikleri üzerine etkisi ise Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 6: Dövülmemiş kağıt hamurlarına kırıntı lif ilavesinin deneme kağıtlarının özellikleri üzerine etkisi.

Örnek	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m <sup>2</sup> )	Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /g)	Patlama İndisi (kPa.m <sup>2</sup> /g)	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Parlaklık (%)	Opaklık (%)
<b>%100 Kızılçam kraft hamuru</b>	39,12±0,50a	2,74±0,09a	58,20±2,12a	8,86±0,24a	2,30±0,07a	0,57±0,02a	23,21±0,06a	99,47±0,29a
<b>%95 Kızılçam kraft hamuru + %5 kırıntı lif</b>	44,26±1,69b	2,94±0,11b	66,93±2,50b	7,87±0,18b	2,63±0,07b	0,59±0,01ab	23,47±0,08c	99,23±0,38a
<b>%90 Kızılçam kraft hamuru + %10 kırıntı lif</b>	47,03±0,84c	3,35±0,12c	81,42±2,97c	7,35±0,05c	3,00±0,08c	0,61±0,02b	23,71±0,08d	99,13±0,45a
<b>%85 Kızılçam kraft hamuru + %15 kırıntı lif</b>	50,73±0,79d	3,37±0,08c	90,83±3,41d	6,38±0,21d	3,28±0,08d	0,64±0,01c	23,34±0,13b	98,96±0,81a
<b>%100 Titrek kavak kraft hamuru</b>	35,33±1,51a	1,30±0,07a	21,32±0,68a	3,74±0,11a	1,87±0,06a	0,64±0,02a	27,07±0,10c	99,25±0,80a
<b>%95 Titrek kavak kraft hamuru+ %5 kırıntı lif</b>	54,84±0,89b	1,79±0,07b	48,02±1,65b	4,46±0,14b	2,37±0,08b	0,66±0,01ab	27,15±0,09d	99,06±0,73a
<b>%90 Titrek kavak kraft hamuru + %10 kırıntı lif</b>	56,70±1,08c	2,05±0,06c	57,0±1,70c	4,60±0,08c	2,95±0,09c	0,67±0,02b	26,84±0,05b	98,99±0,27a
<b>%85 Titrek kavak kraft hamuru + %15 kırıntı lif</b>	66,07±2,20d	2,17±0,08d	70,2±3,01d	4,71±0,09c	3,14±0,10d	0,69±0,01c	26,46±0,09a	98,68±0,34a
<b>%100 Atık kağıt hamuru</b>	25,71±1,03a	1,49±0,06a	18,63±0,79a	4,03±0,16a	1,24±0,04a	0,53±0,01a	25,21±0,42a	99,58±0,26a
<b>%95 Atık kağıt hamuru + %5 kırıntı lif</b>	29,89±1,01b	1,71±0,05b	25,79±0,94b	4,53±0,18b	1,37±0,04b	0,57±0,02b	25,88±0,20d	99,45±0,36a
<b>%90 Atık kağıt hamuru + %10 kırıntı lif</b>	35,17±1,17c	1,99±0,06c	35,45±1,14c	4,74±0,13c	1,66±0,05c	0,57±0,02b	25,68±0,19bc	99,37±0,50a
<b>%85 Atık kağıt hamuru + %15 kırıntı lif</b>	36,89±1,12d	2,08±0,09d	39,04±1,56d	4,41±0,11b	1,70±0,05d	0,59±0,02b	25,47±0,34b	99,11±0,51a

Tablo 7: Dövülmemiş kağıt hamurlarına kırıntı lif ilavesinin deneme kağıtlarının özellikleri üzerine etkisi (% değişimler).

Örnek	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m <sup>2</sup> )	Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /g)	Patlama İndisi (kPa.m <sup>2</sup> /g)	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Parlaklık (%)	Opaklık (%)
<b>%100 Kızılçam Kraft hamuru</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>%95 Kızılçam + %5 kırıntı lif</b>	+ %13,14	+ %7,29	+ %15	- %11,17	+ %14,34	+ %3,51	+ %1,12	- %0,24
<b>%90 Kızılçam + %10 kırıntı lif</b>	+ %20,22	+ %22,26	+ %39,89	- %17,04	+ %30,43	+ %7,02	+ <b>%2,15</b>	- %0,34
<b>%85 Kızılçam + %15 kırıntı lif</b>	+ <b>% 29,68</b>	+ <b>%22,99</b>	+ <b>%56,06</b>	- <b>%27,99</b>	+ <b>%42,60</b>	+ <b>%12,28</b>	+ %0,56	- <b>%0,51</b>
<b>%100 Titrek Kavak Kraft hamuru</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>%95 Titrek Kavak + %5 kırıntı lif</b>	+ %55,22	+ %37,69	+ %125,23	+ %19,25	+ %26,73	+ %3,13	+ %0,29	- %0,19
<b>%90 Titrek Kavak + %10 kırıntı lif</b>	+ %60,49	+ %57,69	+ %167,35	+ %22,29	+ %57,75	+ %4,68	- %0,85	- %0,26
<b>%85 Titrek Kavak + %15 kırıntı lif</b>	+ <b>%85,07</b>	+ <b>%66,92</b>	+ <b>%229,26</b>	+ <b>%25,93</b>	+ <b>%67,91</b>	+ <b>%7,81</b>	- <b>%2,25</b>	- <b>%0,57</b>
<b>%100 Atık Kağıt hamuru</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>%95 Atık Kağıt + %5 kırıntı lif</b>	+ %16,29	+ %14,76	+ % 38,43	+ %12,40	+ %10,48	+ %7,55	+ <b>%2,65</b>	- %0,13
<b>%90 Atık Kağıt + %10 kırıntı lif</b>	+ %36,80	+ %33,55	+ %90,28	+ <b>%17,61</b>	+ %33,87	+ %7,55	+ %1,86	- %0,21
<b>%85 Atık Kağıt + %15 kırıntı lif</b>	+ <b>%43,49</b>	+ <b>%39,59</b>	+ <b>%109,55</b>	+ %9,42	+ <b>%37,09</b>	+ <b>%11,32</b>	+ %1,03	- <b>%0,47</b>



Tablo 8: Dövülmüş (28 °SR) hamurlara kırıntı lif ilavesinin deneme kağıtlarının özellikleri üzerine etkisi.

Örnek	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m <sup>2</sup> )	Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /g)	Patlama İndisi (kPa.m <sup>2</sup> /g)	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Parlaklık (%)	Opaklık (%)
<b>%100 Kızılcam kraft hamuru</b>	82,53±2,12a	2,35±0,11c	94,22±2,72c	3,77±0,07a	4,67±0,13c	0,84±0,03a	18,15±0,22a	97,38±0,89a
<b>%95 Kızılcam kraft hamuru + %5 kırıntı lif</b>	86,03±2,91b	2,43±0,09d	101,58±2,67d	3,53±0,12b	4,58±0,13bc	0,84±0,03a	17,52±0,13b	96,99±1,23a
<b>%90 Kızılcam kraft hamuru + %10 kırıntı lif</b>	84,21±1,74ab	2,22±0,07b	90,53±2,91b	3,33±0,10c	4,38±0,14a	0,85±0,03a	17,16±0,24c	96,85±1,17a
<b>%85 Kızılcam kraft hamuru + %15 kırıntı lif</b>	83,56±2,61a	2,14±0,07a	86,71±2,32a	3,35±0,12c	4,50±0,13b	0,85±0,03a	16,68±0,24d	96,55±1,00a
<b>%100 Titrek kavak kraft hamuru</b>	82,92±2,60a	2,55±0,10a	104,69±4,27ab	3,85±0,09a	4,16±0,12a	0,82±0,03a	23,75±0,23a	96,43±0,24a
<b>%95 Titrek kavak kraft hamuru + %5 kırıntı lif</b>	84,70±2,15a	2,56±0,10a	107,13±4,54a	3,69±0,14b	4,22±0,11a	0,85±0,03a	23,08±0,21b	96,01±0,35a
<b>%90 Titrek kavak kraft hamuru + %10 kırıntı lif</b>	84,44±3,33a	2,44±0,12b	101,71±3,52bc	3,44±0,12c	4,23±0,12a	0,85±0,03a	22,32±0,23c	96,08±0,39a
<b>%85 Titrek kavak kraft hamuru + %15 kırıntı lif</b>	84,49±2,97a	2,39±0,09b	99,47±4,36c	3,39±0,11c	4,27±0,09a	0,85±0,03a	21,73±0,30d	96,02±0,51a
<b>%100 Atık kağıt hamuru</b>	34,49±1,74a	1,79±0,08a	30,51±1,18a	4,26±0,15a	1,65±0,05a	0,58±0,03a	25,05±0,22a	99,37±0,51a
<b>%95 Atık kağıt hamuru + %5 kırıntı lif</b>	38,27±0,76b	1,94±0,08b	37,06±1,26b	4,49±0,08b	1,85±0,05b	0,61±0,02a	24,84±0,13b	99,31±0,55a
<b>%90 Atık kağıt hamuru + %10 kırıntı lif</b>	42,24±0,96c	2,02±0,08c	42,77±1,75c	4,71±0,08c	1,98±0,06c	0,60±0,03a	25,00±0,17ab	99,20±0,48a
<b>%85 Atık kağıt hamuru + %15 kırıntı lif</b>	46,38±1,11d	2,28±0,07d	53,21±1,70d	4,45±0,04b	2,36±0,06d	0,61±0,03a	24,08±0,29c	98,80±0,85a

Tablo 9: Dövülmüş (28 °SR) hamurlara kırıntı lif ilavesinin deneme kağıtlarının özellikleri üzerine etkisi (% değişim).

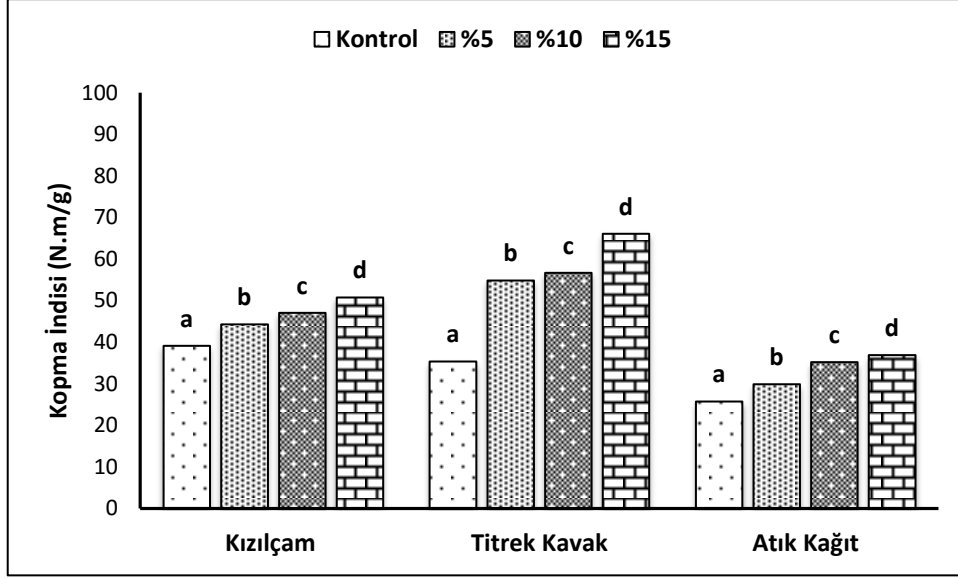
Örnek	Kopma İndisi (N.m/g)	Uzama (%)	TEA (J/m <sup>2</sup> )	Yırtılma İndisi (mN.m <sup>2</sup> /g)	Patlama İndisi (kPa.m <sup>2</sup> /g)	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Parlaklık (%)	Opaklık (%)
<b>%100 Kızılçam kraft hamuru</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>%95 Kızılçam + %5 kırıntı lif</b>	+ %3,02	+ %3,40	+ %7,81	- %6,37	- %1,93	+ %0	- %3,47	- %0,40
<b>%90 Kızılçam + %10 kırıntı lif</b>	+ %2,04	- %5,53	- %3,92	- %11,67	- %6,21	+ %1,19	- %5,45	- %0,54
<b>%85 Kızılçam + %15 kırıntı lif</b>	+ %1,25	- %8,93	- %7,97	- %11,14	- %3,64	+ %1,19	- %8,10	- %0,85
<b>%100 Titrek kavak kraft hamuru</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>%95 Titrek kavak + %5 kırıntı lif</b>	+ %2,15	+ %0,40	+ %2,33	- %4,15	+ %1,44	+ %3,66	- %2,82	- %0,44
<b>%90 Titrek kavak + %10 kırıntı lif</b>	+ %1,83	- %4,31	- %2,85	- %10,65	+ %1,68	+ %3,66	- %6,02	- %0,36
<b>%85 Titrek kavak + %15 kırıntı lif</b>	+ %1,89	- %6,27	- %4,99	- %11,95	+ %2,64	+ %3,66	- %8,50	- %0,43
<b>%100 Atık kağıt hamuru</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>%95 Atık kağıt + %5 kırıntı lif</b>	+ %10,96	+ %8,37	+ %21,46	+ %5,39	+ %12,12	+ %5,17	- %0,84	- %0,06
<b>%90 Atık kağıt + %10 kırıntı lif</b>	+ %22,47	+ %12,84	+ %40,18	+ %10,56	+ %20	+ %3,45	- %0,20	- %0,17
<b>%85 Atık kağıt + %15 kırıntı lif</b>	+ %34,47	+ %27,37	+ %74,40	+ %4,46	+ %43,03	+ %5,17	- %3,87	- %0,57

### 3.2.1 Kağıtların Sağlamlık Özellikleri

#### 3.2.1.1 Kopma İndisi

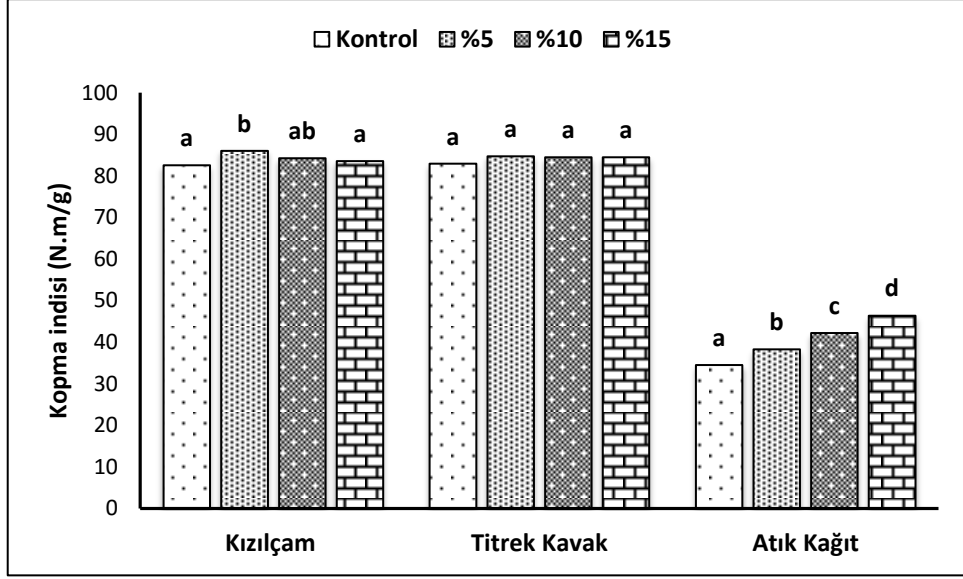
Atık kağıt, kızılçam ve titrek kavaktan elde edilen dövülmemiş ve dövülmüş (28 °SR) hamurlara %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilavesinin deneme kağıtlarının kopma indisi değerleri üzerine etkileri sırasıyla Şekil 10 ve Şekil 11’de verilmiştir.

Kızılçam dövülmemiş hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların kopma indisi değerlerinin sırasıyla %13,14, %20,22 ve %29,68 oranında arttığı belirlenmiştir. Titrek kavak ve atık kağıt dövülmemiş hamurlarında kopma indisi artışlarının sırasıyla %55,22, %60,49, %85,07 ve %16,29, %36,80, %43,49 olduğu belirlenmiştir. Bu artışlar, kırıntı liflerin lifler arasındaki boşlukları doldurarak lif-lif temas alanını arttırması ile açıklanabilir. Asikainen vd. (2010) kimyasal termomekanik kağıt hamuruna (CTMP) %10 ve %20 oranında ağartılmamış huş kırıntı lifleri ilave edildiğinde kağıdın kopma indisinin 22,5 N.m/g’den sırasıyla 26,5 N.m/g ve 31,0 N.m/g’ a arttığını tespit etmişlerdir. Bäckström vd. (2008) iki farklı kappa numarasına sahip (45 ve 90) kağıt hamurlarının lif süspansiyonlarına %10 oranında sekonder (ikincil) kırıntı lif ilave edildiğinde kağıdın kopma indisinin %30 oranında arttığını belirtmiştir. Retulainen (1997) kraft uzun lif fraksiyonuna %3 kırıntı lif ilave edildiğinde kağıdın kopma indisinin %18 oranında arttığını tespit etmiştir. Ferreira vd. (2000) lif süspansiyonundan kırıntı liflerin uzaklaştırılması ile kağıdın kopma indisi değerinin 99,4 N.m/g’den 81,7 N.m/g’ a düştüğünü belirtmişlerdir. Zhang vd. (2011) yüksek verimli kağıt hamurlarına yüksek oranda kırıntı lif (%35-47 dövme derecesine bağlı olarak) içeren ağartılmış buğday sapı hamurundan %5 ilave edildiğinde kağıdın kopma indisinin 29,56 N.m/g’den 34,34 N.m/g’ a arttığını tespit etmişlerdir. Kırıntı lif ilavesiyle kağıdın kopma indisi değerlerinde meydana gelen artışlar çeşitli yazarlar tarafından da rapor edilmiştir (Mohlin, 1977; Hartman,1984; Mancebo ve Krokoska, 1985; Terao vd., 1989; Retulainen vd., 1993; Waterhouse, 1994; Retulainen ve Nieminen, 1996; Luokko ve Paulapuro, 1999; Rundlöf, 2002; Formento vd., 2003; Vainio vd., 2007; Taipale vd., 2010; Lee vd., 2011).



Şekil 10: Dövülmemiş hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların kopma indisi değerlerine etkisi.

Şekil 11’de görüldüğü gibi, kızılçam ve titrek kavak hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin kağıdın kopma indisi değerlerini istatistiki olarak önemli derecede etkilemediği ( $p>0,05$ ) tespit edilmiştir. Ancak, atık kağıt hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin oranının artmasıyla kağıtların kopma indisi değerlerinin istatistiki olarak anlamlı derecede ( $p<0,05$ ) arttığı belirlenmiştir. Atık kağıt hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların kopma indisi değerlerinin sırasıyla %10,96, %22,47 ve %34,47 oranında arttığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, hornifikasyona uğramış atık kağıt liflerinin birincil liflere oranla dövmeğe daha az cevap vermesi ile açıklanabilir. Örneğin, atık kağıt dövülmemiş kağıt hamuru 28 °SR’e kadar dövüldüğü zaman kağıdın kopma indisi 25,71 N.m/g’den 34,49 N.m/g’a yükselirken, kızılçam ve titrek kavak kraft hamurlarında bu değerler sırasıyla 39,12 N.m/g’den 82,53 N.m/g’a ve 35,33 N.m/g’den 82,92 N.m/g’a artış olarak belirlenmiştir (Tablo 6 ve Tablo 8). Ayrıca, bu sonuçlar atık kağıt dövülmüş liflerine kırıntı lif ilavesinin dövmeden daha etkili olmasına da bağlanabilir. Örneğin, kızılçam dövülmemiş kraft hamuru 28 °SR’e kadar dövüldüğü zaman kağıdın kopma indisi 39,12 N.m/g’den 82,53 N.m/g’a yükselirken, aynı hamura %15 kırıntı lif ilave edildiğinde kağıdın kopma indisi 39,12 N.m/g’den 50,73 N.m/g’a yükselmektedir. Atık kağıt dövülmemiş kağıt hamuru 28 °SR’e kadar dövüldüğü zaman kağıdın kopma indisi 25,71 N.m/g’den 34,49 N.m/g’a yükselirken, aynı hamura %15 kırıntı lif ilave edildiğinde kağıdın kopma indisi 25,71 N.m/g’den 36,89 N.m/g’a yükselmektedir (Tablo 6 ve Tablo 8).

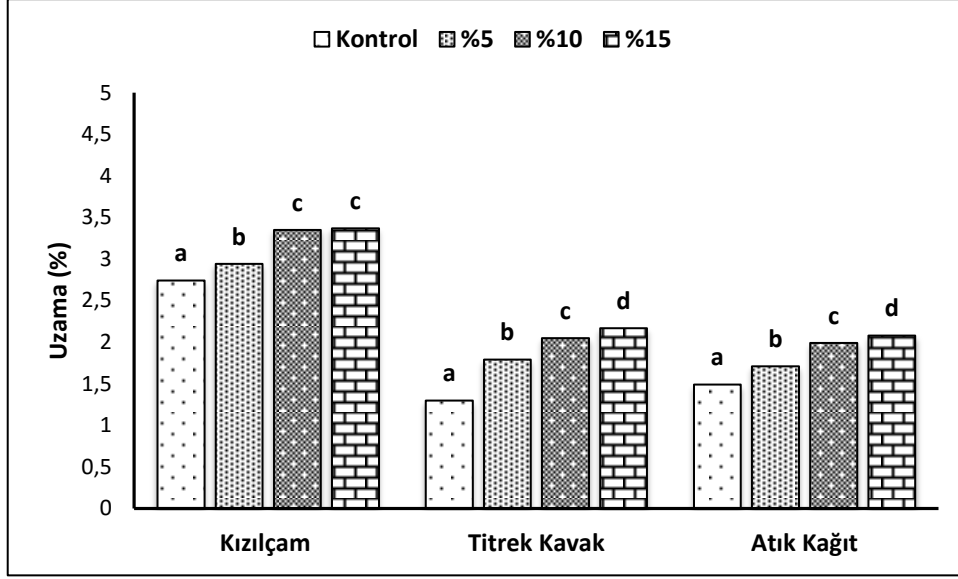


Şekil 11: Dövülmüş (28 °SR) hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların kopma indisi değerlerine etkisi.

### 3.2.1.2 Uzama

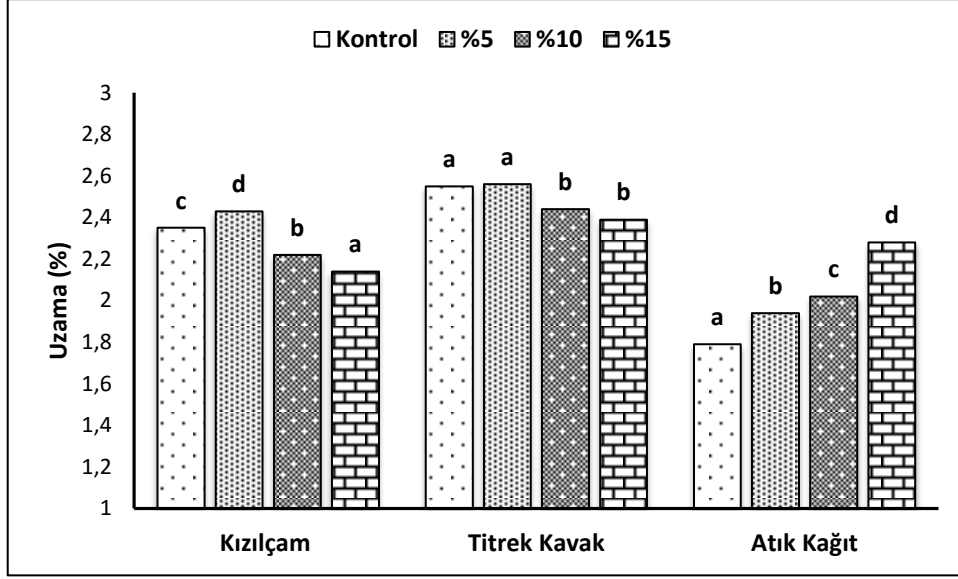
Atık kağıt, kızılçam ve titrek kavaktan elde edilen dövülmemiş ve dövülmüş (28 °SR) hamurlara %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilavesinin deneme kağıtlarının uzama değerleri üzerine etkileri sırasıyla Şekil 12 ve Şekil 13’de verilmiştir.

Kızılçam dövülmemiş hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların uzama değerlerinin sırasıyla %7,29, %22,26 ve %22,99 oranında arttığı belirlenmiştir. Bu artışlar, kırıntı liflerin lifler arasındaki boşlukları doldurarak lif-lif temas alanını arttırması ile açıklanabilir. Titrek kavak ve atık kağıt dövülmemiş hamurlarında uzama artışlarının sırasıyla %37,69, %57,69, %66,92 ve %14,76, %33,55, %39,59 olduğu belirlenmiştir. Zhang vd. (2011) yüksek verimli kağıt hamurlarına yüksek kırıntı lif (%35-47 dövme derecesine bağlı olarak) içeren ağartılmış buğday sapı hamurundan %5 ilave edildiğinde kağıdın uzama değerinin %1,80’den %1,89’a arttığını tespit etmişlerdir. Kırıntı lif ilavesiyle kağıdın uzama değerlerinde meydana gelen artışlar Mohlin (1977) ve Bäckström vd. (2008) tarafından da rapor edilmiştir.



Şekil 12: Dövülmemiş hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların uzama değerlerine etkisi.

Şekil 13’de görüldüğü gibi, kızılçam ve titrek kavak hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin kağıdın uzama değerlerini %5 oranında kırıntı lif ilavesi ile sırasıyla %3,40 ve %0,40 oranında artırdığı, %10 ve %15 oranlarında kırıntı lif ilavesi ile sırasıyla %5,53, %8,93 ve %4,31, %6,27 oranlarında azalttığı tespit edilmiştir. Atık kağıt hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin oranının artmasıyla kağıtların uzama değerlerinin istatistiki olarak anlamlı derecede ( $p < 0,05$ ) arttığı belirlenmiştir. Atık kağıt hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların uzama değerlerinin sırasıyla %8,37, %12,84 ve %27,37 oranında arttığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, hornifikasyona uğramış atık kağıt liflerinin birincil liflere oranla dövmeğe daha az cevap vermesi ile açıklanabilir. Örneğin, atık kağıt dövülmemiş kağıt hamuru 28 °SR’e kadar dövüldüğü zaman kağıdın uzama değeri %1,49’dan %1,79’a yükselirken, titrek kavak kraft hamurlarında bu değerler %1,30’dan %2,55’a artış olarak belirlenmiştir (Tablo 6 ve Tablo 8). Ayrıca, bu sonuçlar atık kağıt dövülmüş liflerine kırıntı lif ilavesinin dövmeden daha etkili olmasına da bağlanabilir. Ayrıca, atık kağıt dövülmüş liflerine kırıntı lif ilavesinin etkisi dövmenin etkisinden daha belirgindir. Örneğin, atık kağıt dövülmemiş kağıt hamuru 28 °SR’e kadar dövüldüğü zaman kağıdın uzama değeri %1,49’dan %1,79’a yükselirken, aynı hamura %15 kırıntı lif ilave edildiğinde kağıdın uzama değeri %1,49’dan %2,08’e yükselmektedir (Tablo 6 ve Tablo 8).

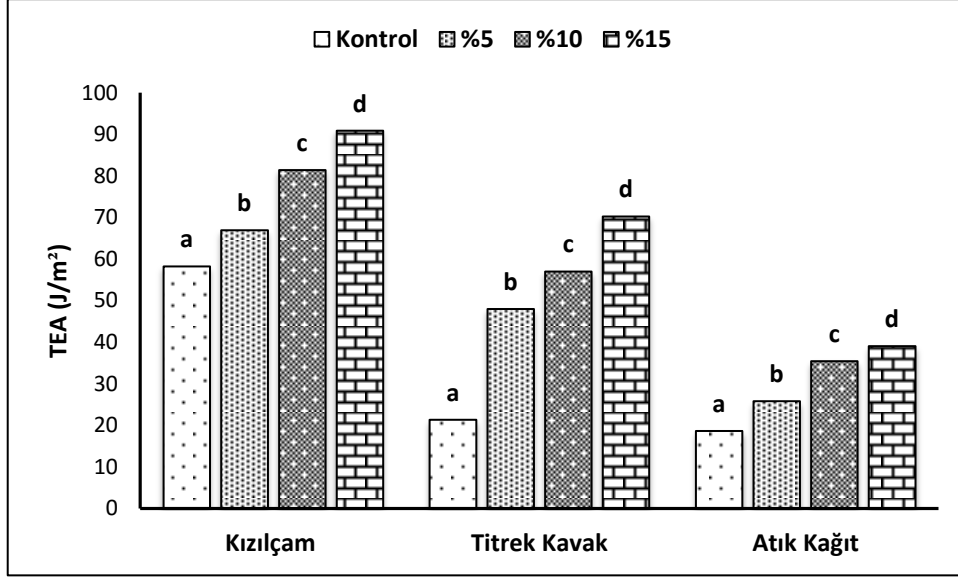


Şekil 13: Dövülmüş (28 °SR) hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların uzama değerlerine etkisi.

### 3.2.1.3 TEA

Atık kağıt, kıızılcam ve titrek kavaktan elde edilen dövülmemiş ve dövülmüş (28 °SR) hamurlara %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilavesinin deneme kağıtlarının TEA değerleri üzerine etkileri sırasıyla Şekil 14 ve Şekil 15’de verilmiştir.

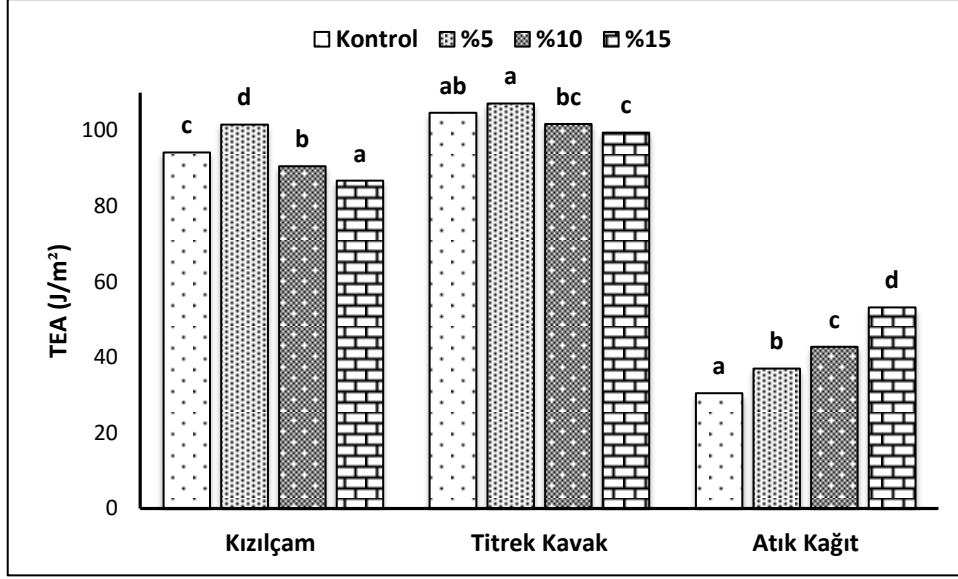
Kızılcam dövülmemiş hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların TEA değerlerinin sırasıyla %15, %39,89 ve %56,06 oranında arttığı belirlenmiştir. Titrek kavak ve atık kağıt dövülmemiş hamurlarında TEA artışlarının sırasıyla %125,23, %167,35, %229,26 ve %38,43, %90,28, %109,55 olduğu belirlenmiştir. Bu artışlar, kırıntı liflerin lifler arasındaki boşlukları doldurarak lif-lif temas alanını artırması ile açıklanabilir. Bäckström vd. (2008) iki farklı kappa numarasına sahip (45 ve 90) kağıt hamurlarının lif süspansiyonlarına %10 oranında sekonder (ikincil) kırıntı lif ilave edildiğinde kağıdın TEA değerinin %50’den fazla oranda arttığını belirtmiştir. Zhang vd. (2011) yüksek verimli kağıt hamurlarına yüksek kırıntı lif (%35-47 dövme derecesine bağlı olarak) içeren ağartılmış buğday sapı hamurundan %5 ilave edildiğinde kağıdın TEA değerinin 21,10 J/m<sup>2</sup>’den 25,66 J/m<sup>2</sup>’ye arttığını tespit etmişlerdir.



Şekil 14: Dövülmemiş hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların TEA değerlerine etkisi.

Şekil 15’de görüldüğü gibi, kızılçam ve titrek kavak dövülmüş hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin kağıdın TEA değerlerini %5 oranında kırıntı lif ilavesi ile sırasıyla %7,81 ve %2,33 oranlarında azalttığı, %10 ve %15 oranlarında kırıntı lif ilavesi ile sırasıyla %3,92, %7,97 ve %2,85, %4,99 oranlarında artırdığı tespit edilmiştir. Atık kağıt hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin oranının artmasıyla kağıtların TEA değerlerinin istatistiki olarak anlamlı derecede ( $p<0,05$ ) arttığı belirlenmiştir. Atık kağıt hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların TEA değerlerinin sırasıyla %21,46, %40,18 ve %74,40 oranında arttığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, hornifikasyona uğramış atık kağıt liflerinin birincil liflere oranla dövmeye daha az cevap vermesine atfedilebilir. Örneğin, atık kağıt dövülmemiş kağıt hamuru 28 °SR’e kadar dövüldüğü zaman kağıdın TEA değeri  $18,63 \text{ J/m}^2$ ’den  $30,51 \text{ J/m}^2$ ’ye yükselirken, titrek kavak kraft hamurlarında bu değerler  $21,32 \text{ J/m}^2$ ’den  $104,69 \text{ J/m}^2$ ’ye artış olarak belirlenmiştir (Tablo 6 ve Tablo 8). Ayrıca, bu sonuçlar atık kağıt dövülmüş liflerine kırıntı lif ilavesinin dövmeden daha etkili olmasına da bağlanabilir. Örneğin, atık kağıt dövülmemiş kağıt hamuru 28 °SR’e kadar dövüldüğü zaman kağıdın TEA değeri  $18,63 \text{ J/m}^2$ ’den  $30,51 \text{ J/m}^2$ ’ye yükselirken, aynı hamura %15 kırıntı lif ilave edildiğinde kağıdın TEA değeri  $18,63 \text{ J/m}^2$ ’den  $39,04 \text{ J/m}^2$ ’ye yükselmektedir (Tablo 6 ve Tablo 8).





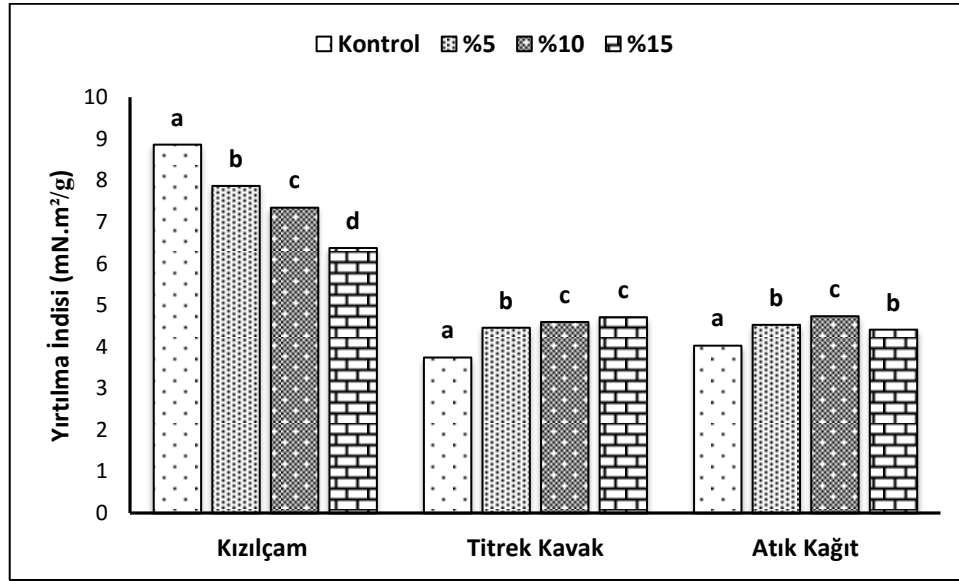
Şekil 15: Dövülmüş (28 °SR) hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların TEA değerlerine etkisi.

### 3.2.1.4 Yırtılma İndisi

Atık kağıt, kızılçam ve titrek kavaktan elde edilen dövülmemiş ve dövülmüş (28 °SR) hamurlara %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilavesinin deneme kağıtlarının yırtılma indisi değerleri üzerine etkileri sırasıyla Şekil 16 ve Şekil 17’de verilmiştir.

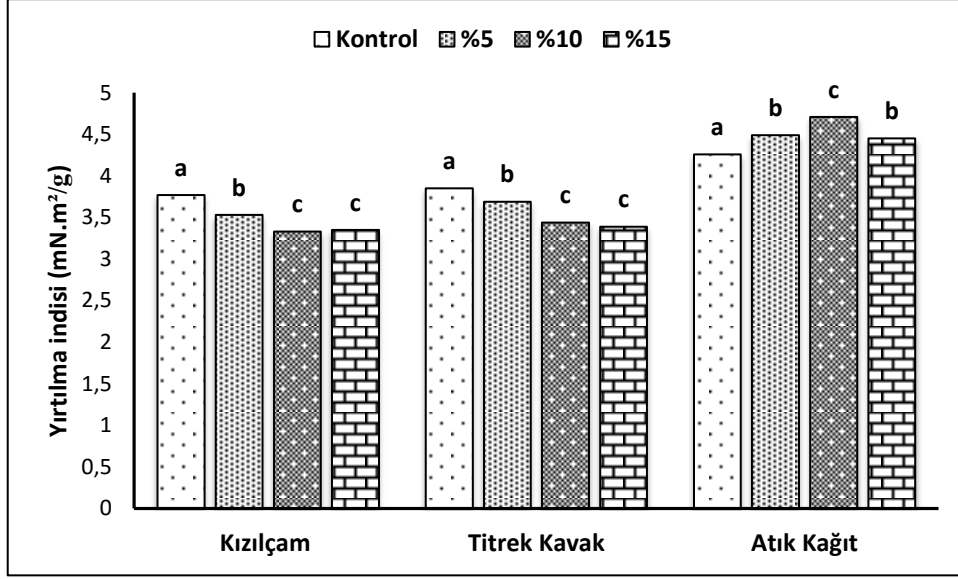
Kızılçam dövülmemiş hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların yırtılma indisi değerlerinin sırasıyla %11,17, %17,04 ve %27,99 oranında azaldığı belirlenmiştir. Ferreira vd. (2000) lif süspansiyonundan kırıntı liflerin uzaklaştırılması ile kağıdın yırtılma indisi değerinin 9,5 mN.m<sup>2</sup>/g’dan 10,2 mN.m<sup>2</sup>/g’a arttığını belirtmiştir. Titrek kavak ve atık kağıt dövülmemiş hamurlarında yırtılma indisi artışlarının sırasıyla %19,25, %22,99, %25,93 ve %12,40, %17,61, %9,42 olduğu belirlenmiştir. Lee vd. (2011) %20 kırıntı lif ilavesi ile kağıdın yırtılma indisinin arttığını, %20’den daha fazla oranda kırıntı lif ilavelerinde yırtılma indisinin azaldığını tespit etmişlerdir. Zhang vd. (2011) yüksek verimli kağıt hamurlarına yüksek kırıntı lif (%35-47 dövme derecesine bağlı olarak) içeren ağartılmış buğday sapı hamurundan %5 ilave edildiğinde kağıdın yırtılma indisi değerinin 7,29 mN.m<sup>2</sup>/g’dan 7,90 mN.m<sup>2</sup>/g’a arttığını tespit etmişlerdir. Kırıntı lif ilavesiyle kağıdın yırtılma indisi değerlerinde meydana gelen artışlar çeşitli yazarlar tarafından tespit edilmiştir (Mohlin, 1977; Hartman, 1984; Howes ve Doshi, 1986; Lee vd., 2011). Bu sonuçlar, kırıntı lif ilavesinin kısa lifli dövülmemiş

hamurlardan elde edilen kağıtların yırtılma indisinde uzun lifli hamurlara göre daha etkili olduğunu göstermektedir.



Şekil 16: Dövülmemiş hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların yırtılma indisi değerlerine etkisi.

Şekil 17’de görüldüğü gibi, kızılçam ve titrek kavak hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin kağıdın yırtılma indisi değerlerini %5, %10 ve %15 oranlarında kırıntı lif ilavesi ile sırasıyla %6,37, %11,67, %11,14 ve %4,15, %10,65, %11,95 oranlarında azalttığı tespit edilmiştir. Atık kağıt hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin oranının artmasıyla kağıtların yırtılma indisi değerlerinin istatistiki olarak anlamlı derecede ( $p<0,05$ ) arttığı belirlenmiştir. Atık kağıt hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların yırtılma indisi değerlerinin sırasıyla %5,39, %10,56 ve %4,46 oranında arttığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, atık kağıt dövülmüş liflerine kırıntı lif ilavesinin dövmeden daha etkili olmasına bağlanabilir. Örneğin, atık kağıt dövülmemiş kağıt hamuru 28 °SR’e kadar dövüldüğü zaman kağıdın yırtılma indisi 4,03 mN.m<sup>2</sup>/g’dan 4,26 mN.m<sup>2</sup>/g’a yükselirken, aynı hamura %15 kırıntı lif ilave edildiğinde kağıdın yırtılma indisi 4,03 mN.m<sup>2</sup>/g’dan 4,41 mN.m<sup>2</sup>/g’a yükselmektedir (Tablo 6 ve Tablo 8).

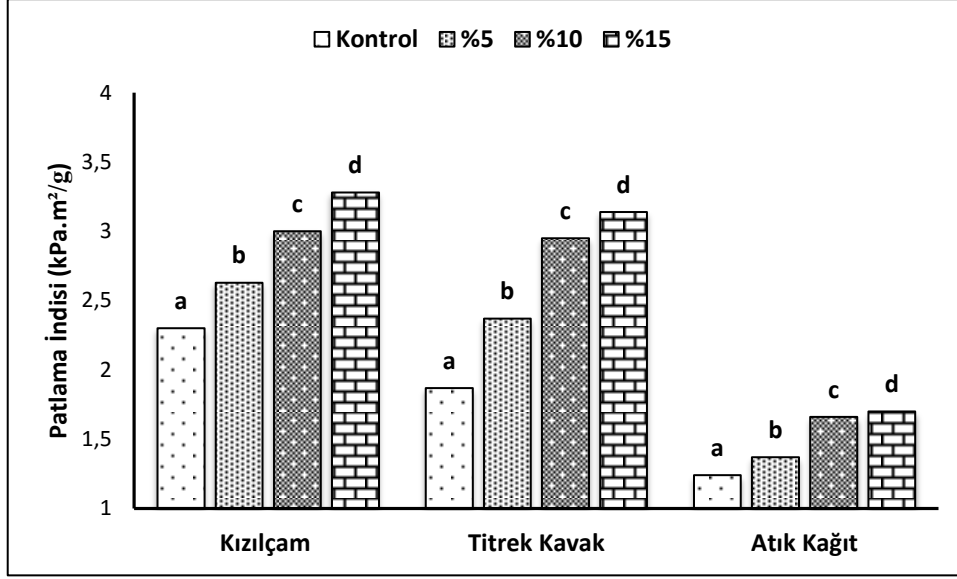


Şekil 17: Dövülmüş (28 °SR) hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların yırtılma indisi değerlerine etkisi.

### 3.2.1.5 Patlama İndisi

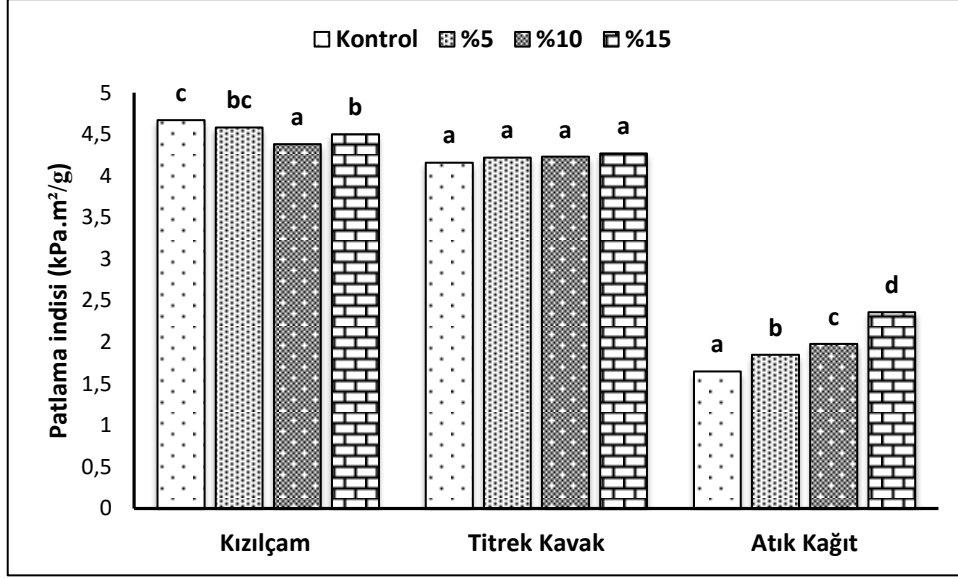
Atık kağıt, kızılçam ve titrek kavaktan elde edilen dövülmemiş ve dövülmüş (28 °SR) hamurlara %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilavesinin deneme kağıtlarının patlama indisi değerleri üzerine etkileri sırasıyla Şekil 18 ve Şekil 19’da verilmiştir.

Kızılçam dövülmemiş hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların patlama indisi değerlerinin sırasıyla %14,34, %30,43 ve %42,60 oranında arttığı belirlenmiştir. Titrek kavak ve atık kağıt dövülmemiş hamurlarında patlama indisi artışlarının sırasıyla %26,73, %57,75, %67,91 ve %10,48, %33,87, %37,09 olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, kırıntı liflerin yüzey alanının liflerden daha fazla olmasına ve kırıntı liflerin lifler arasında köprü oluşturarak lif-lif bağlanma alanlarını ve lif-lif bağ sağlamlığını artırmasına atfedilebilir (Bäckström vd., 2008). Ferreira vd. (2000) lif süspansiyonundan kırıntı liflerin uzaklaştırılması ile kağıdın patlama indisi değerinin 6,9 k.Pa.m<sup>2</sup>/g’den, 5 k.Pa.m<sup>2</sup>/g’a azaldığını belirtmiştir. Kırıntı lif ilavesiyle kağıdın patlama indisi değerlerinde meydana gelen artışlar çeşitli yazarlar tarafından da tespit edilmiştir (Thode ve Ingmanson, 1959; Tasman, 1966; Mohlin, 1977; Htun ve de Ruvo, 1978b; Klungness ve Sanyer, 1981; Howes ve Doshi, 1986; Waterhouse, 1994; Bäckström vd., 2008).



Şekil 18: Dövülmemiş hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların patlama indisi değerlerine etkisi.

Şekil 19’da görüldüğü gibi, kızılçam hamurlarına %5, %10 ve %15 oranlarında kırıntı lif ilavesi ile kağıdın patlama indisi değerlerinin sırasıyla %1,93, %6,21 ve %3,64 oranlarında azaldığı, titrek kavak hamurlarında ise sırasıyla %1,44, %1,68 ve %2,64 oranlarında artırdığı tespit edilmiştir. Atık kağıt hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların patlama indisi değerlerinin sırasıyla %12,12, %20 ve %43,03 oranında arttığı tespit edilmiştir. Kızılcām ve atık kağıt örneklerinde kırıntı lif ilavesinin kağıdın patlama indisi değerleri üzerine etkisinin istatistiki olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ), titrek kavak hamuruna etkisinin ise istatistiki olarak anlamsız ( $p > 0,05$ ) olduğu belirlenmiştir (Şekil 19). Bu sonuçlar, hornifikasyona uğramış atık kağıt liflerinin birincil liflere oranla dövmeye daha az cevap vermesi ile açıklanabilir. Örneğin, atık kağıt dövülmemiş kağıt hamuru 28 °SR’e kadar dövüldüğü zaman kağıdın patlama indisi 1,24 kPa.m<sup>2</sup>/g’den 1,65 kPa.m<sup>2</sup>/g’a yükselirken, kızılçam ve titrek kavak kraft hamurlarında bu değerler sırasıyla 2,30 kPa.m<sup>2</sup>/g’dan 4,67 kPa.m<sup>2</sup>/g’a ve 1,87 kPa.m<sup>2</sup>/g’dan 4,16 kPa.m<sup>2</sup>/g’a artış olarak belirlenmiştir (Tablo 6 ve Tablo 8). Ayrıca, bu sonuçlar atık kağıt dövülmüş liflerine kırıntı lif ilavesinin dövmeden daha etkili olmasına da bağlanabilir. Örneğin, atık kağıt dövülmemiş kağıt hamuru 28 °SR’e kadar dövüldüğü zaman kağıdın patlama indisi 1,24 kPa.m<sup>2</sup>/g’dan 1,65 kPa.m<sup>2</sup>/g’a yükselirken, aynı hamura %15 kırıntı lif ilave edildiğinde kağıdın patlama indisi 1,24 kPa.m<sup>2</sup>/g’dan 1,70 kPa.m<sup>2</sup>/g’a yükselmektedir (Tablo 6 ve Tablo 8).

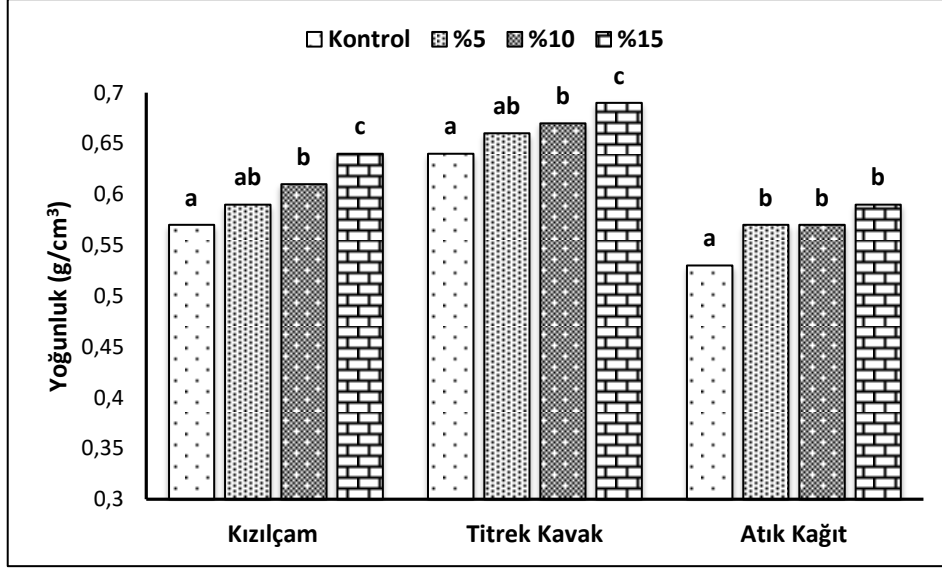


Şekil 19: Dövülmüş (28 °SR) hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların patlama indisi değerlerine etkisi.

### 3.2.1.6 Yoğunluk

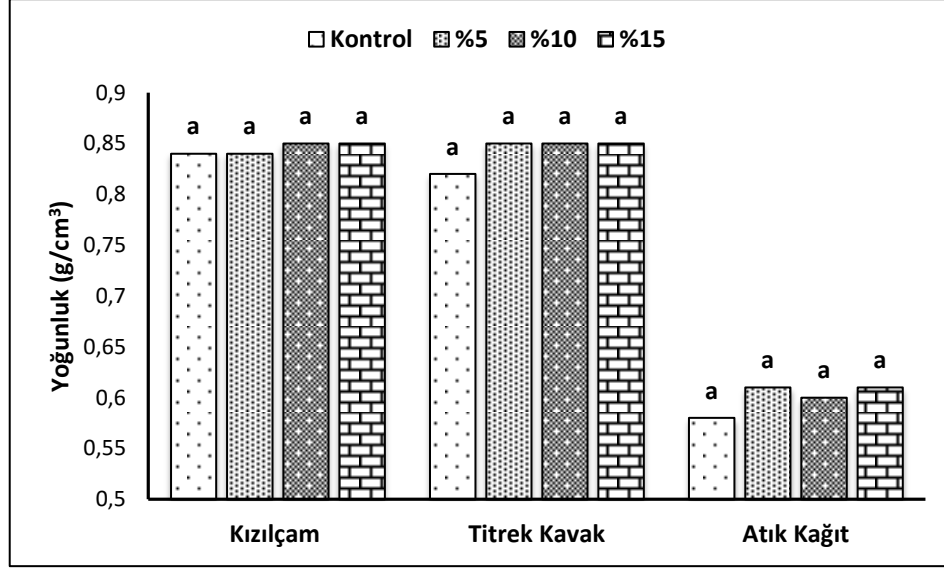
Atık kağıt, kızılçam ve titrek kavaktan elde edilen dövülmemiş ve dövülmüş (28 °SR) hamurlara %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilavesinin deneme kağıtlarının yoğunluk değerleri üzerine etkileri sırasıyla Şekil 20 ve Şekil 21’de verilmiştir.

Kızılçam dövülmemiş hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların yoğunluk değerlerinin sırasıyla %3,51, %7,02 ve %12,28 oranında arttığı belirlenmiştir. Titrek kavak ve atık kağıt dövülmemiş hamurlarında yoğunluk artışlarının sırasıyla %3,13, %4,68, %7,81 ve %7,55, %7,55, %11,32 olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, kağıdın lifler arası boşluklarının kırıntı lifler tarafından doldurulmasına atfedilebilir. Ferreira vd. (2000) lif süspansiyonundan kırıntı liflerin uzaklaştırılması ile kağıdın yoğunluk değerinin  $0,767 \text{ g/cm}^3$ ’den  $0,708 \text{ g/cm}^3$ ’e azaldığını belirtmişlerdir. Lu (1999) mekanik hamur liflerine %20, %30 ve %40 oranlarında kırıntı lif ilave edildiğinde kağıdın yoğunluk değerinin  $0,372 \text{ g/cm}^3$ ’den sırasıyla  $0,511 \text{ g/cm}^3$ ,  $0,555 \text{ g/cm}^3$  ve  $0,563 \text{ g/cm}^3$ ’e arttığını tespit etmiştir. Kırıntı lif ilavesiyle kağıdın yoğunluk değerlerinde meydana gelen artışlar birçok yazar tarafından da rapor edilmiştir (Mohlin, 1977; Hartman, 1984; Howes ve Doshi, 1986; Terao vd., 1989; Bäckström vd., 2008; Lee vd., 2011; Moberg vd., 2014).



Şekil 20: Dövülmemiş hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların yoğunluk değerlerine etkisi.

Şekil 21’de görüldüğü gibi, kızılçam, titrek kavak ve atık kağıt hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin kağıdın yoğunluk değerlerini istatistiki olarak önemli derecede etkilemediği ( $p>0,05$ ) tespit edilmiştir. Bu sonuç, dövmenin kağıdın yoğunluğunda kırıntı lif ilavesinden daha belirgin etki göstermesine atfedilebilir. Örneğin, titrek kavak kraft hamuru 28 °SR’e kadar dövüldüğünde elde edilen kağıdın yoğunluğu 0,57 g/cm<sup>3</sup>’den 0,84 g/cm<sup>3</sup>’e yükselirken, aynı hamura %15 kırıntı lif ilave edildiğinde kağıdın yoğunluğunun 0,57 g/cm<sup>3</sup>’den 0,63 g/cm<sup>3</sup>’e yükseldiği görülmüştür (Tablo 8).



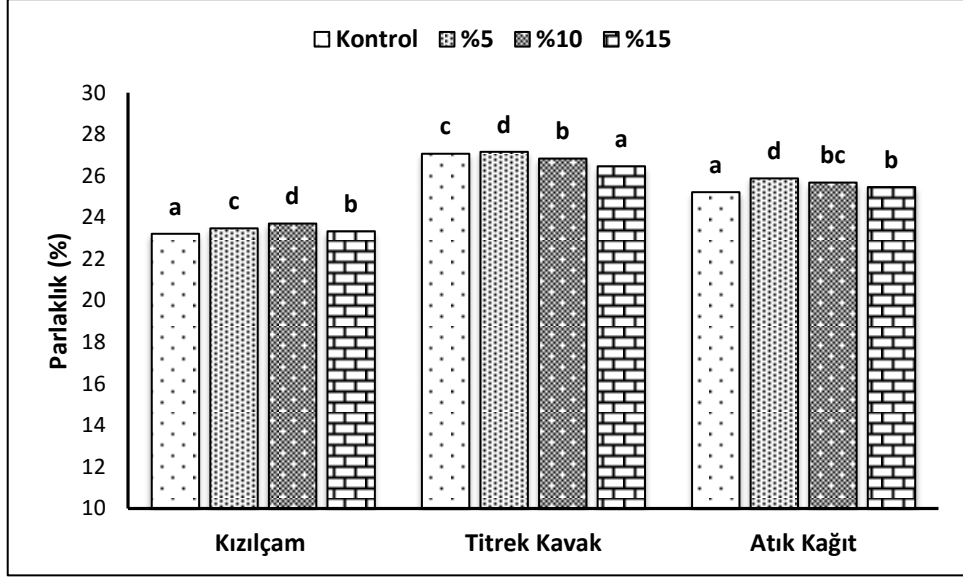
Şekil 21: Dövülmüş (28 °SR) hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların yoğunluk değerlerine etkisi.

### 3.2.2 Kağıtların Optik Özellikleri

#### 3.2.2.1 Parlaklık

Atık kağıt, kızılçam ve titrek kavaktan elde edilen dövülmemiş ve dövülmüş (28 °SR) hamurlara %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilavesinin deneme kağıtlarının parlaklık değerleri üzerine etkileri sırasıyla Şekil 22 ve Şekil 23’de verilmiştir.

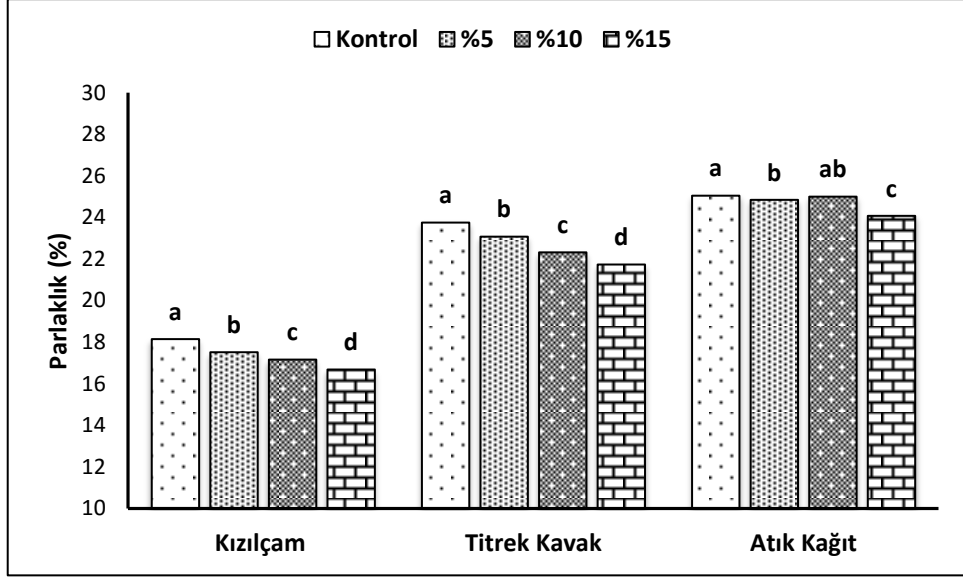
Kızılçam dövülmemiş hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların parlaklık değerlerinin sırasıyla %1,12, %2,15 ve %0,56 oranında arttığı belirlenmiştir. Titrek kavak dövülmemiş hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların parlaklık değerlerinin sırasıyla %0,29 oranında arttığı %0,84 ve %2,25 oranında azaldığı belirlenmiştir. Atık kağıt dövülmemiş hamurlarında parlaklık artışlarının sırasıyla %2,65, %1,86, %1,03 olduğu belirlenmiştir. Bu değişimlerin kağıtçılık açısından önem arz etmeyecek düzeyde olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 22: Dövülmemiş hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların parlaklık değerlerine etkisi.

Şekil 23’de görüldüğü gibi, kızılçam ve titrek kavak hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin kağıdın parlaklık değerlerini %5, %10 ve %15 oranlarında kırıntı lif ilavesi ile sırasıyla %3,47, %5,45, %8,10 ve %2,82, %6,02, %8,50 oranlarında azalttığı tespit edilmiştir. Atık kağıt hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin oranının artmasıyla kağıtların parlaklık değerlerinin istatistiki olarak ( $p<0,05$ ) azaldığı belirlenmiştir. Atık kağıt hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların parlaklık değerlerinin sırasıyla %0,84, %0,20 ve %3,87 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Bu değişimlerin kağıtçılık açısından önem arz etmeyecek düzeyde olduğu belirlenmiştir.



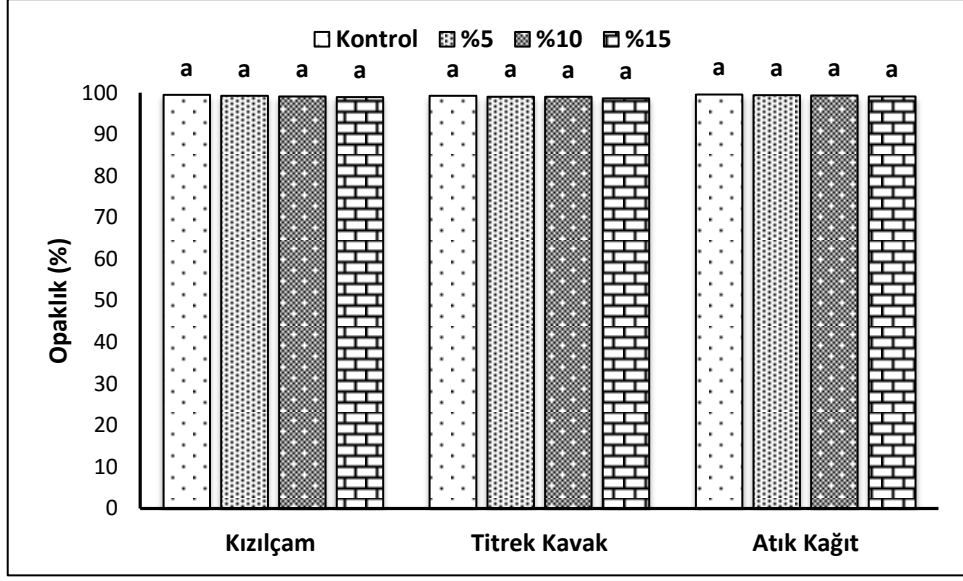


Şekil 23: Dövülmüş (28 °SR) hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların parlaklık değerlerine etkisi.

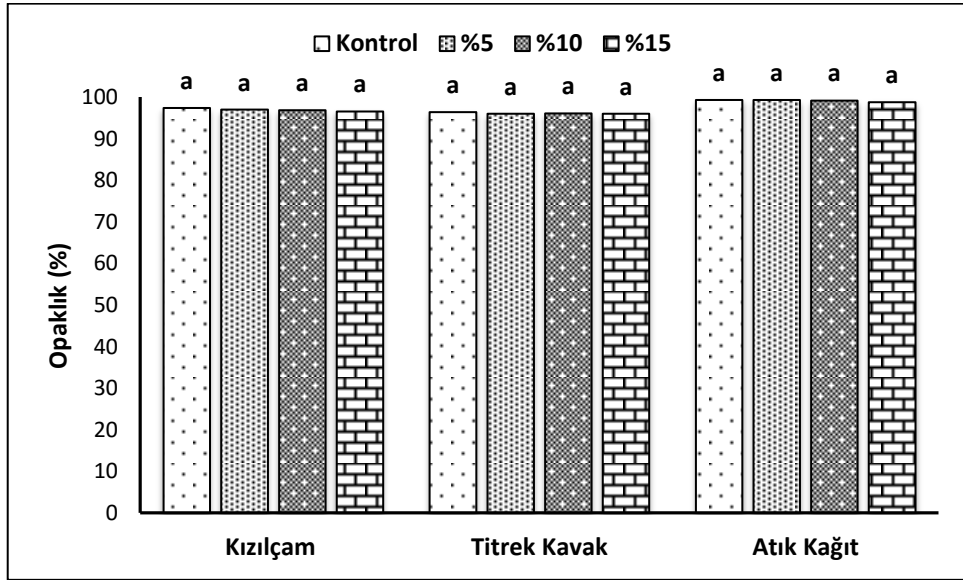
### 3.2.2.2 Opaklık

Atık kağıt, kızılçam ve titrek kavaktan elde edilen dövülmemiş ve dövülmüş (28 °SR) hamurlara %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilavesinin deneme kağıtlarının opaklık değerleri üzerine etkileri sırasıyla Şekil 24 ve Şekil 25’de verilmiştir.

Kızılçam, titrek kavak ve atık kağıt dövülmemiş ve dövülmüş hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların opaklık değerlerinde meydana gelen değişimlerin istatistiki olarak anlamsız ( $p>0,05$ ) olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 24: Dövülmemiş hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların opaklık değerlerine etkisi.



Şekil 25: Dövülmüş (28 °SR) hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların opaklık değerlerine etkisi.

### 3.2.3 Kağıtların Yüzey Düzgünlüğü ve Hava Geçirgenliği Üzerine Kırıntı Lif İlavesinin Etkisi

Atık kağıt, kızılçam kraft ve titrek kavak kraft kağıt hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin dövülmemiş ve dövülmüş hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlükleri ve hava geçirgenliklerine etkileri sırasıyla Tablo 10 ve Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 10: Dövülmemiş hamurlarda kağıtların yüzey düzgünlüğü ve hava geçirgenliği üzerine kırıntı lif ilavesinin etkisi.

Örnek	Yüzey		Hava	
	Düzlüğü		Geçirgenliği	
	(ml/dak.)		(ml/dak.)	
<b>%100 Kızılçam kraft hamuru</b>	446±14a	-	>5000±a	-
<b>%95 Kızılçam kraft + %5 kırıntı lif</b>	370±12b	+ %17,04	>5000±a	%0
<b>%90 Kızılçam kraft + %10 kırıntı lif</b>	270±10c	+ %39,46	3030±85b	- %39,4
<b>%85 Kızılçam kraft + %15 kırıntı lif</b>	209±8d	+ <b>%53,14</b>	857±17c	- <b>%82,86</b>
<b>%100 Titrek kavak kraft hamuru</b>	329±8a	-	>5000±a	-
<b>%95 Titrek kavak kraft + %5 kırıntı lif</b>	263±10b	+ % 20,06	3440±103b	- %31,2
<b>%90 Titrek kavak kraft + %10 kırıntı lif</b>	210±6c	+ %36,17	1640±35c	- %67,2
<b>%85 Titrek kavak kraft + %15 kırıntı lif</b>	190±5d	+ <b>%42,25</b>	999±18d	- <b>%80,02</b>
<b>%100 Atık kağıt hamuru</b>	473±19a	-	4925±97a	-
<b>%95 Atık kağıt hamuru + %5 kırıntı lif</b>	406±15b	+ %14,16	3028±49b	- %38,52
<b>%90 Atık kağıt hamuru + %10 kırıntı lif</b>	369±10c	+ %21,98	1597±35c	- %67,57
<b>%85 Atık kağıt hamuru + %15 kırıntı lif</b>	341±9d	+ <b>%27,90</b>	1133±21d	- <b>%76,99</b>

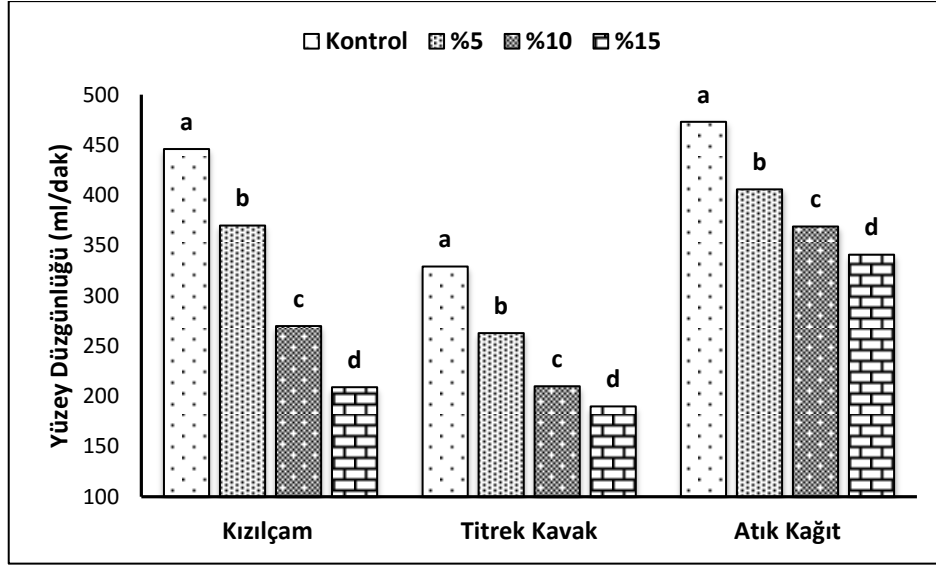
Tablo 11: Dövmüş (28 °SR) hamurlarda kağıtların yüzey düzgünlüğü ve hava geçirgenliği üzerine kırıntı lif ilavesinin etkisi.

Örnek	Yüzey		Hava	
	Düğünlüğü (ml/dak.)		Geçirgenliği (ml/dak.)	
<b>%100 Kızılçam kraft hamuru</b>	163±3a	-	126±3a	-
<b>%95 Kızılçam kraft + %5 kırıntı lif</b>	175±4a	- %7,36	62±2b	- %50,79
<b>%90 Kızılçam kraft + %10 kırıntı lif</b>	179±4a	- %9,82	36±1c	- %71,43
<b>%85 Kızılçam kraft + %15 kırıntı lif</b>	209±7b	- <b>%28,22</b>	17±1d	- <b>%86,51</b>
<b>%100 Titrek kavak kraft hamuru</b>	144±7a	-	151±4a	-
<b>%95 Titrek kavak kraft + %5 kırıntı lif</b>	145±6a	- %0,69	95±2b	- %37,08
<b>%90 Titrek kavak kraft + %10 kırıntı lif</b>	149±7a	- %3,47	60±1c	- %60,26
<b>%85 Titrek kavak kraft + %15 kırıntı lif</b>	152±5a	- <b>%5,55</b>	32±1d	- <b>%78,80</b>
<b>%100 Atık kağıt hamuru</b>	346±11a	-	2032±71a	-
<b>%95 Atık kağıt hamuru + %5 kırıntı lif</b>	340±9a	+ %1,73	1156±40b	- %43,11
<b>%90 Atık kağıt hamuru + %10 kırıntı lif</b>	314±9b	+ %9,25	815±24c	- %59,89
<b>%85 Atık kağıt hamuru + %15 kırıntı lif</b>	293±4c	+ <b>%15,32</b>	298±9d	- <b>%85,33</b>

### 3.2.3.1 Yüzey düğünlüğü

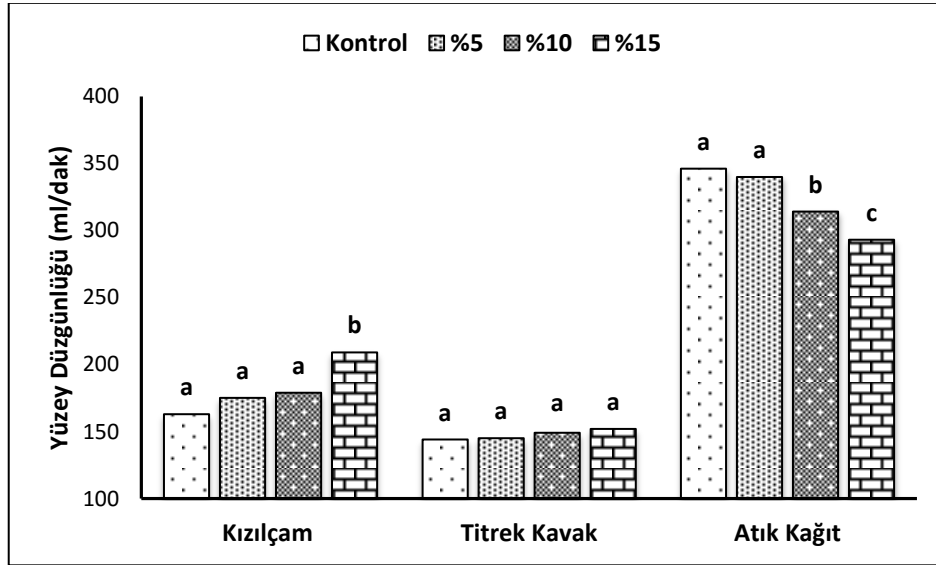
Atık kağıt, kızılçam ve titrek kavaktan elde edilen dövmemiş ve dövmüş (28 °SR) hamurlara %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilavesinin deneme kağıtlarının yüzey düğünlüğü değerleri üzerine etkileri sırasıyla Şekil 26 ve Şekil 27’de verilmiştir.

Kızılçam dövmemiş hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların yüzey düğünlüğü değerlerinin sırasıyla %17,04, %39,46 ve %53,14 oranında arttığı belirlenmiştir. Titrek kavak ve atık kağıt dövmemiş hamurlarında yüzey düğünlüğü artışları sırasıyla %20,06, %36,17, %42,25 ve %14,16, %21,98, %27,90 olarak belirlenmiştir. Bu sonuç, kırıntı liflerin lifler arası boşlukları dolgu maddesi gibi doldurmasına atfedilebilir. Kırıntı lif ilavesi ile kağıdın yüzey düğünlüğü değerlerinde meydana gelen artış Retulainen vd. (1993) tarafından da tespit edilmiştir.



Şekil 26: Dövülmemiş hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların yüzey düzensizliği değerlerine etkisi.

Şekil 27’de görüldüğü gibi, her üç hamura da ilave edilen kırıntı liflerin kağıdın yüzey düzensizliği değerlerini istatistiki olarak önemli derecede etkilediği ( $p < 0,05$ ) belirlenmiştir. Kızılçam hamurlarına %5, %10 ve %15 oranlarında kırıntı lif ilavesi ile %7,36, %9,82 ve %28,22 oranlarında azaldığı görülmüştür. Titrek kavak hamurlarına %5, %10 ve %15 oranlarında kırıntı lif ilavesi ile %0,69, %3,47 ve %5,55 oranlarında azaldığı görülmüştür. Atık kağıt hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların yüzey düzensizliğünün sırasıyla %1,73, %9,25 ve %15,32 oranında arttığı tespit edilmiştir.

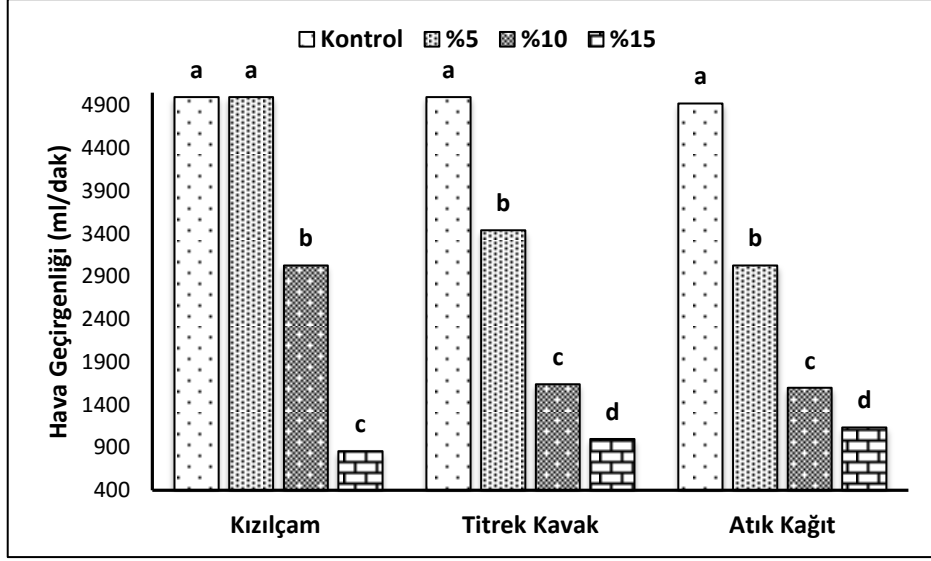


Şekil 27: Dövlümüş (28 °SR) hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların yüzey düzensizliği değerlerine etkisi.

### 3.2.3.2 Hava Geçirgenliği

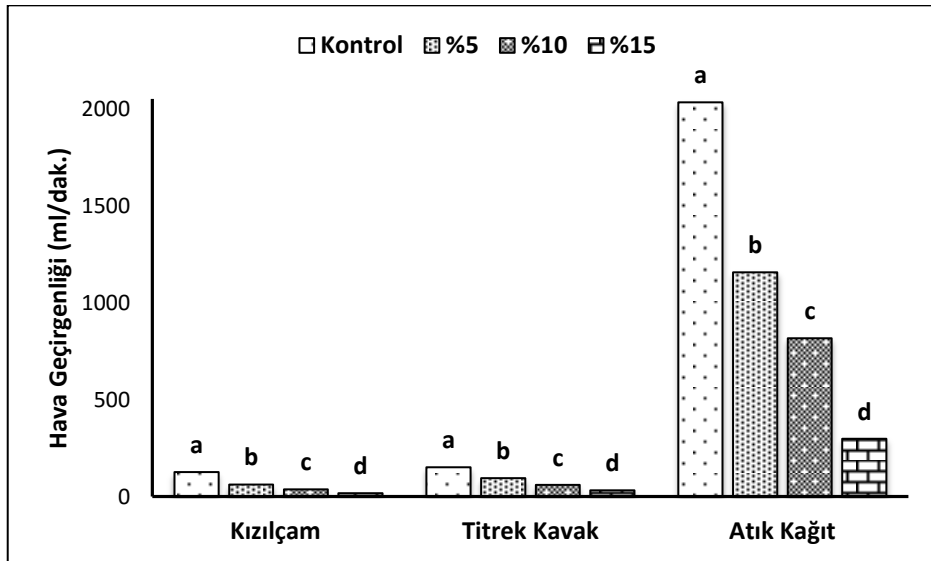
Atık kağıt, kızılçam ve titrek kavaktan elde edilen dövülmemiş ve dövülmüş (28 °SR) hamurlara %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilavesinin deneme kağıtlarının hava geçirgenliği değerleri üzerine etkileri sırasıyla Şekil 28 ve Şekil 29’da verilmiştir.

Kızılçam dövülmemiş hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların hava geçirgenliği değerlerinin sırasıyla %0, %39,4 ve %82,86 oranında azaldığı belirlenmiştir. Titrek kavak ve atık kağıt dövülmemiş hamurlarında hava geçirgenliği azalışlarının sırasıyla %31,2, %67,2, %80,02 ve %38,52, %67,57, %76,99 olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, kırıntı liflerin lifler arası boşlukları doldurarak deney esnasında hava geçişini zorlaştırmasına bağlanabilir. Kağıt safıhası içerisindeki lifler arası boşluklar kırıntı lifler tarafından doldurulduğu için kağıdın hava geçirgenliği azalmıştır. Lu (1999) mekanik hamur liflerine %20, %30 ve %40 oranlarında kırıntı lif ilave edildiğinde kağıdın hava geçirgenliğinin 2538 ml/dak.’dan sırasıyla 922 ml/dak., 124 ml/dak., 52 ml/dak.’ya azaldığını belirtmiştir. Asikainen vd. (2010) kimyasal termomekanik kağıt hamuruna (CTMP) %10 ve %20 oranında ağartılmamış huş kırıntı lifleri ilave edildiğinde hava geçirgenliğinin 2,8 saniyeden sırasıyla 7,7 saniye ve 22,2 saniyeye arttığını tespit etmişlerdir. Ferreira vd. (2000) lif süspansiyonundan kırıntı liflerin uzaklaştırılması ile kağıdın hava geçirgenliği değerinin 54,5 ml/dak.’dan 26 ml/dak.’ya azaldığını tespit etmişlerdir. Seth (2003) kimyasal hamura %8,2 kırıntı lif ilave edildiğinde kağıdın hava geçirgenliğinin %59,03 oranında azaldığını belirtmiştir. Benzer hava geçirgenliği azalışları çeşitli yazarlar tarafından da rapor edilmiştir (Hartman, 1984; Howes ve Doshi, 1986; Lu, 1999; Hubbe ve Heitmann, 2007).



Şekil 28: Dövülmemiş hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların hava geçirgenliği değerlerine etkisi.

Şekil 29’da görüldüğü gibi, kızılçam ve titrek kavak hamurlarına %5, %10 ve %15 kırıntı lif ilavesi ile sırasıyla %50,79, %71,43, %86,51 ve %37,08, %60,26, %78,80 oranlarında azaldığı tespit edilmiştir. Atık kağıt hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin oranının artmasıyla kağıtların hava geçirgenliği değerlerinin istatistiki olarak anlamlı derecede ( $p<0,05$ ) azaldığı belirlenmiştir. Atık kağıt hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların hava geçirgenliği değerlerinin sırasıyla %43,11, %59,89 ve %85,33 oranında azaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 29: Dövülmüş (28 °SR) hamurlarda kırıntı lif ilavesinin kağıtların hava geçirgenliği değerlerine etkisi.

## BÖLÜM 4

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, kızılçam, titrek kavak ve atık kağıt dövülmemiş ve dövülmüş (28 °SR) hamurların lif süspansiyonlarına %5, %10 ve %15 oranlarında kırıntı lif ilave edilerek elde edilen kağıtların direnç ve optik özelliklerine kırıntı lif ilavesinin etkileri belirlenmiştir.

Kızılçam dövülmemiş hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların kopma indisi değerlerinin sırasıyla %13,14, %20,22 ve %29,68 oranında arttığı belirlenmiştir. Titrek kavak ve atık kağıt dövülmemiş hamurlarında kopma indisi artışlarının sırasıyla %55,22, %60,49, %85,07 ve %16,29, %36,80, %43,49 olduğu belirlenmiştir. Kızılçam ve titrek kavak dövülmüş (28 °SR) hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin kağıdın kopma indisi değerlerini istatistiki olarak önemli derecede etkilemediği ( $p>0,05$ ) tespit edilmiştir. Ancak, atık kağıt dövülmüş (28 °SR) hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin oranının artmasıyla kağıtların kopma indisi değerlerinin istatistiki olarak anlamlı derecede arttığı belirlenmiştir. Atık kağıt dövülmüş (28 °SR) hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların kopma indisi değerlerinin sırasıyla %10,96, %22,47 ve %34,47 oranında arttığı tespit edilmiştir. Bu artışlar, kırıntı liflerin lifler arasındaki boşlukları doldurarak lif-lif temas alanını arttırması ile açıklanabilir.

Kızılçam dövülmemiş hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların uzama değerlerinin sırasıyla %7,29, %22,26 ve %22,99 oranında arttığı belirlenmiştir. Bu artışlar, kırıntı liflerin lifler arasındaki boşlukları doldurarak lif-lif temas alanını arttırması ile açıklanabilir. Titrek kavak ve atık kağıt dövülmemiş hamurlarında uzama artışlarının sırasıyla %37,69, %57,69, %66,92 ve %14,76, %33,55, %39,59 olduğu belirlenmiştir. Kızılçam ve titrek kavak dövülmüş (28 °SR) hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin kağıdın uzama değerlerini %5 oranında kırıntı lif ilavesi ile sırasıyla %3,40 ve %0,39 oranında arttırdığı, %10 ve %15 oranlarında kırıntı lif ilavesi ile sırasıyla %5,53, %8,93 ve %4,31, %6,27 oranlarında azalttığı tespit edilmiştir. Atık kağıt dövülmüş (28 °SR) hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin oranının artmasıyla kağıtların uzama değerlerinin istatistiki olarak anlamlı derecede ( $p<0,05$ ) arttığı belirlenmiştir. Atık kağıt



dövülmüş (28 °SR) hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların uzama değerlerinin sırasıyla %8,37, %12,84 ve %27,37 oranında arttığı tespit edilmiştir.

Kızılçam dövülmemiş hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların TEA değerlerinin sırasıyla %15, %39,89 ve %56,06 oranında arttığı belirlenmiştir. Titrek kavak ve atık kağıt dövülmemiş hamurlarında TEA artışlarının sırasıyla %125,23, %167,35, %229,26 ve %38,43, %90,28, %109,55 olduğu belirlenmiştir. Bu artışlar, kırıntı liflerin lifler arasındaki boşlukları doldurarak lif-lif temas alanını artırması ile açıklanabilir. Kızılçam ve titrek kavak dövülmüş (28 °SR) hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin kağıdın TEA değerlerini %5 oranında kırıntı lif ilavesi ile sırasıyla %7,81 ve %2,33 oranlarında artırdığı, %10 ve %15 oranlarında kırıntı lif ilavesi ile sırasıyla %3,92, %7,97 ve %2,85, %4,99 oranlarında azalttığı tespit edilmiştir. Atık kağıt dövülmüş (28 °SR) hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin oranının artmasıyla kağıtların TEA değerlerinin istatistiki olarak anlamlı derecede ( $p<0,05$ ) arttığı belirlenmiştir. Atık kağıt dövülmüş (28 °SR) hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların TEA değerlerinin sırasıyla %21,46, %40,18 ve %74,40 oranında arttığı tespit edilmiştir.

Kızılçam dövülmemiş hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların yırtılma indisi değerlerinin sırasıyla %11,17, %17,04 ve %27,99 oranında azaldığı belirlenmiştir. Titrek kavak ve atık kağıt dövülmemiş hamurlarında yırtılma indisi artışlarının sırasıyla %19,25, %22,99, %25,93 ve %12,40, %17,61, %9,42 olduğu belirlenmiştir. Kızılçam ve titrek kavak dövülmüş (28 °SR) hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin kağıdın yırtılma indisi değerlerini %5, %10 ve %15 oranlarında kırıntı lif ilavesi ile sırasıyla %6,37, %11,67, %11,14 ve %4,15, %10,65, %11,95 oranlarında azalttığı tespit edilmiştir. Atık kağıt hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin oranının artmasıyla kağıtların yırtılma indisi değerlerinin istatistiki olarak anlamlı derecede ( $p<0,05$ ) arttığı belirlenmiştir. Atık kağıt dövülmüş (28 °SR) hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların yırtılma indisi değerlerinin sırasıyla %5,39, %10,56 ve %4,46 oranında arttığı tespit edilmiştir.

Kızılçam dövülmemiş hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların patlama indisi değerlerinin sırasıyla %14,34, %30,43 ve %42,60 oranında arttığı

belirlenmiştir. Titrek kavak ve atık kağıt dövülmemiş hamurlarında patlama indisi artışlarının sırasıyla %26,73, %57,75, %67,91 ve %10,48, %33,87, %37,09 olduğu belirlenmiştir. Kızılçam dövülmüş (28 °SR) hamurlarına %5, %10 ve %15 oranlarında kırıntı lif ilavesi ile %1,93, %6,21 ve %3,64 oranlarında azalttığı, titrek kavak dövülmüş (28 °SR) hamurlarına %5, %10 ve %15 oranlarında ilave edilen kırıntı liflerin kağıdın patlama indisi değerlerini %1,44, %1,68 ve %2,64 oranlarında artırdığı tespit edilmiştir. Atık kağıt hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin oranının artmasıyla kağıtların patlama indisi değerlerinin istatistiki olarak anlamlı derecede ( $p<0,05$ ) arttığı belirlenmiştir. Atık kağıt dövülmüş (28 °SR) hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların patlama indisi değerlerinin sırasıyla %12,12, %20 ve %43,03 oranında arttığı tespit edilmiştir.

Kızılçam dövülmemiş hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların yoğunluk değerlerinin sırasıyla %3,51, %7,02 ve %12,28 oranında arttığı belirlenmiştir. Titrek kavak ve atık kağıt dövülmemiş hamurlarında yoğunluk artışlarının sırasıyla %3,13, %4,68, %7,81 ve %7,55, %7,55, %11,32 olduğu belirlenmiştir. Kızılçam, titrek kavak ve atık kağıt dövülmüş (28 °SR) hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin kağıdın yoğunluk değerlerini istatistiki olarak önemli derecede etkilemediği ( $p>0,05$ ) tespit edilmiştir.

Kızılçam dövülmemiş hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların parlaklık değerlerinin sırasıyla %1,12, %2,15 ve %0,56 oranında arttığı belirlenmiştir. Titrek kavak dövülmemiş hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların parlaklık değerlerinin sırasıyla %0,29 oranında arttığı %0,84 ve %2,25 oranında azaldığı belirlenmiştir. Atık kağıt dövülmemiş hamurlarında parlaklık artışlarının sırasıyla %2,65, %1,86, %1,03 olduğu belirlenmiştir. Kızılçam ve titrek kavak dövülmüş (28 °SR) hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin kağıdın parlaklık değerlerini %5, %10 ve %15 oranlarında kırıntı lif ilavesi ile sırasıyla %3,47, %5,45, %8,10 ve %2,82, %6,02, %8,50 oranlarında azalttığı tespit edilmiştir. Atık kağıt dövülmüş (28 °SR) hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin oranının artmasıyla kağıtların parlaklık değerlerinin istatistiki olarak ( $p<0,05$ ) azaldığı belirlenmiştir. Atık kağıt dövülmüş (28 °SR) hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların parlaklık değerlerinin sırasıyla %0,83, %0,19 ve %3,87 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Kızılçam, titrek kavak ve atık kağıt dövülmemiş ve dövülmüş (28 °SR) hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların opaklık değerlerinde meydana gelen değişimlerin istatistiki olarak anlamlı ( $p<0,05$ ), kağıtçılık açısından önem arz edecek boyutta olduğu tespit edilmiştir.

Kızılçam dövülmemiş hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların yüzey düzgünlüğü değerlerinin sırasıyla %17,04, %39,46 ve %53,14 oranında arttığı belirlenmiştir. Titrek kavak ve atık kağıt dövülmemiş hamurlarında yüzey düzgünlüğü artışlarının sırasıyla %20,06, %36,17, %42,25 ve %14,16, %21,98, %27,90 olarak belirlenmiştir. Titrek kavak dövülmüş (28 °SR) hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin kağıdın yüzey düzgünlüğü değerlerini istatistiki olarak önemli derecede etkilemediği ( $p>0,05$ ) tespit edilmiştir. Kızılçam ve titrek kavak dövülmüş (28 °SR) hamurlarına %5 ve %10 ve %15 oranlarında kırıntı lif ilavesi ile sırasıyla %7,36, %9,82, %28,22 ve %0,69, %3,47 ve %5,55 oranlarında azalttığı görülmüştür. Atık kağıt dövülmüş (28 °SR) hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin oranının artmasıyla kağıtların yüzey düzgünlüğü değerlerinin istatistiki olarak %5, %10 ve %15 oranında azaldığı belirlenmiştir. Atık kağıt dövülmüş (28 °SR) hamurlarına ise %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların yüzey düzgünlüğü değerlerinin sırasıyla %1,73, %9,25 ve %15,32 oranında arttığı tespit edilmiştir.

Kızılçam dövülmemiş hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların hava geçirgenliği değerlerinin sırasıyla %0, %39,4 ve %82,86 oranında azaldığı belirlenmiştir. Titrek kavak ve atık kağıt dövülmemiş hamurlarında hava geçirgenliği azalışlarının sırasıyla %31,2, %67,2, %80,02 ve %38,52, %67,57, %76,99 olduğu tespit edilmiştir. Kızılçam ve titrek kavak dövülmüş (28 °SR) hamurlarına %5, %10 ve %15 kırıntı lif ilavesi ile sırasıyla %50,79, %71,43, %86,51 ve %37,08, %60,26, %78,80 oranlarında azaldığı tespit edilmiştir. Atık kağıt dövülmüş (28 °SR) hamurlarına ilave edilen kırıntı liflerin oranının artmasıyla kağıtların hava geçirgenliği değerlerinin istatistiki olarak anlamlı derecede ( $p<0,05$ ) azaldığı belirlenmiştir. Atık kağıt dövülmüş (28 °SR) hamurlarına %5, %10 ve %15 oranında kırıntı lif ilave edildiğinde, kağıtların hava geçirgenliği değerlerinin sırasıyla %43,11, %59,89 ve %85,33 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, kızılcam kraft, titrete kavak kraft ve atık kağıt hamurlarının lif süspansiyonlarına %5, %10 ve %15 oranında ilave edilen kırıntı liflerin kağıtların özellikleri üzerine önemli derecede etki gösterdiği tespit edilmiştir. Kırıntı lif ilavesinin titrete kavak kraft hamurunda, kızılcam kraft ve atık kağıt hamurlarına göre daha etkili olduğu görülmüştür. Diğer taraftan, kırıntı lif ilavesinin dövülmemiş kağıt hamurlarında, dövülmüş kağıt hamurlarından daha belirgin bir etki gösterdiği belirlenmiştir.

Gelecek çalışmalarda, farklı lif kaynaklarından elde edilecek primer ve/veya sekonder kırıntılar farklı gramajlardaki kağıtlara düşük gramajlı ancak yüksek sağlamlığa sahip kağıtlar elde edilebilme olanaklarını araştırmak amacıyla katılarak kağıtların özelliklerine etkileri irdelenebilir.

## KAYNAKLAR

- Asikainen, S. (2015). Applicability of Fractionation of Softwood and Hardwood Kraft Pulp and Utilisation of the Fractions. Doctoral Thesis, Aalto University School of Chemical Technology, 87p.
- Asikainen, S., Fuhrmann A., Ranua, M., Robertsen, L. (2010). Effect of birch kraft pulp primary fines on bleaching and sheet properties. *Bioresources*, 5(4): 2173-2183.
- Bäckström, M., Kolar, M-C., Htun, M. (1996). Finmaterial 1. Karakterisering Av Finmaterialiet Från Oblekt Sulfatmassa. STFI-Raport, TF 16.
- Bäckström, M., Kolar, M-C., Htun, M. (2008). Characterisation of fines from unbleached kraft pulps and their impact on sheet properties. *Holzforschung*, 62(5): 546-552.
- Bajpai, P. (2014). *Recycling and Deinking of Recovered Paper*, Elsevier Inc., London, 304 p.
- Chen, H., Park, A., Heitmann, J.A., Hubbe, M.A. (2009). Importance of cellulosic fines relative to the dewatering rates of fiber suspensions. *Industrial Engineering Chemistry Research*, 48(20): 9106-9112.
- Chen, J., Zhang, M., Yuan, Z., Wang J. (2013). Improved high-yield pulp network and paper sheet properties by the addition of fines. *Bioresources*, 8(4): 6309-6322.
- Eroğlu, H., Usta, M., (2004). *Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi Ders Kitabı Cilt I*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Ferreria, P.J., Matos, S., Figueiredo, M.M. (1999). Size characterization of fibres and fines in hardwood kraft pulps. *Weinheim*, 16: 20-24.
- Ferreira, P.J., Martins, A.A., Figueiredo, M.M. (2000). Primary and secondary fines from *Eucalyptus globulus* kraft pulps. Characterization and influence. *Paperi Ja Puu*, 82(6): 403-408.
- Forgacs, O.L. (1963) The characterization of mechanical pulps; *Pulp & Paper Canada* 64, Conventional issue C, T89 - T118.
- Formento, J.C.; Maximino, M.G.; Adelli, A.M.; Taleb, M.C. (2003) Selective refining actions on repulped long-fiber kraft paper. *Tappi Journal*, 2 (9): 10-16.
- Hartman, R.R. (1984). Mechanical Treatment of Pulp Fibers for Property Development, Doctoral Thesis, The Institute of Paper Chemistry, Appleton, USA.
- Hawes, J.M., Doshi, M.R. (1986). The contribution of different types of fines to the properties of handsheets made from recycled paper. *TAPPI Proceedings 1986 Pulping Conference*, 613-620.
- Heijnesson, A. (1996). Kraft pulp fibre surfaces. Chemical composition and effect on pulp bleachability. Ph.D. Doctoral Thesis, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden.

- Higgins, B.G., Hartman, R. R. (1983). *Refining for Property Development*, The Institute of Paper Chemistry, Appleton.
- Hiltunen, E. (1999). Papermaking properties of pulp. In: Levlin, J-E, Söderhjelm, L. (eds.): *Pulp and Paper Testing, Papermaking Science and Technology, Book 17*, Fapet Oy, Jyväskylä, pp. 38-63.
- Htun, M., De Ruvo, A. (1978a). Relation between Drying Stresses and Internal Stresses and the Mechanical Properties of Paper. In *Fibre–Water Interactions in PaperMaking: Transactions of the 6th Fundamental Research Symposium*, pp. 477–487, Oxford, UK.
- Htun, M., De Ruvo, A. (1978b). The implication of the fines fraction for properties of bleached kraft sheet. *Svensk Papperstidning*, 81 (16): 507-510.
- Hubbe, M.A., Heitmann, J.A. (2007). Review of factors affecting the release of water from cellulosic fibers during paper manufacture. *Bioresources*, 2(3): 500-533.
- Johansson, A. (2008). Correlations Between Fibre Properties and Paper Properties. Master's Thesis, Helsinki University of Technology.
- Karton Sektör Raporu, (2014). Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği, Çankaya/ANKARA.
- Kibblewhite, R.P. (1972). Effect of beating on fiber morphology and fiber surface structure. *Appita*, 26(3): 196-202.
- Klungness, U. H., Sanyer, N. (1981). Hardwood pulp utilization: separation of nonfibrous oak components. *Tappi*, 64(2): 109-113.
- Krogerus, B., Eriksson, L., Sundberg, A., Mosbye, J., Ahlroth, A., Östlund, I., Sjöström, L. (2002a). Fines in Closed Circuits - Final Report. Project No: KCL-P1713-072.
- Krogerus, B., Fagerholm, K., Tikka, E. (2002b). Fines from different pulps compared by image analysis. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 17: 440-444.
- Lee, H., Nam, W.S., Sohn, S.D., Paik, K.H. (2011). Effect of different types of fines on the properties of recycled chemical pulp, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 17: 100-104.
- Liitiä, T., Maunu, S.L., ve Hortling, B. (2001). Solid state NMR studies on inhomogeneous structure of fiber wall in kraft pulp. *Holzforschung*, 55(5): 503-510.
- Lindqvist, H., Salminen, K., Kataja-aho, J., Retulainen, E., Fardim, P., Sundberg, A. (2011). The effect of fines on dewatering, wet and dry web properties. *Paper Conference*, Cincinnati, USA, pp. 887-894.
- Lindström, T., Nordmark, G. (1978). Chemical characterization of the fines fraction from unbleached kraft pulps. *Svensk Papperstidning*, 81: 489-492.

- Liu, X. A., Whiting, P., Pande, H., and Roy, D. N. (2001). The contribution of different fractions of fines to pulp drainage in mechanical pulps. *Journal of Pulp and Paper Science*, 27(4): 139-143.
- Lobben, T.H. (1977). Effect of fines on the paper strength properties of chemical pulps. *Norsk Skogindustri*, 31(4): 93-97.
- Lu, X. (1999). Print Mottle of Wood-Containing Paper: The Effect of Fines and Formation. Doctoral Thesis, Graduate Department of Chemical Engineering and Applied Chemistry, University of Toronto, 130 p.
- Luukko, K. Paulapuro, H. (1999). Mechanical pulp fines: Effect of particle size and shape. *Tappi Journal*, 82: 96-101.
- Mancebo, R., Krokoska, P. (1985). The concept, properties and papermaking role of fines. *Papir a Celluloza*, 36(11): V71-V81.
- Marton, J. (1980). The role of surface chemistry in fines – alum interactions. *Tappi*, 63(2): 121-125.
- Moberg, A., Goldszer, K., Ljungqvist, C.H., Peng, F., Hafrén, J., Fernando, D., Daniel, G. (2014). Mechanical pulping process impact on fines properties and significance for strength density relationships of board centre layers, *International Mechanical Pulping Conference*, Helsinki, Finland.
- Mohlin, W.B., (1977). Mechanical pulp properties-the importance of fines retention, *Svensk Papperstidning*, 80 (3): 84-88.
- OGM Bilgi Sistemleri Dairesi Başkanlığı CBS Şube Müdürlüğü, (2012).
- Öktem, E. (1987). *El Kitabı Dizisi 2*, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Muhtelif Yayınlar Serisi: 52.
- Öner, N. ve Aslan, S. (2002). Titrek Kavak (*Populus tremula* L.) Odununun Teknolojik Özellikleri ve Kullanım Yerleri, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: A(1): 135-146.
- Paavilainen, L. (1991). Influence of morphological properties of softwood fibres on sulphate pulp fibres and paper properties. Pp. 385-395. *International Paper Physics Conference*. Book 2. TAPPI Press, Atlanta.
- Retulainen, E. (1997). The Role of Fibre Bonding in Paper Properties. Doctoral Thesis. Helsinki University of Technology, Espoo, Finland, p. 312.
- Retulainen, E., Moss, P. ve Nieminen, K. (1993). Effect of fines on the properties of fibre networks. *Transactions of the 10th Fundamental Research Symposium – Products of Papermaking*. Oxford, pp. 727-769.

- Retulainen, E.; Nieminen, K. (1996). Fibre properties as control variable in papermaking? Part 2. Strengthening interfibre bonds and reducing grammage. *Paperi ja Puu – Paper and Timber*, 78(5): 305-312.
- Retulainen, E., Luokko, K., Fagerholm, K., Pere, J., Laine, J., Paulapuro, H. (2002). Papermaking quality of fines from different pulps-the effect of size, shape and chemical composition. *Appita Journal*, 55(6): 457-460.
- Rundlöf, M. (1996). Quality of Fines of Mechanical Pulp. Licentiate Thesis, Department of Pulp and Paper Chemistry and Technology, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
- Rundlöf, M. (2002). Interaction of Dissolved and Colloidal Substances with Fines of Mechanical Pulp - Influence on Sheet Properties and Basic Aspects of Adhesion. Doctoral Thesis, TRITA-PMT Report 2002:1, 78p.
- Seth, R.S. (2003). The measurement and significance of fines. Their addition to pulp improves sheet consolidation. *Pulp and Paper Canada*, 104(2): 41-44.
- Sözbir, T. (2015). Retansiyon Kimyasallarının Bazı Ambalaj Kağıtların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş, 75s.
- Şahin, T. (2014). Geri kazanılmış sekonder liflerin yeniden kullanılması üzerine bir inceleme. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 15: 183-188.
- Taipale, T., Österberg, M., Nykänen, A., Ruokolainen, J., Laine, J. (2010). Effect of microfibrillated cellulose and fines on the drainage of kraft pulp suspension and paper strength. *Cellulose*, 17: 1005-1020.
- Tasman, J. E. (1966). The mechanical modification of papermaking fibres. *Pulp and Paper Magazine of Canada*, 67(12): 553-569.
- Terao, T., Murakami, K., Katsura, T. (1989). The influence of wet pressing and cellulosic fines addition on the structure and properties of filler loaded papers. *Japan Tappi*, 43(8): 803-811.
- Thalib, T., Heijnesson-Hulten, A. (2006). XPS in combination with mercerization-incorporation of mercury into different morphological parts of an unbleached softwood kraft pulp. *Holzforschung*, 60: 9-13.
- Thode, E. F., Ingmanson, W. L. (1959). Factors contributing to the strength of a sheet of Paper 1: External specific surface and swollen specific volume. *Tappi*, 42(1): 74-83.
- Uluer, K. Ve Özay, F. Ş. (1992). *Titrek Kavaklarda (Populus tremula L.) Görülen Gövde Çürüklükleri Üzerine Araştırmalar*, Orman Bakanlığı Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Genel Müdürlüğü, Teknik Bülten 162, İzmit, 26s.



- URL-1 (2016) <http://www.hakkindabilginedir2016.com/kagit-nedir-kisaca-kagit-uretimi-nasil-yapilir-30958.aspx>
- URL-2 (2015) <https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=K%C4%B1z%C4%B1l%C3%9C>
- URL-3 (2016) [http://www4.ncsu.edu/~richardv/documents/Detailedpaperrecyclingpart1industrytocleaners\\_001.pdf](http://www4.ncsu.edu/~richardv/documents/Detailedpaperrecyclingpart1industrytocleaners_001.pdf)
- Vainio, A., Kangas, J. ve Paulapuro, H. (2007). The role of TMP fines in interfibre bonding and fibre segment activation. *Journal of Pulp and Paper Science* 33(1): 29-34.
- Waterhouse, J. F. ve Omori, K. (1993). The effect of recycling on the fines contribution to selected paper properties, in *Transactions of the 10th Fundamental Research Symposium-Products of Papermaking*. Oxford, p. 1261-1292.
- Waterhouse, J.F. (1994). *Utilization of Recycled Fibers. Improved Utilization of Recycled Fines*. Institute of Paper Science and Technology, Project F00901, Report 1, Atlanta, Georgia.
- Zhang, H., He, Z., Ni, Y. (2011). Improvement of high-yield pulp properties by using a small amount of bleached wheat straw pulp. *Bioresource Technology*, 102: 2829-2833.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Saffet Uysal  
Doğum Yeri ve Tarihi : Silifke/ 1991

### Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Bartın Üniversitesi Bartın Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği  
Yüksek Lisans Öğrenimi : Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Bilim Dalı  
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce  
Bilimsel Faaliyet/Yayınlar : The influence of potassium borohydride (KBH<sub>4</sub>) on kraft pulp properties of maritime pine. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 18(2):103-106.  
Aldığı Ödüller :

### İş Deneyimi

Stajlar : 2012 Isın Pres Yapı ve Mobilya Malzemeleri (Mersin)  
2013 Bartın Orman İşletme Müdürlüğü (Bartın)  
Projeler ve Kurs Belgeleri : Girişimcilik, Liderlik ve İnsan Kaynakları Yönetiminin Fonksiyonları Sertifikası  
CNC Beş Eksen Sertifikası  
Çalıştığı Kurumlar :

### İletişim

E-Posta Adresi : saffet.uysal3374@gmail.com  
Tarih : 02/01/2017